

**RESPON ELASTIK STRUKTUR DINDING-SEPASANG  
DENGAN METODE RESPON SPEKTRA  
(ELASTIC RESPONSE OF COUPLED WALL STRUCTURES  
USING RESPONSE SPECTRA METHOD)**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Tya Fatiana  
No. Mhs. : 95310030  
NIRM : 95005103114120030**

**Nama : Sri Nurhayati  
No. Mhs. : 95310290  
NIRM : 95005103114120287**

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

**2000**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**STUDI PUSTAKA**  
**RESPON ELASTIK PADA STRUKTUR DINDING-SEPASANG**  
**DENGAN METODE RESPON SPEKTRA**  
**(ELASTIC RESPONSE OF COUPLED WALL STRUCTURES USING**  
**SPECTRA RESPONSE METHOD)**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada  
jenjang strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan  
Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

**Disusun Oleh :**

**Nama : Tya Fatiana**  
**No.Mhs : 95310030**  
**NIRM : 950051013114120030**

**Nama : Sri Nurhayati**  
**No.Mhs : 95310290**  
**NIRM : 950051013114120287**

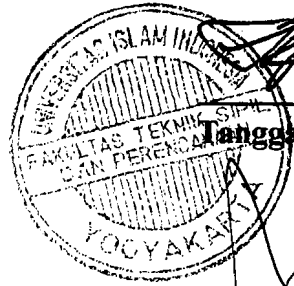
**Disetujui Oleh :**

**Ir.H. Mochammad Teguh, MSCE**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Ilman Noor, MSCE**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Tanggal : 01/12 - 2000**  
  
**Tanggal : 01/12 - 2000**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
PRAKATA .....	xi
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Gambaran Penelitian Terdahulu.....	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Umum.....	10
3.2 Model Matematika Struktur.....	11
3.3 Model Struktur SDOF akibat Pembebanan Dinamik.....	12
3.4 Model Struktur SDOF akibat Gerakan Tanah .....	13
3.5 Periode Getar (T) dan Frekuensi Alam ( $\omega$ ).....	14
3.6 Struktur Berderajat Kebebasan Banyak ( MDOF ) .....	16
3.7 <i>Mode Shape</i> dan Frekuensi.....	19
3.8 Respon Spektra.....	20
3.8.1 Metode Respon Spektra .....	20

3.8.2	Modal Amplitudo .....	21
3.8.3	Desain Elastik Respon Spektra .....	22
3.8.4	Gaya Geser Tingkat.....	23
3.9	Waktu Getar Alami Struktur Gedung ( T Rayleigh ).....	25
3.10	Perencanaan Dinding Geser.....	25
3.11	Massa Tiap Lantai ( $m_i$ ).....	29
3.12	Kekakuan Dinding Geser.....	29
BAB IV	METODE PENELITIAN.....	31
4.1	Tempat Penelitian.....	31
4.2	Model Struktur .....	31
4.3	Tahapan Analisis.....	33
4.4	Data Struktur dan Parameter Bahan .....	33
BAB V	ANALISIS.....	35
5.1	Umum.....	35
5.2	Analisis Dimensi Dinding Geser.....	35
5.2.1	Analisis Dimensi Balok Kopel.....	35
5.2.2	Analisis Tebal Dinding Geser.....	36
5.2.3	Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser.....	36
5.2.4	Perhitungan <i>Luas Boundary Elements</i> .....	37
5.3	Analisis Stabilitas Balok Kopling.....	37
5.4	Analisis Pembebanan.....	38
5.4.1	Beban Mati.....	38
5.4.2	Beban Hidup.....	39
5.4.3	Berat Lantai Total.....	39
5.4.4	Analisis Massa Tiap Lantai ( $m_i$ ).....	39
5.4.5	Analisis Kekakuan Dinding Geser.....	40
5.4.6	Membentuk Matriks Massa dan Matriks Kekakuan.....	40
5.4.7	Gaya Geser Horisontal.....	43
5.5	Analisis Beban Akibat Gaya Gravitasi.....	45
5.5.1	Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi As B.....	45
1.	Beban Merata As B untuk Pola Pembebanan I.....	46

2.	Beban Merata As B untuk Pola Pembebanan II.....	47
3.	Perhitungan beban titik as B.....	48
5.5.2	Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi As C.....	49
1.	Beban Merata As C untuk Pola Pembebanan I.....	50
2.	Beban Merata As C untuk Pola Pembebanan II.....	52
3.	Beban Titik pada As C.....	53
5.5.3	Beban Merata As I.....	54
5.5.4	Beban Merata As II.....	56
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		61
6.1	Umum.....	61
6.2	Simpangan Horisontal.....	61
6.3	Gaya Geser Horisontal.....	63
6.4	Geser pada Balok.....	66
6.5	Tegangan Pada Dinding.....	67
6.5.1	Tegangan Geser.....	68
6.5.2	Tegangan Aksial.....	69
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
7.1	Kesimpulan.....	72
7.2	Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Model Matematika Struktur Tingkat 2.....	10
<b>Gambar 3.2</b> Beban Dinamik Pada Struktur SDOF.....	11
<b>Gambar 3.3</b> Beban Gempa Pada Struktur SDOF.....	12
<b>Gambar 3.4</b> Struktur MDOF.....	16
<b>Gambar 3.5</b> Koefisien gempa untuk daerah gempa I .....	23
<b>Gambar 3.6</b> Penampang Dinding Geser.....	27
<b>Gambar 3.7</b> Kurva Daktilitas.....	28
<b>Gambar 3.8</b> Penampang Dinding Geser.....	29
<b>Gambar 4.1</b> Denah Penempatan Dinding Geser Kopel.....	32
<b>Gambar 4.2</b> Portal Lintang Dengan Dinding Geser.....	32
<b>Gambar 4.3</b> Portal Lintang Tanpa Dinding Geser.....	32
<b>Gambar 5.1</b> Pembagian beban merata masing-masing as .....	45
<b>Gambar 5.2</b> Pembagian beban merata pada as B .....	45
<b>Gambar 5.3</b> Perhitungan beban merata ekivalen as B .....	46
<b>Gambar 5.4</b> Perhitungan beban titik .....	48
<b>Gambar 5.5</b> Pembagian beban merata pada as C .....	50
<b>Gambar 5.6</b> Perhitungan beban merata ekivalen as C .....	50
<b>Gambar 5.7</b> Perhitungan beban titik .....	57
<b>Gambar 5.8</b> Pola pembebanan untuk as I.....	54
<b>Gambar 5.9</b> Perhitungan beban merata ekivalen as I.....	55
<b>Gambar 5.10</b> Pola pembebanan untuk as II .....	56
<b>Gambar 5.11</b> Perhitungan beban merata as II .....	57
<b>Gambar 6.1</b> Simpangan horisontal arah X .....	61
<b>Gambar 6.2</b> Simpangan horisontal arah Y .....	62
<b>Gambar 6.3</b> Gaya geser horisontal akibat gempa dengan metode statik dan metode dinamik .....	64

<b>Gambar 6.4</b>	Gaya geser balok tengah akibat kombinasi pembebanan 3.....	66
<b>Gambar 6.5</b>	Gaya geser balok tengah akibat kombinasi pembebanan 4.....	67
<b>Gambar 6.6</b>	Tegangan geser akibat kombinasi pembebanan 3.....	68
<b>Gambar 6.7</b>	Tegangan geser akibat kombinasi pembebanan 4.....	69
<b>Gambar 6.8</b>	Tegangan aksial akibat kombinasi pembebanan 3.....	70
<b>Gambar 6.9</b>	Tegangan aksial akibat kombinasi pembebanan 4.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Konstanta $k$ dan eksponen $a, b, c$ untuk Persamaan 3.56.....	26
Tabel 5.1 Gaya geser horisontal akibat gempa .....	43
Tabel 5.2 Gaya geser horisontal .....	44
Tabel 5.3 Beban pada as B .....	58
Tabel 5.4 Beban pada as C .....	58
Tabel 5.5 Beban pada as A .....	59
Tabel 5.6 Beban pada as I dan as IV .....	59
Tabel 5.7 Beban pada as II dan as III .....	59
Tabel 6.1 Simpangan arah $X$ .....	61
Tabel 6.2 Gaya Geser horisontal akibat gempa dengan metode dinamik dan statik ekivalen .....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Bagan Alir Penelitian
- Lampiran 2** Input Matlab
- Lampiran 3** Cek T Rayleigh
- Lampiran 4** Gaya Geser dengan Metode Statik Ekivalen
- Lampiran 5** Input SAP90
- Lampiran 6** Pola Pembebanan Struktur
- Lampiran 7** Gaya Geser pada Balok-Balok Tengah
- Lampiran 8** Simpangan struktur arah X dan Y

## DAFTAR NOTASI

$U_D$	: Beban mati
$U_L$	: Beban hidup
$U_{LR}$	: Beban hidup tereduksi
$U_E$	: Beban gempa
$F_M$	: Gaya inersia
$F_D$	: Gaya redaman
$F_S$	: Gaya tarik/desak yang mempresentasikan kekuatan kolom
$P_{(t)}$	: Beban dinamik
$\ddot{y}$	: Percepatan
$\dot{y}$	: Kecepatan
$y$	: Simpangan
$m$	: Massa
$c$	: Redaman
$k$	: Kekakuan
$\omega$	: Frekuensi Angular
$t$	: Waktu getar
$E$	: Modulus elastis bahan
$I$	: Momen inersia penampang
$L$	: Tinggi tingkat
$\emptyset$	: <i>Mode shape</i>
$D_C$	: <i>Degree of Coupling</i>
$H_b$	: Tinggi balok kopling
$L_b$	: Panjang balok kopling
$D_w$	: Lebar dinding geser
$h_w$	: Tinggi bangunan total
$h_s$	: Tinggi tingkat pertama
$bc$	: Ketebalan dinding geser kritis
$\mu\emptyset$	: Perbandingan rasio daktilitas
$I_w$	: Inersia dinding geser
$K_w$	: Kekakuan dinding geser
$W_t$	: Berat total lantai
$g$	: Percepatan gravitasi

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini bisa terselesaikan. Tidak ada kata yang lebih pantas diucapkan selain kata syukur. Segala daya upaya telah penulis lakukan untuk penyelesaian tugas akhir ini.

Tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan yang bermanfaat baik bagi penulis sendiri maupun untuk rekan-rekan yang lain. Penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak Ir.H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Rekan-rekan kelas E'95 yang telah banyak memberikan dorongan kepada penulis.
6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis mengucapkan mohon maaf apabila ada kesalahan pada penulisan dan penyusunan tugas akhir ini, karena tidak ada manusia yang sempurna. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, Agustus 2000

Tya & Nunung

## ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang sering dilanda gempa besar, sehingga para perencana dan arsitek harus memberikan perhatian yang serius agar konstruksi bangunan yang dibuat dapat tahan terhadap beban gempa. Salah satu cara untuk menahan beban gempa pada gedung bertingkat tinggi dapat dipakai dinding geser berpasangan ( *coupled shear-wall* ). Dinding geser berpasangan merupakan sistem penahan gaya horisontal yang baik, karena tingkat stabilitasnya tinggi. Dalam penentuan gaya geser horisontal akibat gempa pada gedung-gedung yang mempunyai ketinggian lebih dari 40 m dipakai metode dinamik, sehingga gaya geser horisontal yang didapatkan lebih efisien. Pada tugas akhir ini, struktur yang dianalisis adalah struktur gedung lima belas tingkat dengan kombinasi pemakaian dinding geser berpasangan dan portal terbuka. Dinding geser dianalisis dengan cara diskritisasi sehingga dapat diketahui kontur tegangan yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja pada struktur. Beban gempa yang bekerja pada struktur terdiri dari 2 kondisi pembebanan, yaitu: 30% gempa arah X, 100% gempa arah Y dan 100% gempa arah X, 30% gempa arah Y.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah simpangan horisontal struktur pada arah X berbentuk cembung, hal ini menunjukkan bahwa struktur lebih didominasi oleh frame. Simpangan struktur arah Y menunjukkan perilaku masing-masing as, pada as yang menggunakan dinding geser simpangannya berbentuk cekung dan pada as tanpa dinding geser berbentuk cembung. Simpangan horisontal struktur arah X lebih besar daripada simpangan arah Y. Gaya geser horisontal yang didapat dengan metode respon spektra lebih kecil daripada dengan metode statik ekuivalen, perbedaan keduanya sebesar 20%. Balok-balok kopel memikul gaya geser terbesar terutama pada balok kopel as C. Kontur tegangan pada dinding untuk pola pembebanan 3 dan 4 mempunyai pola yang sama.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perancangan bangunan sipil terutama gedung tingkat tinggi harus memperhitungkan beban-beban yang dominan di kawasan tempat gedung itu dibangun. Selain beban tetap berupa beban mati dan beban hidup, beban yang harus diperhitungkan meliputi beban gempa dan beban angin. Pemilihan beban sementara sangat tergantung wilayah tempat bangunan itu.

Indonesia merupakan daerah yang sering dilanda gempa besar, sehingga para teknisi maupun arsitek harus memberikan perhatian yang serius agar konstruksi bangunan yang dibuat dapat tahan terhadap beban gempa. Gempa bumi sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia, misalnya :

1. gempa Tarutung tanggal 26 April 1987, berkekuatan 5.6 skala Richter,
2. gempa Flores tanggal 12 Desember 1992, berkekuatan 6.4 skala Richter,
3. gempa Liwa ( Lampung ) tanggal 16 Februari 1994, berkekuatan 6.8 skala Richter,
4. gempa Jakarta tanggal 17 Maret 1997 berkekuatan 6 skala Richter,
5. gempa Banggai tanggal 4 Mei 2000 berkekuatan 6.5 skala Richter,
6. gempa Bengkulu tanggal 4 Juni 2000 berkekuatan 7.3 skala Richter,

7. gempa Sukabumi Juli 2000 berkekuatan 5.1 skala Richter.

Sistem struktur utama dalam perancangan tahan gempa menurut Muto,1974, adalah portal terbuka ( *open frames* ), portal dinding ( *wall frames* ), dan dinding geser ( *shear wall* ). Menurut Burn, 1995, di masa yang akan datang sistem struktur yang digunakan adalah struktur yang memakai :

1. batang komposit,
2. super kolom mutu beton tinggi,
3. *bracing* atau *core walls* untuk menahan gaya lateral,
4. sistem peredam aktif dan pasif untuk menahan getaran,
5. peralatan analisis dan pengujian yang lebih baik.

Salah satu sistem struktur sebagai penahan gaya lateral adalah dinding-sepasang ( *coupled wall structures* ) yang merupakan pengembangan bentuk struktur dinding geser. Menurut Chaallal, 1996, pada daerah rawan gempa struktur dinding-sepasang ( *coupled wall structures* ) sering digunakan terutama pada gedung bertingkat tinggi. Untuk tipe gedung seperti ini struktur dinding-sepasang ( *coupled wall structures* ) merupakan penahan gaya horisontal yang baik, karena dindingnya menyumbangkan kekakuan untuk meminimalkan simpangan antar tingkat yang berlebihan, goyangan dan juga kerusakan pada elemen non-struktural. Struktur dinding-sepasang ( *coupled wall structures* ) juga mencegah terjadinya benturan antar gedung ( *pounding* ) pada daerah perkotaan yang padat.

Kerusakan akibat gempa dapat diminimalkan dengan merencanakan struktur gedung yang daktail dengan asumsi perencanaan sendi plastis terjadi pada ujung-ujung balok. Konsep struktur bangunan daktail akan memberikan kekuatan

elemen yang lebih besar pada struktur utama, sehingga diharapkan kerusakan yang terjadi adalah kerusakan daktail. Kerusakan daktail akan memberikan tanda yang jelas selama proses kerusakan struktur. Selain itu, struktur gedung yang daktail lebih mudah memencarkan energi gempa pada titik-titik plastis sesuai yang direncanakan.

Dalam perancangan bangunan tahan gempa keberadaan struktur dinding sebagai penahan gaya horisontal beban gempa sangat diperlukan, sehingga bangunan terhindar dari bahaya keruntuhan. Fungsi struktur dinding tidak hanya mengurangi defleksi pada bagian-bagian struktur seperti pertemuan antara balok dan kolom, tetapi juga menjamin tidak berpindahnya posisi sendi plastis sebelum runtuh. Disamping itu dinding geser juga mempunyai kemampuan melindungi komponen non-struktur; seperti penyimpangan relatif antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan portal terbuka (Muto,1974).

Disain bangunan tahan gempa mencakup masalah yang luas sehingga tidak semua masalah tersebut dapat dibahas, terutama pada perilaku bangunan akibat gempa. Membahas perilaku bangunan akibat gempa tidak terlepas dari unsur penting pada bangunan itu yaitu karakteristik dinamik struktur bangunan. Sebelum mengetahui karakteristik dinamik struktur utama bangunan maka perlu diketahui dasar respon bangunan akibat gempa (Widodo,1995).

Berdasarkan uraian tersebut maka respon suatu bangunan merupakan hal yang penting dalam perencanaan struktur, sehingga dalam penelitian tugas akhir ini akan dianalisis respon elastik bangunan lima belas lantai yang menggunakan



struktur dinding-sepasang sebagai struktur penahan gempa dengan penerapan metode respon spektra sebagai beban gempa.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian atau penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui respon struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) akibat beban gempa dengan menggunakan respon spektrum. Respon elastik tersebut meliputi gaya geser horisontal, simpangan horisontal, tegangan yang terjadi pada dinding, dan gaya geser dalam.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui respon elastik struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan struktur tersebut.

## **1.4 Rumusan Masalah**

Dari hasil penelitian dapat diketahui bagaimana bentuk grafik gaya geser horisontal, bentuk simpangan struktur, gaya geser dalam balok tengah tiap as, dan pola tegangan pada struktur dinding.

## **1.5 Batasan Masalah**

1. Sistem penahan gaya gempa adalah dinding-sepasang (*coupled wall structures*) simetri menerus sampai ke atas.

2. Deformasi akibat rotasi fondasi diabaikan.
3. Analisis menggunakan pendekatan struktur linier elastik.
4. Penyelesaian beban gempa dengan metode respon spektra wilayah gempa I, jenis tanah lunak, seperti yang tercantum dalam PPTGIUG, Departemen Pekerjaan Umum, 1987.
5. Gedung diperuntukkan sebagai perkantoran.
6. Analisa struktur menggunakan program SAP90
7. Beban gravitasi pada dinding geser diasumsikan sebagai massa.
8. Untuk asumsi awal dimensi dinding geser, balok dan kolom ditentukan dahulu.
9. Dukungan struktur dianggap jepit.
10. Kekakuan kolom dihitung berdasarkan prinsip *shear building*.
11. Tingkat daktilitas struktur yang digunakan adalah daktilitas 4 ( daktilitas penuh ).
12. Beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, dan beban horisontal gempa.
13. Kombinasi pembebanan gaya gempa terdiri dari ; 30% gempa arah X dan 100% gempa arah Y, 100% gempa arah X dan 30% gempa arah Y.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) adalah dinding geser yang dihubungkan oleh balok pendek (balok koridor) dan merupakan struktur penahan gempa yang efektif dengan kekakuan yang besar ( Muto,1974 ).

Struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) merupakan suatu sistem struktur yang mempunyai kemampuan disipasi energi yang baik bila lubang-lubang tertata secara teratur sehingga terbentuklah struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) dengan balok-balok penghubung yang secara keseluruhan akan berperilaku sebagai *strong column weak beams* ( Paulay dan Priestley,1992). Struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) efisien dalam menahan gaya lateral baik berupa beban angin ataupun gempa.

Balok-balok penghubung ( *coupling beams* ) akan menjadi balok yang relatif pendek, tipis dan tinggi ( *deep beams* ). Balok semacam ini berpotensi rusak terhadap bahaya geser. Hal ini terjadi karena sewaktu dinding melentur akibat gaya horisontal, pada ujung-ujung balok kopel akan timbul momen yang cukup besar. Bentangan yang relatif pendek menyebabkan gaya geser yang terjadi pada masing-masing ujung balok akan sangat besar. Gaya geser yang besar ini dapat menyebabkan rusak geser pada balok kopel ( Widodo,1995).

Menurut Chaallal, 1996, dalam perencanaan balok kopel harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. balok kopel harus direncanakan agar runtuhnya terjadi sebelum dinding. Hal ini berarti balok kopel harus direncanakan lebih lemah daripada dinding,
2. balok kopel harus bersifat daktail.

Hamdi Buldan, 1995, dalam penelitiannya tentang Analisis Dinamik Struktur Gedung Bertingkat Banyak, membahas metode analisis dinamik dan analisis statik ekuivalen. Dari penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Analisis Dinamik sebagai salah satu cara analisis untuk mendapatkan gaya gempa yang bekerja pada struktur disamping metode lain, yaitu metode statik ekuivalen, mempunyai keunggulan, responnya lebih mendekati keadaan sebenarnya.
2. Untuk gedung dengan ketinggian diatas 40 meter analisis beban gempanya harus memakai metode dinamik, hal ini dikarenakan jika masih dipakai metode statik ekuivalen, maka gaya gempa dan perpindahan yang dihasilkan akan sangat besar sehingga menjadi tidak efisien lagi.
3. Kekakuan kolom tidak banyak mempengaruhi besar gaya geser yang terjadi, karena pembesaran dimensi kolom akan diikuti oleh penurunan nilai perpindahan, sehingga pemilihan dimensi kolom akan lebih berpengaruh terhadap *displacement*. Semakin besar dimensi, semakin kecil *displacement* yang terjadi.

4. Jumlah lantai pada suatu bangunan akan berpengaruh besar pada gaya gempa dan *displacement* yang terjadi, karena keduanya berbanding lurus dengan jumlah lantai, semakin banyak jumlah lantai, maka semakin besar pula distribusi gaya gempa dan *displacement*.
5. Pada setiap bentuk struktur yang terbuat dari baja, beton, maupun kayu pasti akan terdapat redaman didalamnya, walaupun nilainya relatif kecil, yaitu antara 2% sampai 10% tergantung dari jenis dan material penyusun, sehingga secara praktis tidak mempengaruhi besar frekuensi natural dan pola dari struktur itu sendiri. Oleh sebab itu pada umumnya untuk perhitungan selanjutnya nilai redaman diabaikan.

Haryono dan Husnadi, 1995, dalam penelitiannya tentang Studi Komparatif Pemakaian Struktur Dinding Geser pada Hotel Melia Purosani Yogyakarta, membahas keuntungan dan kerugian pemakaian dinding geser pada struktur bertingkat banyak ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan, dan simpangan horisontal. Tinjauan penelitian ini portal lintang tanpa dinding geser dan portal lintang dengan dinding geser. Hasil yang didapat adalah kekakuan tingkat dari struktur dengan menggunakan dinding geser jauh lebih besar sehingga daya tahan struktur terhadap gaya horisontal juga semakin besar.

## **2.2 Gambaran Penelitian Terdahulu**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya dapat dikemukakan suatu gambaran umum sebagai berikut ini.

1. peneliti terdahulu yaitu Haryono dan Husnadi dalam penentuan gaya geser tingkat akibat gempa menggunakan metode statik ekuivalen, sehingga penulis mencoba menggunakan beban respon spektra dalam penentuan gaya geser tingkat akibat gempa,
2. dinding geser yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah dinding geser tunggal, dalam tugas akhir ini menggunakan struktur dinding-sepasang,
3. struktur dinding yang dimodelkan belum memakai cara diskritisasi pada dinding geser.

Dengan adanya permasalahan seperti tersebut, maka pada tugas akhir ini akan dicoba menganalisis dinding-sepasang (*coupled wall structures*) menggunakan beban respon spektra sebagai beban gempa dan cara diskritisasi pada dinding.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Gedung yang direncanakan dengan tidak memperhitungkan gaya gempa dapat mengalami kerusakan. Seperti yang terjadi akhir-akhir ini, bangunan-bangunan sederhana yang tidak mempunyai perkuatan yang memadai dalam menahan beban horisontal yang berupa beban gempa. Dengan melihat berbagai kerusakannya, mekanisme gaya didalam struktur dapat dianalisis. Bangunan tersebut umumnya hanya direncanakan menahan gaya gravitasi saja, sedangkan beban gempa tidak diperhitungkan.

Struktur dilanda gaya gempa dalam arah tiga dimensi, yaitu dua arah horisontal dan satu arah vertikal. Besar gaya vertikal kadang-kadang sampai dua pertiga gaya horisontalnya. Walaupun demikian biasanya gaya vertikal dianggap tidak ada. Hal ini mengacu pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2, berikut ini.

1. Pembesaran gaya batang akibat beban gempa arah vertikal tidak berpengaruh karena pemberian angka keamanan pada beban mati dan beban hidup yang sudah cukup besar, yaitu :
  - a. untuk beban mati dan beban hidup

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

b. jika diberi beban gempa, maka

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

dengan:  $U_D$  = beban mati

$U_L$  = beban hidup

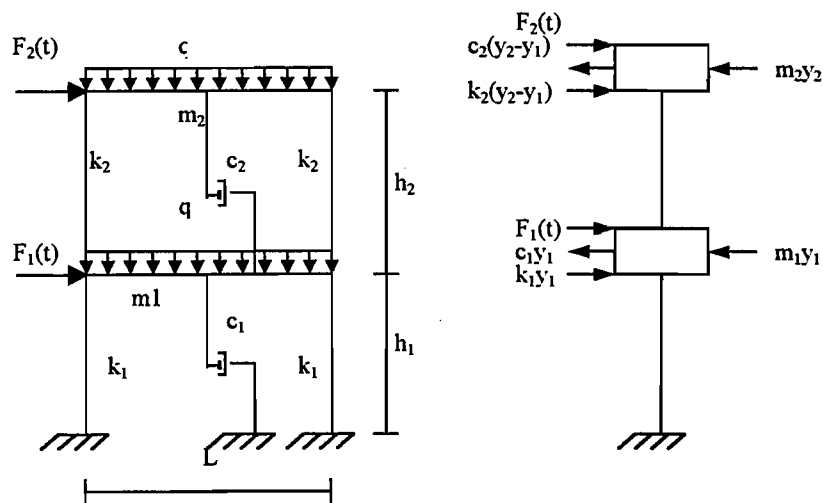
$U_{LR}$  = beban hidup tereduksi

$U_E$  = beban gempa

2. Bentuk struktur umumnya juga cukup kuat terhadap beban vertikal, dan kurang kuat terhadap beban horisontal.

### 3.2 Model Matematika Struktur

Dalam analisis dinamik suatu bangunan bertingkat diidealisasikan menjadi suatu bentuk model matematika seperti pada Gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.1** Model matematika struktur tingkat 2

Anggapan-anggapan yang dalam penjabaran metode analisis dinamik adalah:

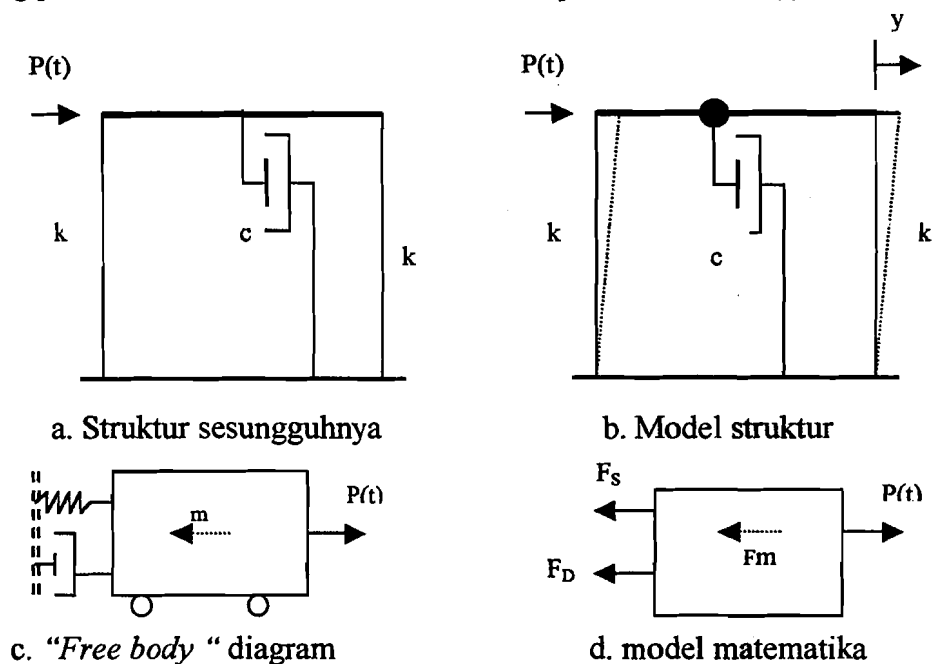
1. massa bangunan dianggap terpusat pada masing-masing lantai,



2. jumlah kekakuan seluruh unsur penahan beban lateral yang terdapat di antara dua tingkat lantai dianggap bekerja sebagai sebuah pegas penahan geser yang elastis (*elastic shear spring*), unsur-unsur penahan beban lateral tersebut dapat berupa kolom, dinding geser (*shear wall*), *core*, dan pertambahan diagonal (*diagonal bracing*),
3. struktur memiliki redaman liat (*viscous damping*),
4. pada fondasi tidak terjadi rotasi.

### 3.3 Struktur SDOF akibat Pembebanan Dinamik

Beban dinamik yang bekerja pada struktur dianggap bekerja secara langsung pada elevasi lantai. Misal beban akibat putaran mesin  $P(t) = P_0 \sin \omega t$ .



**Gambar 3.2** Beban dinamik pada struktur SDOF

Berdasarkan *free body diagram* pada Gambar 3.2.c, maka :

$$F_M + F_D + F_S = P(t) \quad (3.1)$$

$$\text{dengan : } F_M = m \ddot{y} \text{ , } F_D = c \dot{y} \text{ , } F_S = k y \quad (3.2)$$

$F_M$  adalah gaya inersia,  $F_D$  adalah gaya redaman, dan  $F_S$  adalah gaya tarik/desak yang mempresentasikan kekuatan kolom.  $P(t)$  adalah beban dinamik,  $\ddot{y}$  adalah percepatan,  $\dot{y}$  adalah kecepatan, dan  $y$  adalah simpangan.

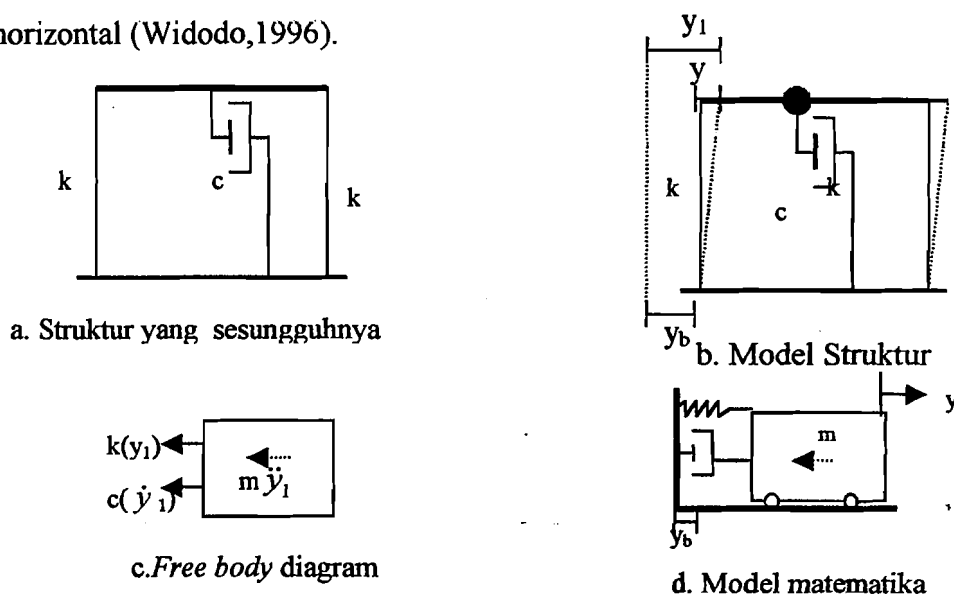
Dengan mensubstitusikan persamaan (3.2) ke dalam persamaan (3.1), maka persamaan (3.1) menjadi :

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

Persamaan (3.3) disebut persamaan differensial gerakan ( *differensial equation of motion* ).

### 3.4 Struktur SDOF akibat Gerakan Tanah

Beban dinamik yang biasa diperhitungkan adalah beban gempa. Gempa bumi akan menyebabkan gerakan pada tanah, percepatan tanah, serta simpangan horizontal (Widodo,1996).



**Gambar 3.3** Beban gempa pada struktur SDOF

Berdasarkan *free body diagram* pada Gambar 3.3.b, maka persamaan diferensial gerakan adalah

$$m \ddot{y}_1 + c \dot{y}_1 + k y_1 = 0 \quad (3.4)$$

Setelah terjadi gempa bumi, maka tanah akan mempunyai percepatan, kecepatan, simpangan masing-masing sebesar  $\ddot{y}_b$ ,  $\dot{y}_b$ ,  $y_b$  terhadap posisi awal, sehingga :

$$\ddot{y}_1 = \ddot{y}_b + \ddot{y}, \quad \dot{y}_1 = \dot{y}_b + \dot{y}, \quad y_1 = y_b + y \quad (3.5)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (3.5) ke dalam persamaan (3.4), maka persamaan (3.4) dapat ditulis menjadi :

$$m \ddot{y}_1 + c \dot{y}_1 + k y_1 = -m \ddot{y}_b - c \dot{y}_b - k y_b \quad (3.6)$$

Pada kondisi *rigid body motion*, umumnya dianggap struktur tidak akan menyebabkan adanya perbedaan simpangan dan kecepatan antara tanah dengan massa struktur. Oleh karena itu suku kedua dan ketiga ruas kanan pada persamaan (3.6) dianggap sama dengan nol. Dengan demikian persamaan (3.6) menjadi

$$m \ddot{y}_1 + c \dot{y}_1 + k y_1 = -m \ddot{y}_b \quad (3.7)$$

persamaan (3.7) dibagi dengan  $m$ , maka

$$\ddot{y} + \frac{c}{m} \dot{y} + \frac{k}{m} y = -\ddot{y}_b \quad (3.8)$$

### 3.5 Periode Getar (T) dan Frekuensi Alam ( $\omega$ )

Pada kondisi struktur getaran bebas tanpa redaman ( *undamped free vibration system* ), maka persamaan (3.4) dapat ditulis menjadi,

$$m \ddot{y} + k y = 0 \quad (3.9)$$

Persamaan (3.9) merupakan persamaan differensial linier homogen dengan koefisien konstan yaitu ditunjukkan oleh konstanta  $m$  dan  $k$ . Persamaan (3.9) disebut persamaan homogen karena suku sebelah kanan sama dengan nol. Persamaan (3.9) juga akan menghasilkan gerakan harmonik periodik. Berdasarkan coba-coba, maka penyelesaian persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk,

$$y = A \sin(\omega t) \quad (3.10)$$

dengan :  $A$  = suatu koefisien yang nilainya bergantung pada kondisi awal (*initial value*).

Dari persamaan (3.10) juga diperoleh,

$$\dot{y} = \omega A \cos(\omega t), \quad \ddot{y} = -\omega^2 A \sin(\omega t) \quad (3.11)$$

Substitusi persamaan (3.11) ke dalam persamaan (3.10), maka akan didapat

$$(k - \omega^2 m) A \sin(\omega t) = 0 \quad (3.12)$$

Nilai  $\sin(\omega t)$  tidak selalu sama dengan nol maka,

$$(k - \omega^2 m) = 0 \quad (3.13)$$

Maka,

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (rad/det)}, \quad \omega = \text{angular frequency} \quad (3.14)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ (det)}, \quad T = \text{periode} \quad (3.15)$$

### 3.6 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.

Untuk memperoleh persamaan defferensial gerakan pada struktur kebebasan banyak, maka digunakan anggapan bangunan penahan geser.

Anggapan bangunan penahan geser :

1. bangunan dapat diidealisasikan menjadi kolom tunggal yang mempunyai massa terpusat pada bidang lantai. Hal tersebut berarti hanya perpindahan horisontal dari massa yang mungkin terjadi selama gerak,
2. bangunan dapat menggunakan sistem sejumlah massa berpegas (*multi mass spring*) untuk menyatakan bangunan penahan geser.

Dengan bentuk tersebut diperlukan gaya untuk memberikan suatu besaran perpindahan relatif antara dua massa berturutan yang mempunyai kekakuan atau konstanta pegas.

Untuk sebuah kolom bermassa seragam dengan kedua ujungnya terjepit, konstanta pegasnya adalah

$$k = \frac{12EI}{L^3} \quad (3.16)$$

Untuk kolom dengan satu ujung terjepit dan ujung lain sendi, konstanta pegasnya adalah,

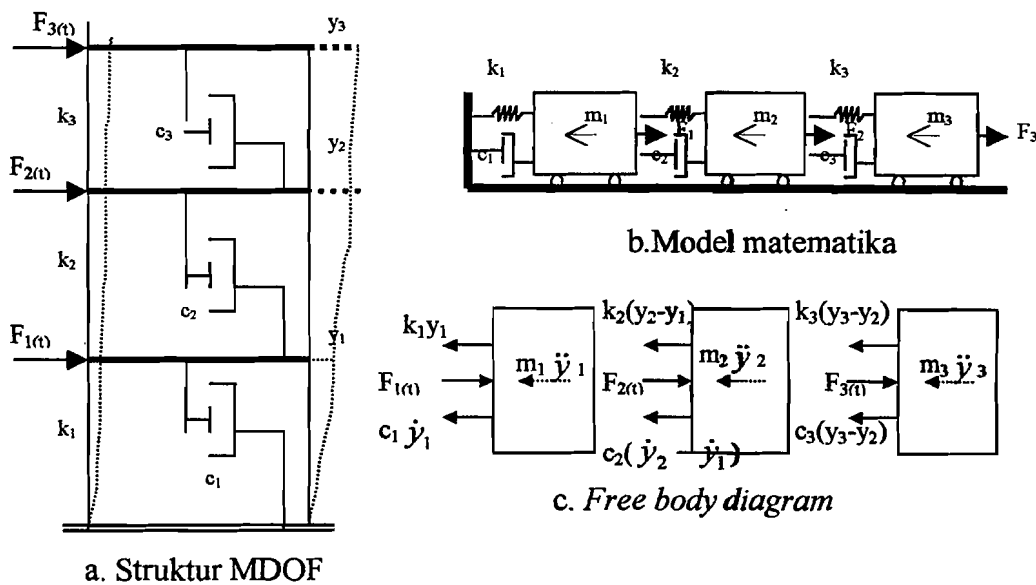
$$k = \frac{3EI}{L^3} \tag{3.17}$$

dengan : E = modulus elastisitas bahan,

I = momen inersia penampang,

L = tinggi tingkat

Untuk memperoleh persamaan differensial MDOF, maka tetap dipakai prinsip keseimbangan relatif pada suatu massa yang ditinjau. Model struktur yang dipakai adalah sebagai berikut ini.



Gambar 3.4 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 berantai tiga yang berasal dari masing-masing free body diagram. Dengan menyamakan jumlah gaya-gaya yang bekerja pada setiap massa dengan nol, maka :

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1) - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - F_1(t) = 0 \quad (3.18a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2 (y_2 - y_1) - k_3 (y_3 - y_2) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - F_2(t) = 0 \quad (3.18b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3 (y_3 - y_2) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - F_3(t) = 0 \quad (3.18c)$$

Dengan menyusun persamaan di atas menurut parameter yang sama (percepatan, kecepatan, dan simpangan), maka persamaan (3.18) dapat ditulis menjadi :

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1) - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) = F_1(t) \quad (3.19a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2 (y_2 - y_1) - k_3 (y_3 - y_2) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) = F_2(t) \quad (3.19b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3 (y_3 - y_2) - c_3 (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) = F_3(t) \quad (3.19c)$$

Selanjutnya persamaan (3.19) dapat ditulis menjadi matriks :

$$[M]\{\ddot{Y}\} + [C]\{\dot{Y}\} + [K]\{Y\} = [F_{(t)}] \quad (3.20)$$

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

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

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

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

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

(3.22)

### 3.7 Mode Shape dan Frekuensi

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

Pada getaran bebas struktur MDOF (  $F(t)=0$  ), maka persamaan (3.22) menjadi,

$$[M]\{\ddot{Y}\} + [C]\{\dot{Y}\} + [K]\{Y\} = 0 \quad (3.23)$$

Apabila *damping ratio* ( $\xi$ ) relatif kecil, maka  $\omega_D$  ( *damped frequency* ) bernilai hampir sama dengan  $\omega$  ( *undamped frequency* ), sehingga struktur dianggap tanpa redaman (  $C = 0$  ), maka persamaan (3.23) menjadi,

$$[M]\{\ddot{Y}\} + [K]\{Y\} = 0 \quad (3.24)$$

Karena persamaan (3.24) adalah persamaan differensial gerakan tanpa redaman, maka respon struktur akan bersifat harmonik, maka :

$$\{Y\} = \{\phi\} \sin(\omega t) \quad (3.25)$$

$$\{\dot{Y}\} = \omega \{\phi\} \cos(\omega t) \quad (3.26)$$



$$\{\ddot{y}\} = -\omega^2 \{\phi\} \sin(\omega t) \quad (3.27)$$

Dalam hal ini  $\{\phi\}$  adalah vektor *mode shape*.

Substitusi persamaan (3.25) dan (3.27) ke dalam persamaan (3.24) maka,

$$-\omega^2 [M] \{\phi\} \sin(\omega t) + [K] \{\phi\} \sin(\omega t) = \{0\} \quad (3.28)$$

Karena nilai  $\sin(\omega t)$  tidak selalu sama dengan nol, maka,

$$\{[K] - \omega^2 [M]\} \{\phi\} = \{0\} \quad (3.29)$$

Persamaan (3.28) dan (3.29) merupakan persamaan *eigen problem*.

Persamaan (3.29) akan ada penyelesaiannya (*nontrivial solution*) atau suatu sistem akan ada amplitudo yang terbatas apabila nilai determinan  $\|[K] - \omega^2 [M]\|$  adalah nol, maka

$$\|[K] - \omega^2 [M]\| \quad (3.30)$$

Determinan persamaan (3.30) akan menghasilkan persamaan polinomial dengan *degree-n* yang menghasilkan nilai  $\omega$ , maka dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan (3.29) akan menghasilkan nilai vektor *mode shape*  $\{\phi\}$ .

### 3.8 Respon Spektra

#### 3.8.1 Metode Respon Spektra

Untuk menyelesaikan persamaan differensial dapat dilakukan dengan cara integrasi secara numerik yang penyelesaiannya relatif lama. Maka dikembangkan metode yang lebih praktis dan lebih cepat. Metode tersebut adalah dengan memakai nilai-nilai respons pada respon spektra. Respon spektra adalah plot respons maksimum ( perpindahan, kecepatan, dan percepatan ) dari fungsi beban

tertentu untuk struktur SDOF. Absis dari spektrum adalah frekuensi natural (periode) dari sistem dengan ordinat adalah respons maksimum.

Pembahasan metode ini meliputi :

1. modal amplitudo,
2. gaya geser tingkat.

### 3.8.2 Modal Amplitudo

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

$$y(t) = \frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{y}_i e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad (3.31)$$

dengan  $\omega_d$  adalah *damped frequency*.

Terdapat istilah partisipasi setiap *mode* yang dinyatakan dalam persamaan,

$$\Gamma_j = \frac{P_j^*}{M_j^*} = \frac{\{\phi\}_j^T [M] \{I\}}{\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j} \quad (3.32)$$

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

$$Z_j = \Gamma_j g_j \quad (3.33)$$

Simpangan kontribusi suatu mode ke- $j$ ,  $g_j$  pada persamaan (3.33) sama atau senada dengan simpangan horisontal suatu massa. Dengan demikian modal amplitudo  $Z_j$  dapat diperoleh dengan mengikutkan partisipasi setiap *mode* pada persamaan (3.33), sehingga diperoleh hubungan,

$$Z_j = \frac{P_j^*}{M_j^* \omega_{dj}} \int_0^t \ddot{y}_i e^{-\xi \omega (t-\tau)} \sin \omega (t-\tau) d\tau \quad (3.34)$$

Nilai integral persamaan (3.34) akan menghasilkan suatu kecepatan yang merupakan fungsi dari waktu  $y(t)$ . Dengan memakai *sorting* maka akan diperoleh kecepatan maksimum untuk mode ke- $j$ ,  $y_{j,maks}$ . Dengan demikian persamaan (3.34) menjadi,

$$Z_j = \frac{P_j^*}{M_j^* \omega_{dj}} \dot{y}_{j,maks} \quad (3.35)$$

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

$$\ddot{y}_{maks} = \omega \dot{y}_{maks} \text{ maka } \dot{y}_{maks} = \frac{\ddot{y}_{maks}}{\omega} \quad (3.36)$$

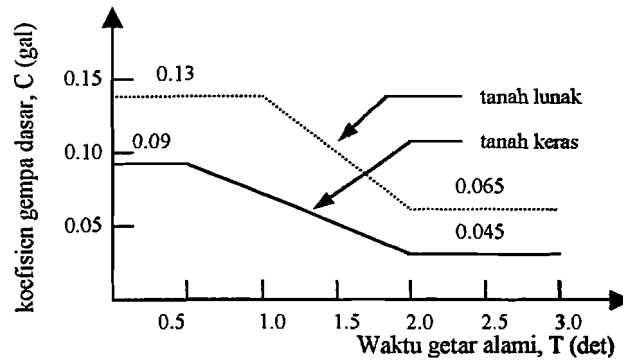
Nilai-nilai kecepatan maupun percepatan maksimum pada persamaan (3.36) sebenarnya adalah sama dengan nilai-nilai kecepatan dan percepatan pada respon spektra. Dengan menganggap bahwa  $\omega_d$  nilainya sama dengan  $\omega$ , maka modal amplitudo  $Z_j$  pada persamaan (3.35) menjadi,

$$Z_i = \frac{P_i^*}{M_i^*} \frac{SA}{\omega_i^2} \quad (3.37)$$

### 3.8.3 Desain Elastik Respon Spektra

Analisis respon spektra digunakan untuk mencari respon elastik berderajat kebebasan banyak. Sebagai respon spektrum percepatan, dapat dilihat dalam grafik respon spektra gempa rencana yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan, dengan cara memplotkan nilai-nilai waktu getar alami (*natural*

*period of vibration* ) dan redaman yang terjadi. Grafik respon spektra untuk daerah I terdapat pada Gambar 3.5



**Gambar 3.5** Koefisien gempa untuk daerah I

Disain Respon Spektra yang disajikan pada PPTGIUG, 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 (3.37) menjadi,

$$Z_j = \frac{P_j^* Cg}{M_j^* \omega_j^2} \quad (3.38)$$

### 3.8.4 Gaya Geser Tingkat

Pada persamaan (3.36) diperoleh simpangan massa sebagai kontribusi *mode* ke- $j$  menjadi,

$$\ddot{Y}_j = Y_j \omega_j^2 \quad (3.39)$$

$$\ddot{Y}_j = \phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA \quad (3.40)$$

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

$$F_j = M\ddot{Y}_j \quad (3.41)$$

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA \quad (3.42)$$

Percepatan SA dapat dihubungkan dengan desain respon spektra seperti yang tercantum dalam PPTGIUG, 1983 dengan  $SA = Cg$ , sehingga persamaan (3.42) akan menjadi,

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} Cg \quad (3.43)$$

Persamaan (3.43) adalah gaya horisontal tingkat atau gaya horisontal maksimum yang bekerja pada suatu massa sebagai kontribusi dari *mode* ke- $j$ . Gaya horisontal tingkat seperti pada persamaan ini dapat dicari dari prinsip hubungan antara gaya, simpangan, dan kekakuan seperti berikut ini.

$$F_j = KY_j \quad (3.44)$$

$$F_j = K\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} SA \quad (3.45)$$

pada pembahasan *eigenproblem* diperoleh suatu hubungan bahwa,

$$K\phi = \omega^2 M\phi \quad (3.46)$$

Dengan hubungan seperti pada persamaan, maka persamaan itu dapat ditulis menjadi,

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

$$F_j = M\phi_j \frac{P_j^*}{M_j^*} Cg \quad (3.47)$$

### 3.9 Waktu Getar Alami Struktur Gedung ( T Rayleigh)

Pada PPTGIUG 1987 pasal 2.4.5.b disebutkan bahwa waktu getar alami struktur gedung setelah direncanakan dengan pasti harus ditentukan dari rumus :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i d_i}{g \sum F_i d_i}} \quad (3.48)$$

dengan,  $W_i$ : bagian dari seluruh beban vertikal yang disumbangkan oleh beban-beban yang bekerja pada tingkat ke-i (kg),

$F_i$  : beban gempa horisontal dalam arah yang ditinjau pada tingkat i (kg),

$d_i$ : simpangan horisontal pusat massa pada tingkat i akibat beban horisontal  $F_i$  (mm),

$g$  : percepatan gravitasi ( $\text{mm/det}^2$ ).

Apabila waktu getar alami tersebut perbedaannya berkisar 80-120% dari nilai yang dipakai pada perhitungan pendahuluan, maka beban-beban gempa tidak perlu dihitung kembali.

### 3.10 Perencanaan Dinding Geser

Dalam perencanaan dinding geser kopel terdapat tiga daerah kritik yang harus diperhatikan. Tiga daerah kritik tersebut terletak pada :

1. daerah balok kopel,
2. salah satu dinding yang menahan lentur dan geser terbesar, dan
3. daerah antara pembukaan dan dinding.

Langkah-langkah perencanaan dimensi dinding geser berpasangan pada prinsipnya sama dengan perencanaan dinding geser tunggal. Langkah-langkah perencanaan dinding geser berpasangan tersebut akan diuraikan berikut ini.

1. Mengecek *Degree of Coupling* (DC)

Tujuan dari perhitungan DC ini adalah untuk mengklasifikasikan jenis dinding geser kopel. Jika  $DC \geq 0.66$ , maka dinding geser kopel termasuk dinding geser daktilitas penuh, dan jika  $DC < 0.66$ , maka termasuk dinding geser kopel daktilitas parsial.

$$DC = k \frac{H_n^a}{l_w^b L_n^c} \quad (3.49)$$

dengan,  $H_n$ : tinggi balok kopling,

$L_n$  : panjang balok kopling,

$l_w$ : lebar dinding

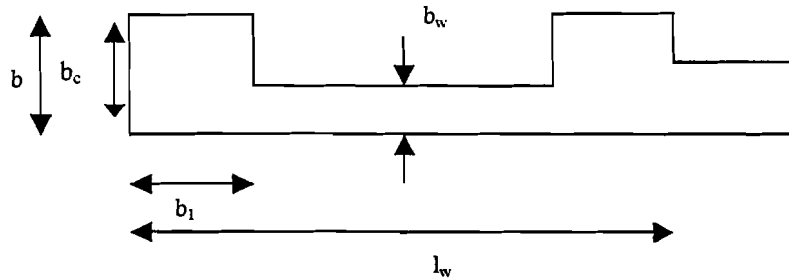
Koefisien k,a,b,c tergantung jumlah tingkat (n) yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3.1** Nilai konstanta k dan eksponen a, b, dan c untuk persamaan (3.49)

Jumlah tingkat (n)	k	a	B	c
6	2.976	0.706	0.615	0.698
10	2.342	0.512	0.462	0.509
15	1.697	0.352	0.345	0.279
20	1.463	0.265	0.281	0.190
30	1.295	0.193	0.223	0.106
40	1.190	0.145	0.188	0.059

Sumber: Journal ASCE No.122-Nov,1996, Classification Methodology for Coupled Shear Walls.

2. Menentukan dimensi dinding geser



Gambar 3.6 Penampang dinding geser

Untuk menghindari tekuk pada dinding geser, maka tebal dinding geser

$$\text{diambil : } b_w = \frac{h_s}{20}$$

$$\geq 150mm \quad (3.50)$$

3. Menentukan panjang total dinding geser

$$\frac{h_w}{l_w} \leq 9 \quad (3.51)$$

4. Dimensi *Boundary element*

$$b \geq b_w \quad b_1 \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b} \quad (3.52)$$

$$b \geq b_c \quad b_1 \geq \frac{b_c^2}{h} \quad (3.53)$$

$$b \geq \frac{h_s}{16} \quad b_1 \geq \frac{h_s}{16} \quad (3.54)$$

dengan nilai  $b_c$  sebesar:

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu \cdot \phi} \quad , \text{ jika digunakan tulangan dua lapis} \quad (3.55)$$

$$b_c = 0,022 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu \cdot \phi} \quad , \text{ jika digunakan tulangan satu lapis} \quad (3.56)$$



dengan,  $h_w$  : tinggi bangunan total

$h_s$  : tinggi tingkat pertama

$b_c$  : ketebalan dinding geser kritis

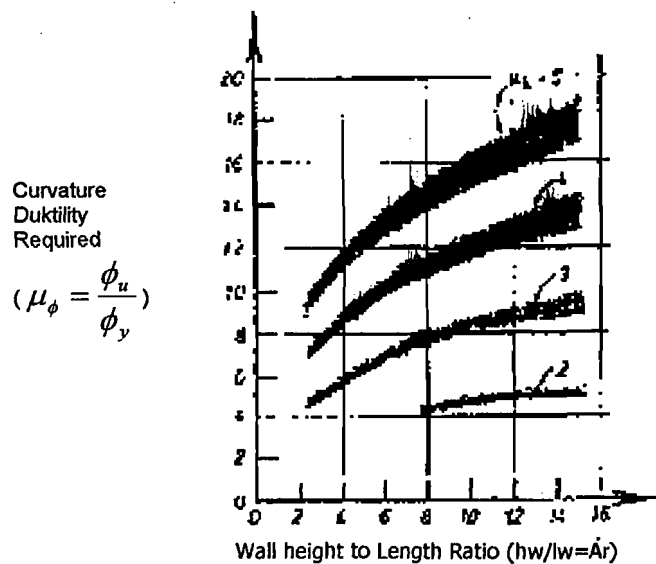
$\mu_\phi$  : perbandingan rasio daktilitas

$l_w$  : lebar dinding geser

$l_n$  : panjang balok kopel

Dari persamaan (3.52),(3.53),(3.54) diambil nilai  $b$  dan  $b_1$  yang terbesar.

Menurut T. Paulay dan M.J.N. Priestley, 1992, faktor daktilitas dapat diketahui dengan menggunakan kurva daktilitas yang terdapat pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Kurva daktilitas

5. Stabilitas balok kopling dipakai rumus :

$$\frac{l_n}{b_w} < 25, \text{ dan } \frac{l_n h}{b_w^2} < 100 \quad (3.57)$$

### 3.11 Menghitung Massa tiap Lantai ( $m_i$ )

Massa tiap lantai dihitung dengan rumus :

$$m_i = \frac{W_{ti}}{g} \quad (3.58)$$

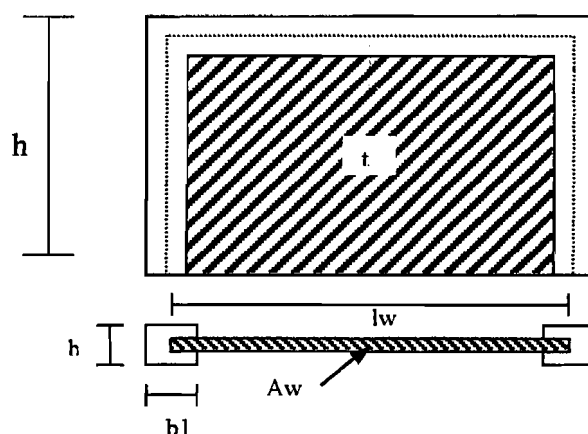
dengan,  $m_i$  : massa lantai i (kg.det<sup>2</sup>/m)

$W_{ti}$  : berat total lantai i (kg)

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

### 3.12 Kekakuan Dinding Geser

Dinding geser dapat dianggap sebagai kolom yang mempunyai inersia yang besar. Perhitungan kekakuan dinding geser menggunakan prinsip *shear building*, seperti menghitung kekakuan pada kolom.



Gambar 3.8 Penampang dinding geser

Inersia dinding geser,

$$I_w = (1/12) \{ (b \cdot (lw + b_1)^3 - [(b - t) \cdot (lw - b_1)^3] \} \quad (3.59)$$

Maka kekakuan dinding geser adalah,

$$k_w = \frac{12.E.I_w}{h^3} + \frac{G.A}{k.t} \quad (3.60)$$

dengan  $k_w$  : kekakuan dinding geser

$E$  : modulus elastisitas beton

$I_w$  : inersia dinding geser

$H$  : tinggi tingkat

$G$  : shear modulus =  $\frac{E}{2(1+\mu)}$

$\mu$  : rasio poisson = 0,2

$\kappa$  : koefisien = 1-1,5

$t$  : tebal dinding geser

$A$  : luas dinding geser

## **BAB IV**

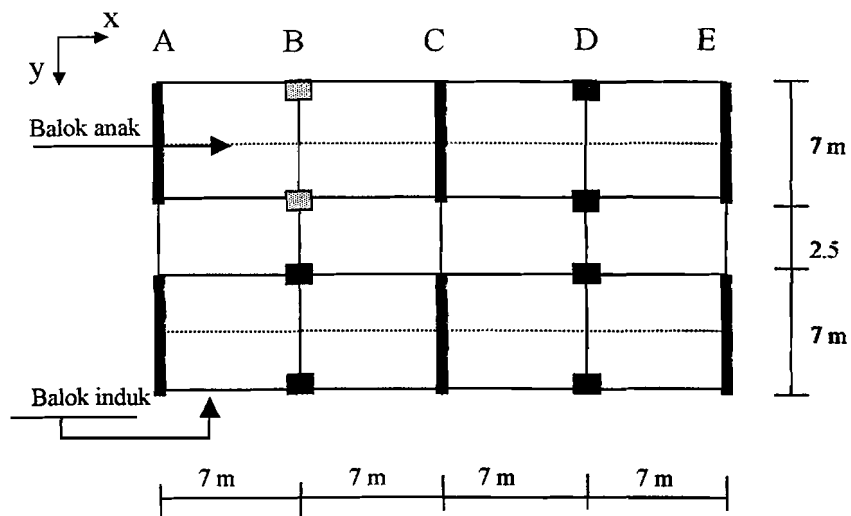
### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Tempat Penelitian**

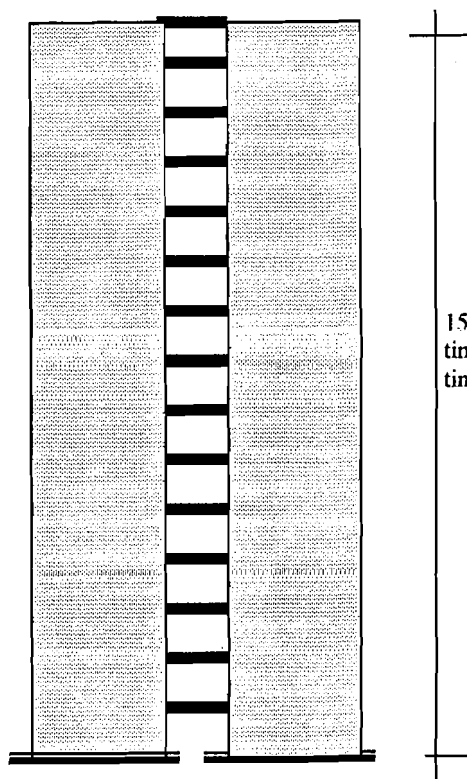
Penelitian dilaksanakan di daerah gempa I dan pondasi terletak pada tanah lunak, sehingga koefisien gempa dasar berkisar antara 0,065 sampai 0,13.

#### **4.2 Model Struktur**

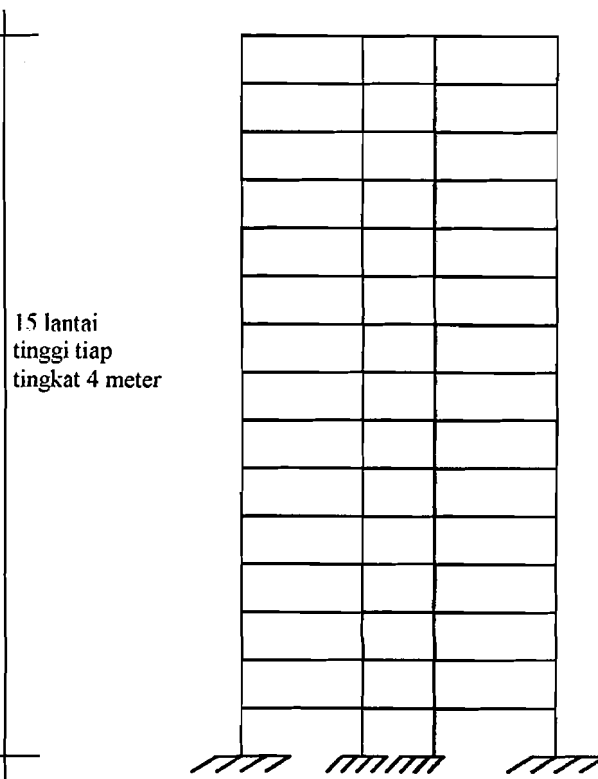
Rencana penempatan struktur dinding-sepasang seperti pada Gambar 4.1. Gedung berfungsi sebagai perkantoran dengan lima belas lantai. Pemilihan denah seperti pada Gambar 4.1 berdasarkan alasan bahwa semakin sederhana dan simetri bangunan, maka semakin aman terhadap kerusakan akibat gempa. Kesederhanaan bangunan sangat menguntungkan dalam hal memprediksi perilaku dinamika bangunan tersebut secara global (keseluruhan bangunan) dan secara detail (elemen, *joint*, antar tingkat). Kesimetrisan bangunan berpengaruh pada efek puntir (torsi). Efek torsi dapat memperbesar gaya dinamik yang harus ditahan oleh bangunan.



**Gambar 4.1** Denah penempatan struktur dinding-sepasang



**Gambar 4.2** Portal lintang struktur dinding-sepasang



**Gambar 4.3** Portal lintang tanpa struktur dinding

15 lantai  
tinggi tiap  
tingkat 4 meter

### 4.3 Tahapan Analisis

Analisis dalam penelitian ini, disusun menurut tahapan sebagai berikut:

1. menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur,
2. menentukan data struktur dan parameter bahan,
3. menghitung beban-beban yang bekerja,
4. menghitung berat total struktur
5. menghitung massa tiap lantai,
6. membentuk matriks massa,
7. menghitung kekakuan struktur dengan prinsip *shear building*,
8. membentuk matriks kekakuan,
9. menghitung gaya geser akibat gempa dengan program MATLAB,
10. menyusun program SAP90.

Bagan alir penelitian selengkapnya terdapat pada lampiran 1.

### 4.4 Data Struktur dan Parameter Bahan

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

1. mutu beton dipakai  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2 = 35 \text{ Mpa}$ ,
2. modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \sqrt{35} = 2,78 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2,$$

3. dimensi balok anak = 30/60 cm,

4. dimensi balok induk = 30/75 cm,
5. dimensi balok kopel = 30/100 cm,
6. dimensi kolom = 60/70 cm,
7. tebal plat atap = 10 cm,
8. tebal plat lantai = 12 cm,
9. tinggi lantai 1 sampai dengan 15 = 4 m,
10. gedung digunakan untuk perkantoran,
11. struktur direncanakan di atas tanah lunak, terletak di wilayah gempa I  
(menurut PPGIUG 1987),
12. model struktur dan pola pembebanan terdapat pada lampiran 6.

## BAB V

### ANALISIS

#### 5.1 Umum

Bab ini menguraikan prosedur perhitungan gaya geser gempa menggunakan metode respon spektra yang disimulasikan pada struktur dinding-sepasang (*coupled wall structures*) lima belas lantai dengan sistem tiga dimensi. Data struktur diolah menggunakan rumus-rumus yang telah dijabarkan dalam bab-bab terdahulu dan disederhanakan lagi urutan setiap langkahnya, untuk memudahkan perhitungan selanjutnya. Untuk mencari kesesuaian pemakaian metode, khususnya dalam menghitung *mode* getaran, maka akan dipakai perhitungan cara kekakuan (*stiffness method*).

#### 5.2 Analisis Dimensi Struktur Dinding

##### 5.2.1 Analisis Dimensi Balok Kopel

Agar diperoleh dinding geser kopel yang daktail, sebelumnya dihitung nilai DC (*Degree of Coupling*). Perhitungan DC menggunakan persamaan (3.49), nilai konstanta k dan eksponen a,b,c didapat pada Tabel 3.1. Nilai DC dinding geser kopel daktail=0.66, untuk gedung 15 lantai, dengan Tabel 3.1 dapat ditentukan nilai k=1.697, a=0.352, b=0.345,dan c=0.279. Panjang balok kopel ( $L_n$ )=2.5m, lebar dinding geser ( $l_w$ )=7.0 m, sehingga tinggi balok kopel dapat diketahui, yaitu

$$0.66 = 1,697 \frac{h^{0,352}}{7^{0,345} \cdot 2,5^{0,279}}$$



$h = 0,952\text{m}$ , diambil  $h = 1,0\text{ m}$

maka tinggi balok kopel ( $h$ ) adalah 100 cm.

### 5.2.2 Analisis Tebal Dinding Geser ( $b_w$ )

Menurut T. Paulay dan R.L. William, 1980, untuk menghindari bahaya tekuk dinding geser dapat diperlakukan sebagai kolom yang ketebalannya perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser dapat dihitung dengan persamaan,

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

$$b_w = \frac{4,0}{20} = 0,175 \text{ m} = 175 \text{ mm}, \text{ dipakai tebal dinding geser } (b_w) = 300 \text{ mm}$$

### 5.2.3 Syarat Keamanan Dimensi Dinding Geser

Menurut T. Paulay dan M.J.N. Priestley, 1992, untuk menjamin agar dinding geser tetap berperilaku geser, maka perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser harus memenuhi persamaan,

$$\frac{h_w}{l_w} \leq 9, \text{ dengan } h_w = 60 \text{ m dan } l_w = 7 \text{ m, maka,}$$

$$\frac{60}{7} = 8,571 < 9$$

Dari Gambar 3.7, dengan anggapan daktilitas penuh ( $\mu_\Delta = 4$ ) didapat rasio daktilitas ( $\mu_\phi = 10.5$ ).

Menurut Winter dan Nilson, 1993, gaya geser pada dinding 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,

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_\phi} = 0,017 \cdot 7 \cdot \sqrt{10,5} = 0,385 \text{ m}$$

### 5.2.4 Perhitungan *Boundary Elements*

Untuk mencari luas *boundary elements* didekati dengan persamaan,

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

$$b_1 \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10b}, \text{ dengan } b_c = 0,385 \text{ m}, l_w = 7,0 \text{ m}, \text{ maka } b_1 = \frac{0,385 \cdot 7}{10 \cdot 0,3} = 0,898 \text{ m}$$

2.  $b \geq b_c$ ,  $b_c = 0,385 \text{ m}$ , maka diambil  $b = 0,385 \text{ m}$

$$b_1 = \frac{b_c^2}{b} = \frac{0,385^2}{0,385} = 0,385 \text{ m}$$

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

$$b_1 \geq \frac{h_s}{16}, \text{ maka } b_1 = \frac{4,0}{16} = 0,25 \text{ m}$$

Dari ketiga persamaan diambil nilai  $b$  dan  $b_1$  terbesar, yaitu  $b = 0,385 \text{ m}$ ,  $b_1 = 898 \text{ m}$ .

Nilai  $b$  dan  $b_1$  yang dipakai adalah  $b = 0,5 \text{ m}$  dan  $b_1 = 1,0 \text{ m}$ .

### 5.3 Analisis Stabilitas Balok Koping

Untuk stabilitas balok koping digunakan persamaan (3.67),

$$\frac{l_n}{b_w} = \frac{2500}{300} = 8,33 < 25, \text{ atau}$$

$$\frac{l_n \cdot h}{b_w^2} = \frac{2500 \cdot 1000}{300^2} = 27,77 < 100$$

## 5.4 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan ditentukan berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 dan Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Indonesia tahun 1987. Adapun beban-beban yang bekerja pada struktur adalah sebagai berikut ini.

### 5.4.1 Beban Mati

#### A. atap

1. pelat atap	= 28.16,5.0,10.2400	= 110880 kg
2. balok anak	= 2.28.0,3.0,6.2400	= 24192 kg
3. balok induk	= (4.28+2.16,5).0,3.0,75.2400	= 78300 kg
4. dinding	= 140.2.250	= 70000 kg
5. plafond	= 28.16,5.18	= 8316 kg
6. dinding geser	= 6.2.7.0,3.2400	= 60480 kg
7. balok kopel	= 3.2,5.0,3.1,0.2400	= 5400 kg
8. kolom	= 8.2.0,6.0,7.2400	= 16128 kg

$$W_D \text{ atap} = 373696 \text{ kg}$$

#### B. lantai tipikal (4m)

1. pelat lantai	= 28.16,5.0,12.2400	= 133056 kg
2. balok anak	= 2.28.0,3.0,6.2400	= 24192 kg
3. balok induk	= (4.28+2.16,5).0,3.0,75.2400	= 78300 kg
4. dinding	= 140.4.250	= 140000 kg
5. plafond	= 28.16,5.18	= 8316 kg
6. dinding geser	= 6.4.7.0,3.2400	= 120960 kg
7. balok kopel	= 3.2,5.0,3.1,0.2400	= 5400 kg

8. spesi	= 28.16,5.2.21	= 19404 kg
9. tegel	= 28.16,5.2.24	= 22176 kg
10. kolom	= 8.4.0,6.0,7.2400	= 32256 kg
		W <sub>D</sub> lantai = 584060 kg

#### 5.4.2 Beban Hidup

##### A. atap

- Q<sub>h</sub> atap = 100 kg/cm<sup>2</sup>

- koefisien reduksi = 0,3

$$W_L \text{ atap} = 0,3 \cdot 28 \cdot 16,5 \cdot 100 = 13860 \text{ kg}$$

##### b. lantai tipikal

- Q<sub>L</sub> lantai = 250 kg/cm<sup>2</sup>

- koefisien reduksi = 0,3

$$W_L \text{ lantai} = 0,3 \cdot 28 \cdot 16,5 \cdot 250 = 34650 \text{ kg}$$

#### 5.4.3 Berat Lantai Total

1. Berat atap = W<sub>D</sub> atap + W<sub>L</sub> atap

$$= 373696 + 13860 = 387556 \text{ kg}$$

2. Berat lantai 1 sampai dengan 14 = W<sub>D</sub> lantai + W<sub>L</sub> lantai

$$= 584060 + 34650 = 618710 \text{ kg}$$

#### 5.4.4 Analisis Massa tiap Lantai (m<sub>i</sub>)

1. Massa Atap =  $\frac{W_{\text{atap}}}{g} = \frac{387556}{9,81} = 39506,22 \text{ kg det}^2/\text{m}$

2. Massa Lantai (tipikal) =  $\frac{W_{\text{lantai}}}{g} = \frac{618710}{9,81} = 63069,32 \text{ kg det}^2/\text{m}$

### 5.4.5 Analisis Kekakuan Dinding Geser

Kekakuan dinding geser dihitung dengan menggunakan rumus (3.69),

$$k_i = \frac{12.E.I_w}{h^3} + \frac{GA}{k.t}$$

dengan,  $E = 2,78.10^5 \text{ kg/cm}^2$

$$I_w = (1/12). \{ (50.800^3) - [(50-30)(600^3)] \} = 1,773.10^9 \text{ cm}^4$$

$$h = 400 \text{ cm}$$

$$G = \frac{2,78E5}{2(1+0,2)} = 1,158E5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 400.700 = 280000 \text{ cm}^2$$

$$\kappa = 1,2$$

$$t = 30 \text{ cm}$$

$$\text{maka, } k_i = \frac{12.2,78.10^5.1,773.10^9}{400^3} + \frac{1,158E5.21000}{1,2.30} = 1,6E8 \text{ kg/cm} = 1,6E10 \text{ kg/m}$$

### 5.4.6 Matriks Massa dan Matriks Kekakuan

Struktur gedung yang akan dianalisis mempunyai lima belas tingkat, sehingga matriks massa [M] dan matriks kekakuannya [K] terdiri dari 15x15.

Matriks massa [M] dan matriks kekakuan [K] terdapat berikut ini.





#### 5.4.7 Gaya Geser Horisontal

Gaya geser horisontal dihitung dengan bantuan program Matlab, dengan input berupa matrik massa dan matrik kekakuan. Periode struktur awal yang didapat dari perhitungan gaya geser horisontal  $T=0,12$  detik, sehingga nilai koefisien gempa dasar,  $C=0,13$ . Gaya geser horisontal akibat gempa tersebut terdapat pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.1** Gaya Geser Horisontal akibat Gempa

TINGKAT	GAYA GESER, F (kg)	Fix (kg)	Fiy (kg)
1	10610	2652.5	2122
2	21100	5275	4220
3	21360	5340	4272
4	41280	10320	8256
5	50760	12690	10152
6	59700	14925	11940
7	68000	17000	13600
8	75560	18890	15112
9	82300	20575	16460
10	88150	22037.5	17630
11	93080	23270	18616
12	96970	24242.5	19394
13	99830	24957.5	19966
14	101610	25402.5	20322
15	64080	16020	12816

Agar lebih realistik maka gaya geser horisontal tersebut harus diperiksa kembali sesuai dengan peraturan pada subbab 3.9. Setelah diperiksa, nilai-nilai tersebut didapatkan nilai  $T=1,5126$  detik, sehingga nilai  $C=0,09648$ . Dengan nilai  $C$  tersebut, maka dihitung kembali gaya geser horisontal. Gaya geser horisontal terdapat pada Tabel 5.2 berikut ini.



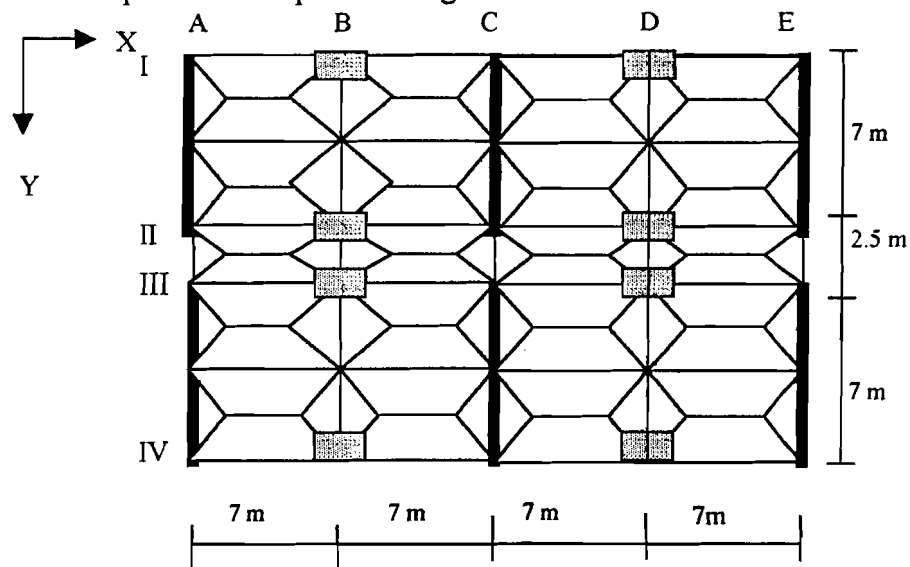
**Tabel 5.2 Gaya geser horisontal**

TINGKAT	GAYA GESER (kg)	Fix(kg)	Fiy(kg)
1	7872	1968	1574.4
2	15659	3914.75	3131.8
3	23275	5818.75	4655
4	30655	7663.75	6131
5	37693	9423.25	7538.6
6	44325	11081.25	8865
7	50464	12616	10092.8
8	56090	14022.5	11218
9	61075	15268.75	12215
10	65439	16359.75	13087.8
11	69076	17269	13815.2
12	71963	17990.75	14392.6
13	74081	18520.25	14816.2
14	75408	18852	15081.6
15	47556	11889	9511.2

Nilai gaya geser pada Tabel 5.2 diperiksa kembali, didapat  $T$  Rayleigh = 1.76 detik. Oleh karena perbedaan waktu getar awal struktur sudah mendekati  $T$  Rayleigh, maka gaya geser horisontal tidak perlu dihitung kembali. Maka gaya geser horisontal yang digunakan untuk menganalisis struktur adalah pada Tabel 5.2.

## 5.5 Analisis Beban Akibat Gaya Gravitasi

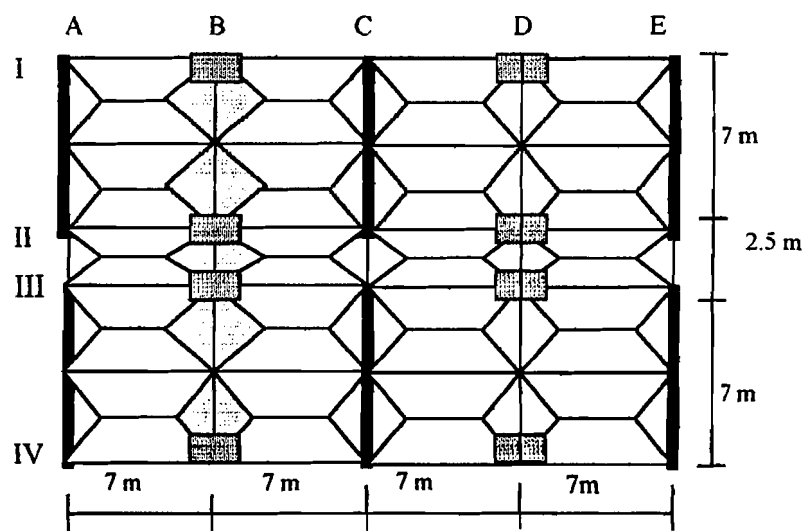
Perhitungan pembebanan pada masing-masing as didasarkan pada kondisi penempatan dan pembebanan portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.1 Pembagian beban merata masing-masing as

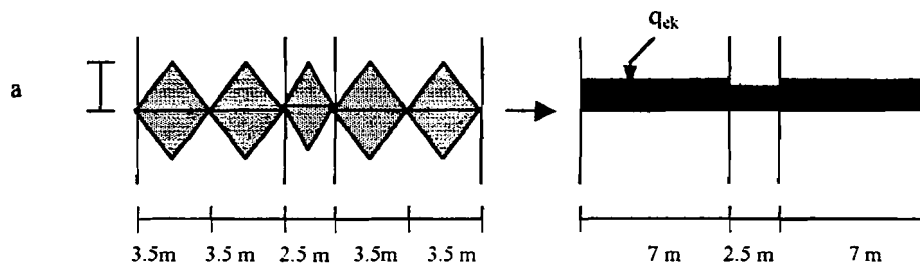
### 5.5.1 Perhitungan Beban akibat Gaya Gravitasi As B

Perhitungan pembebanan as B didasarkan pada kondisi penempatan dan pembebanan portal sebagai berikut ini



Gambar 5.2 Pembagian beban merata pada as B





**Gambar 5.3** Perhitungan beban merata ekuivalen as B

$$Q_{ek} = 2/3 \cdot a$$

Dari Gambar 5.3 dapat dihitung beban merata dan beban terpusat untuk as B berikut ini.

### 1. Beban merata untuk as B pola pembebanan I

Beban-beban yang bekerja pada as B, yaitu :

#### 1. Beban gravitasi pada balok atap

##### a. Beban mati tiap m'

$$1. \text{ plat} = 4.2/3 \cdot 1,75 \cdot 0,1.2400 = 1120,1 \text{ kg/m}$$

$$2. \text{ balok induk} = 0,3 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 540 \text{ kg/m}$$

$$3. \text{ plafond} = 4.2/3 \cdot 1,75 \cdot 18 = 84,01 \text{ kg/m}$$

---


$$q_D = 1744,21 \text{ kg/m}$$

##### b. Beban hidup tiap m'

$$- q_L \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

$$\text{maka, beban hidup tereduksi, } q_L = 4.2/3 \cdot 1,75 \cdot 0,3 \cdot 100 = 140,01 \text{ kg/m}$$

#### 2. Beban gravitasi pada balok lantai 1 sampai 14

##### a. Beban mati tiap m'

$$1. \text{ plat} = 4.2/3 \cdot 1,75 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 1344,1 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ spesi} &= 4.2/3.1,75.2.21 &= 196,014 \text{ kg/m} \\
 3. \text{ pasir} &= 4.2/3.1,75.0,03.1600 &= 224,016 \text{ kg/m} \\
 4. \text{ tegel} &= 4.2/3.1,75.2.24 &= 224,016 \text{ kg/m} \\
 5. \text{ balok induk} &= 0,3.0,75.2400 &= 540 \text{ kg/m} \\
 6. \text{ plafond} &= 4.2/3.1,75.18 &= 84,01 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_D &= 2612,156 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m'

$$\begin{aligned}
 - q_L \text{ lantai} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987} &= 0,3 \\
 \text{maka, beban hidup, } q_L &= 4.2/3.1,75.0,3.250 = 350,025 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

**2. Beban merata untuk as B pola pembebanan II**

Beban-beban yang bekerja pada as B (pola II), yaitu :

1. Beban gravitasi pada balok atap

a. Beban mati tiap m

$$\begin{aligned}
 1. \text{ plat} &= 2.2/3.1,25.0,1.2400 = 400,1 \text{ kg/m} \\
 2. \text{ balok induk} &= 0,3.0,75.2400 &= 540 \text{ kg/m} \\
 3. \text{ plafond} &= 2.2/3.1,25.18 &= 30,01 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_D &= 970,11 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m'

$$\begin{aligned}
 - q_L \text{ atap} &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987} &= 0,3 \\
 \text{maka, beban hidup tereduksi, } q_L &= 2.2/3.1,25.0,3.100 = 50,01 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

## 2. Beban gravitasi pada balok lantai 1 sampai 14

### a. Beban mati tiap m'

1. plat	= $2.2/3.1,25.0,12.2400$	= 480,096 kg/m
2. spesi	= $2.2/3.1,25.2.21$	= 70,014 kg/m
3. pasir	= $2.2/3.1,25.0,03.1600$	= 80,016 kg/m
4. tegel	= $2.2/3.1,25.2.24$	= 80,016 kg/m
5. balok induk	= $0,3.0,75.2400$	= 540 kg/m
6. plafond	= $2.2/3.1,25.18$	= 30,01 kg/m
		<hr/>
		$q_D = 1280,155 \text{ kg/m}$

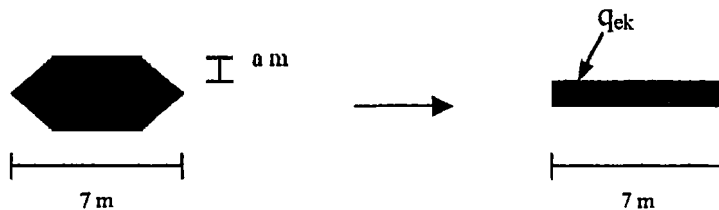
### b. Beban hidup tiap m'

-  $q_L$  lantai =  $250 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup,  $q_L = 2.2/3.1,25.0,3.250 = 125,025 \text{ kg/m}$

## 3. Perhitungan Beban Titik pada As B



Gambar 5.4 Perhitungan beban titik

$$Q_{ek} = 2.1/3.a$$

Beban titik ( beban terpusat ) pada as B, yaitu :

### 1. Beban gravitasi pada balok atap

#### a. Beban mati

1. plat =  $7.2.1/3.1,75.0,1.2400$  = 2693,65 kg

$$\begin{aligned}
 2. \text{ berat sendiri balok anak} &= 7.0,3.0,6.2400 &= 3024 & \text{ kg} \\
 3. \text{ plafond} &= 7.2.1/3.1,75.18 &= 147,042 & \text{ kg} \\
 \hline
 P_{\text{Datap}} &= 5864,692 & \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup atap

$$- q_L \text{ atap tereduksi} = 0,3.100 \text{ kg/m}^2 = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{ maka, beban hidup tereduksi, } P_{\text{Latap}} = 7.2.1/3.1,75.30 = 245,07 \text{ kg}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1 sampai 14

a. Beban mati

$$1. \text{ plat} = 7.2.1/3.1,75.0,12.2400 = 2352,672 \text{ kg}$$

$$2. \text{ spesi} = 7.2.1/3.1,75.2.2100 = 343,098 \text{ kg}$$

$$3. \text{ pasir} = 7.2.1/3.1,75.0,03.1600 = 392,112 \text{ kg}$$

$$4. \text{ tegel} = 7.2.1/3.1,75.2.24 = 392,112 \text{ kg}$$

$$5. \text{ berat sendiri balok anak} = 7.0,3.0,6.2400 = 3024 \text{ kg}$$

$$6. \text{ plafond} = 7.2.1/3.1,75.18 = 147,042 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Dlantai}} = 6651,036 \text{ kg}$$

b. Beban hidup

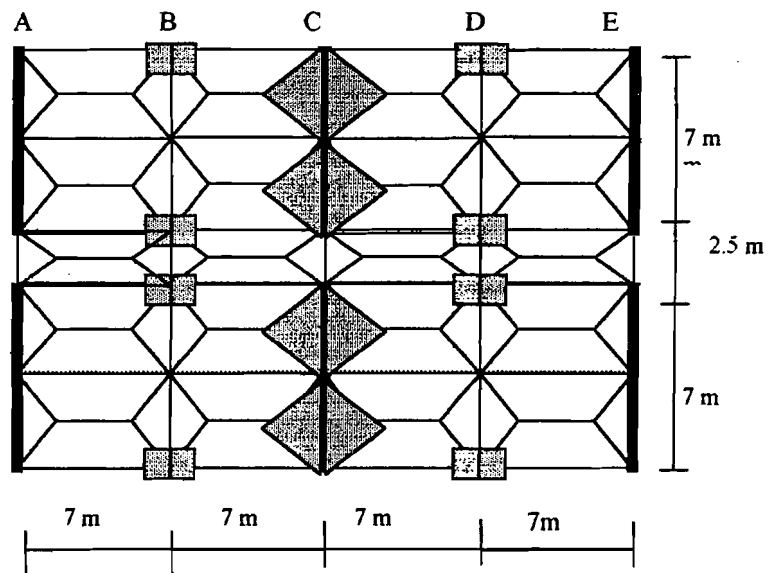
$$- q_L \text{ lantai tereduksi} = 0,3.250 \text{ kg/m}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ maka, beban hidup, } P_L \text{ lantai} = 7.2.1/3.1,75.75 = 612,675 \text{ kg}$$

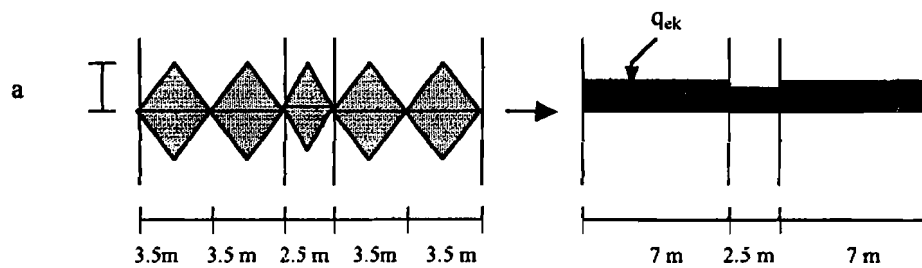
Berdasarkan pola pembebanan pada Gambar 5.1 maka beban-beban yang bekerja pada As D adalah sama dengan beban-beban yang bekerja pada As B.

### 5.5.2 Perhitungan Beban akibat Gaya Gravitasi As C

Perhitungan pembebanan as C didasarkan pada kondisi penempatan dan pembebanan portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.5 Pembagian beban merata pada as C



Gambar 5.6 Perhitungan beban merata ekuivalen as C

$$Q_{ek} = 2/3 \cdot a$$

Dari Gambar 5.6 dapat dihitung beban merata dan beban terpusat untuk as C berikut ini.

### 1. Beban merata untuk as C pola pembebanan I

Beban-beban yang bekerja pada as C, yaitu :

#### 1. Beban gravitasi pada atap

##### a. Beban mati tiap m<sup>2</sup>

$$1. \text{ plat} \quad = 4.2/3 \cdot 1,75 \cdot 0.1 \cdot 2400 = 1120,1 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ dinding geser} &= 2.0,3.2400 & = 1440 \text{ kg/m} \\
 3. \text{ plafond} &= 4.2/3.1,75.18 & = 84,01 \text{ kg/m} \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm}} \\
 q_D &= 2644,11 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m'

-  $q_L$  atap =  $100 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup tereduksi,  $q_L = 4.2/3.1,75.0,3.100 = 140,01 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada lantai 1 sampai 14

a. Beban mati tiap m'

$$\begin{aligned}
 1. \text{ plat} &= 4.2/3.1,75.0,12.2400 & = 1344,1 \text{ kg/m} \\
 2. \text{ spesi} &= 4.2/3.1,75.2.21 & = 196,014 \text{ kg/m} \\
 3. \text{ pasir} &= 4.2/3.1,75.0,03.1600 & = 224,016 \text{ kg/m} \\
 4. \text{ tegel} &= 4.2/3.1,75.2.24 & = 224,016 \text{ kg/m} \\
 5. \text{ dinding geser} &= 4.0,3.2400 & = 2880 \text{ kg/m} \\
 6. \text{ plafond} &= 4.2/3.1,75.18 & = 84,01 \text{ kg/m} \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm}} \\
 q_D &= 4952.156 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m'

-  $q_L$  lantai =  $250 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup,  $q_L = 4.2/3.1,75.0,3.250 = 350,025 \text{ kg/m}$



## 2. Beban merata untuk as C pola pembebanan II

Beban-beban yang bekerja pada as B (pola II), yaitu :

### 1. Beban gravitasi pada atap

#### a. Beban mati tiap m

1. plat	$= 2.2/3.1,25.0,1.2400$	$= 400,1 \text{ kg/m}$
2. balok kopel	$= 0,3.1.2400$	$= 720 \text{ kg/m}$
3. plafond	$= 2.2/3.1,25.18$	$= 30,01 \text{ kg/m}$
		$q_D = 1150,11 \text{ kg/m}$

#### b. Beban hidup tiap m'

-  $q_L \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup tereduksi,  $q_L = 2.2/3.1,25.0,3.100 = 50,01 \text{ kg/m}$

### 2. Beban gravitasi pada lantai 1 sampai 14

#### a. Beban mati tiap m'

1. plat	$= 2.2/3.1,25.0,12.2400$	$= 480,096 \text{ kg/m}$
2. spesi	$= 2.2/3.1,25.2.21$	$= 70,014 \text{ kg/m}$
3. pasir	$= 2.2/3.1,25.0,03.1600$	$= 80,016 \text{ kg/m}$
4. tegel	$= 2.2/3.1,25.2.24$	$= 80,016 \text{ kg/m}$
5. balok kopel	$= 0,3.1.2400$	$= 720 \text{ kg/m}$
6. plafond	$= 2.2/3.1,25.18$	$= 30,01 \text{ kg/m}$
		$q_D = 1460,152 \text{ kg/m}$

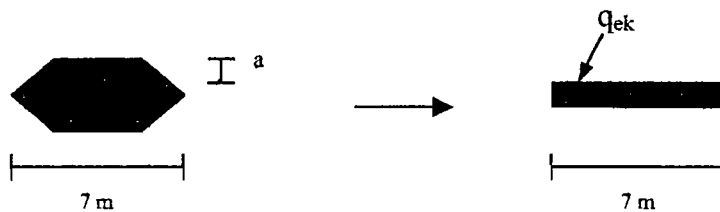
b. Beban hidup tiap m<sup>2</sup>

-  $q_L$  lantai =  $250 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup,  $q_L = 2.2/3.1,25.0,3.250 = 125,025 \text{ kg/m}^2$

### 3. Perhitungan Beban Titik pada As C



Gambar 5.7 Perhitungan beban titik

$$Q_{ek} = 2.1/3.a$$

Beban titik ( beban terpusat ) pada as C, yaitu :

#### 1. Beban gravitasi pada balok atap

##### a. Beban mati

1. plat =  $7.2.1/3.1,75.0,1.2400 = 2693,65 \text{ kg}$

2. berat sendiri balok anak –  $7.0,3.0,6.2400 = 3024 \text{ kg}$

3. plafond =  $7.2.1/3.1,75.18 = 147,042 \text{ kg}$

---


$$P_{Datap} = 5864,692 \text{ kg}$$

##### b. Beban hidup atap

-  $q_L$  atap tereduksi =  $0,3.100 \text{ kg/m}^2 = 30 \text{ kg/m}^2$

maka, beban hidup tereduksi,  $P_{Latap} = 7.2.1/3.1,75.30 = 245,07 \text{ kg}$

#### 2. Beban gravitasi pada balok lantai 1 sampai 14

##### a. Beban mati

1. plat =  $7.2.1/3.1,75.0,12.2400 = 2352,672 \text{ kg}$

2. spesi =  $7.2.1/3.1,75.2.2100 = 343,098 \text{ kg}$
3. pasir =  $7.2.1/3.1,75.0,03.1600 = 392,112 \text{ kg}$
4. tegel =  $7.2.1/3.1,75.2.24 = 392,112 \text{ kg}$
5. berat sendiri balok anak =  $7.0,3.0,6.2400 = 3024 \text{ kg}$
6. plafond =  $7.2.1/3.1,75.18 = 147,042 \text{ kg}$

$$P_{D\text{lantai}} = 6651,036 \text{ kg}$$

#### b. Beban hidup

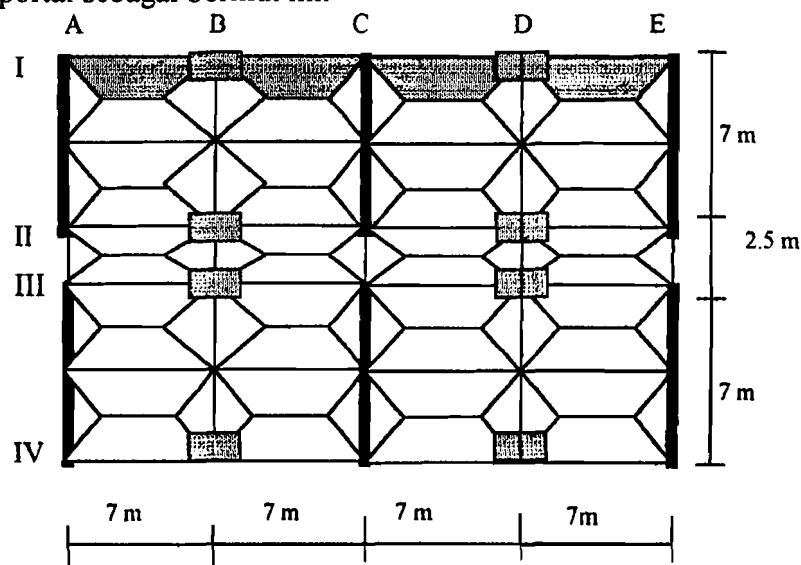
$$- q_L \text{ lantai tereduksi} = 0,3 \cdot 250 \text{ kg/m}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{maka, beban hidup, } P_L \text{ lantai} = 7.2.1/3.1,75.75 = 612,675 \text{ kg}$$

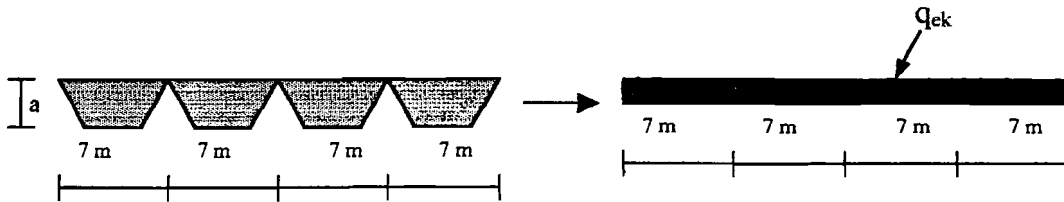
Berdasarkan pada pola pembebanan pada Gambar 5.1 maka beban yang bekerja pada As E adalah sama dengan beban yang bekerja pada As C, sedangkan pada As A beban yang bekerja adalah setengah kali beban As C

#### 5.5.3 Beban merata untuk as I

Perhitungan pembebanan as I didasarkan pada kondisi penempatan dan pembebanan portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.8 Pola pembebanan untuk As I



**Gambar 5.9** Perhitungan beban merata ekuivalen as I

$$Q_{ek} = 1/3 \cdot a = 1/3 \cdot 1,75 \cdot q$$

Dari Gambar 5.9 dapat dihitung beban merata untuk as I berikut ini.

Beban-beban yang bekerja pada as I, yaitu :

1. Beban gravitasi pada atap

a. Beban mati tiap m<sup>2</sup>

1. plat	= 1.1/3.1,75.0,1.2400	= 140 kg/m
2. balok arah y	= 0,3.0,75.2400	= 540 kg/m
3. plafond	= 1.1/3.1,75.18	= 10,5 kg/m
		q <sub>D</sub> = 690,5 kg/m

b. Beban hidup tiap m<sup>2</sup>

- q<sub>L</sub> atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup tereduksi, q<sub>L</sub> = 1.1/3.1,75.0,3.100 = 17,5 kg/m

2. Beban gravitasi pada lantai 1 sampai 14

a. Beban mati tiap m<sup>2</sup>

1. plat	= 1.1/3.1,75.1.0,12.2400	= 168 kg/m
2. spesi	= 1.1/3.1,75.1.2.21	= 24,5 kg/m
3. pasir	= 1.1/3.1,75.1.0,03.1600	= 28,0 kg/m

$$\begin{aligned}
 4. \text{ tegel} &= 1.1/3.1,75.1.2.24 &= 28,0 \text{ kg/m} \\
 5. \text{ balok arah y} &= 0,3.0,75.2400 &= 540,0 \text{ kg/m} \\
 6. \text{ plafond} &= 1.1/3.1,75.18 &= 10,5 \text{ kg/m} \\
 7. \text{ dinding} &= 4.250 &= 1000 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_D &= 1799 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap  $m^2$

$$- q_L \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

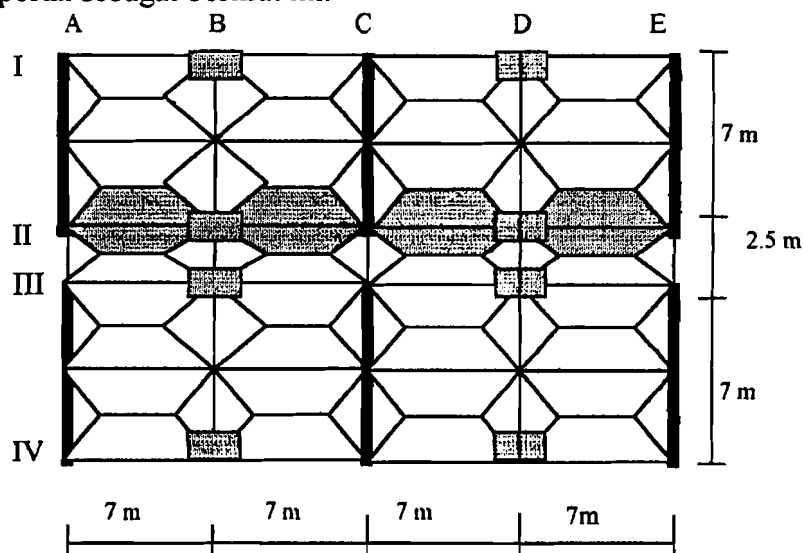
- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

$$\text{maka, beban hidup, } q_L = 1.1/3.1,75.0,3.250 = 43,75 \text{ kg/m}$$

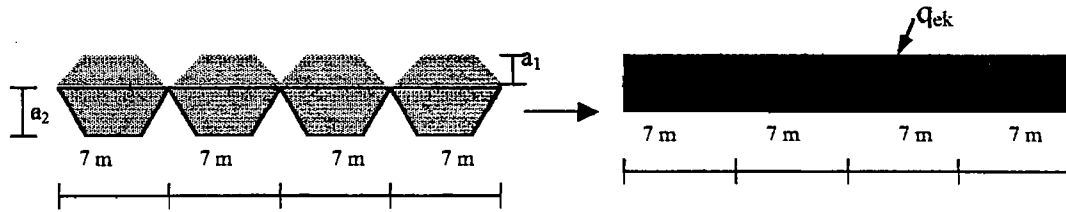
Berdasarkan pada pola pembebanan pada Gambar 5.8 maka beban yang bekerja pada As IV adalah sama dengan beban yang bekerja pada As I.

#### 5.5.4 Beban merata untuk as II

Perhitungan pembebanan as II didasarkan pada kondisi penempatan dan pembebanan portal sebagai berikut ini.



Gambar 5.10 Pola pembebanan untuk As II



**Gambar 5.11** Perhitungan beban merata ekivalen as II

$$Q_{ek} = 1/3 \cdot (a_1 + a_2) = 1/3 \cdot (1,75 + 1,25)q$$

Dari Gambar 5.11 dapat dihitung beban merata untuk as II berikut ini.

Beban-beban yang bekerja pada as II, yaitu :

1. Beban gravitasi pada atap

a. Beban mati tiap m

1. plat =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 0,1 \cdot 2400 = 240 \text{ kg/m}$

2. balok arah x =  $0,3 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 540 \text{ kg/m}$

3. plafond =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 18 = 18 \text{ kg/m}$

---


$$q_D = 798 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup tiap m'

-  $q_L \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^2$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

maka, beban hidup tereduksi,  $q_L = 1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 0,3 \cdot 100 = 31 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada lantai 1 sampai 14

a. Beban mati tiap m'

1. plat =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 0,12 \cdot 2400 = 289 \text{ kg/m}$

2. spesi =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 2,21 = 42 \text{ kg/m}$

3. pasir =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 0,03 \cdot 1600 = 48 \text{ kg/m}$

4. tegel =  $1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 2,24 = 48 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ balok arah } x &= 0,3 \cdot 0,75 \cdot 2400 & = 540 \text{ kg/m} \\
 6. \text{ plafond} &= 1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 18 & = 18 \text{ kg/m} \\
 7. \text{ dinding} &= 4.250 & = \underline{1000 \text{ kg/m}} \\
 & & q_D = 1985 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m'

$$- q_L \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- koefisien reduksi untuk perkantoran menurut PBI 1987 = 0,3

$$\text{maka, beban hidup, } q_L = 1.1/3 \cdot (1,75 + 1,25) \cdot 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ kg/m}$$

Berdasarkan pada pola pembebanan pada Gambar 5.10 maka beban yang bekerja pada As III adalah sama dengan beban yang bekerja pada As II.

Untuk memperjelas pembebanan pada masing-masing as, maka akan ditabelkan sebagai berikut ini.

**Tabel 5.3** Beban pada as B

BEBAN PADA		$Q_D(\text{kg/m})$	$Q_L(\text{kg/m})$	$P_D(\text{kg})$	$P_L(\text{kg})$
ATAP	POLA I	1744,11	140,01	5864,692	245,07
	POLA II	970,11	50,61	-	-
LANTAI	POLA I	2612,156	350,025	6651,036	612,675
	POLA II	1280,152	125,025	-	-

**Tabel 5.4** Beban pada as C

BEBAN PADA		$Q_D(\text{kg/m})$	$Q_L(\text{kg/m})$	$P_D(\text{kg})$	$P_L(\text{kg})$
ATAP	POLA I	2644,11	140,01	5864,692	245,07
	POLA II	1150,11	50,61	-	-
LANTAI	POLA I	4952,156	350,025	6651,036	612,675
	POLA II	1460,152	125,025	-	-

**Tabel 5.5** Beban pada as A

BEBAN PADA		Q <sub>D</sub> (kg/m)	Q <sub>L</sub> (kg/m)	P <sub>D</sub> (kg)	P <sub>L</sub> (kg)
ATAP	POLA I	1322,055	70,005	2932,346	122,535
	POLA II	575,055	25,305	-	-
LANTAI	POLA I	2476,078	175,0125	3325,518	306,3375
	POLA II	730,076	62,5125	-	-

**Tabel 5.6** Beban pada as I dan As IV

Beban pada	Q <sub>D</sub> (kg/m)	Q <sub>L</sub> (kg/m)
Atap	690,5	17,5
Lantai	1799	43,75

**Tabel 5.7** Beban pada as II dan as III

Beban pada	Q <sub>D</sub> (kg/m)	Q <sub>L</sub> (kg/m)
Atap	798	31
Lantai	1985	75



## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

#### **6.1 Umum**

Bab ini memberikan hasil-hasil analisis respon elastik struktur yang meliputi:

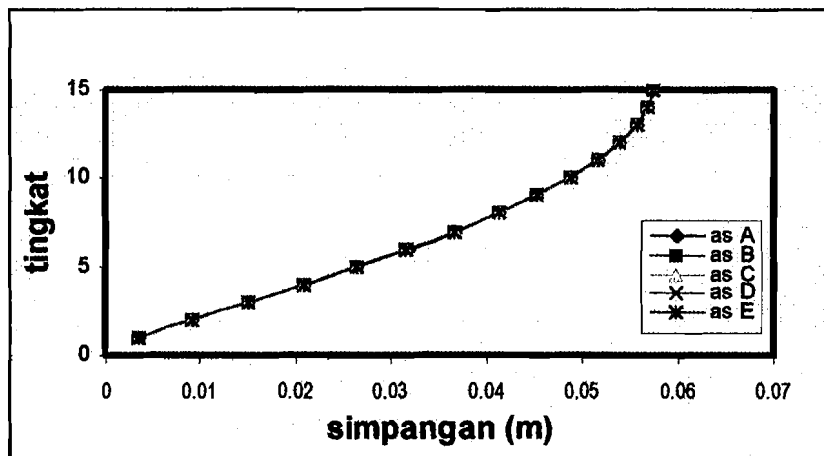
1. simpangan horisontal
2. gaya geser struktur
3. tegangan pada dinding
4. gaya geser dalam

Hasil-hasil analisis yang akan di uraikan pada bab ini merupakan hasil dari pola pembebanan 3 dan 4. Pola pembebanan 3 terdiri dari 100% gempa arah X dan 30% gempa arah Y, sedangkan pola pembebanan 4 terdiri dari 30% gempa arah X dan 100% gempa arah Y. Dari analisis tersebut dapat memberikan gambaran tentang respon elastik struktur menggunakan dinding geser berpasangan. Hasil-hasil analisis tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

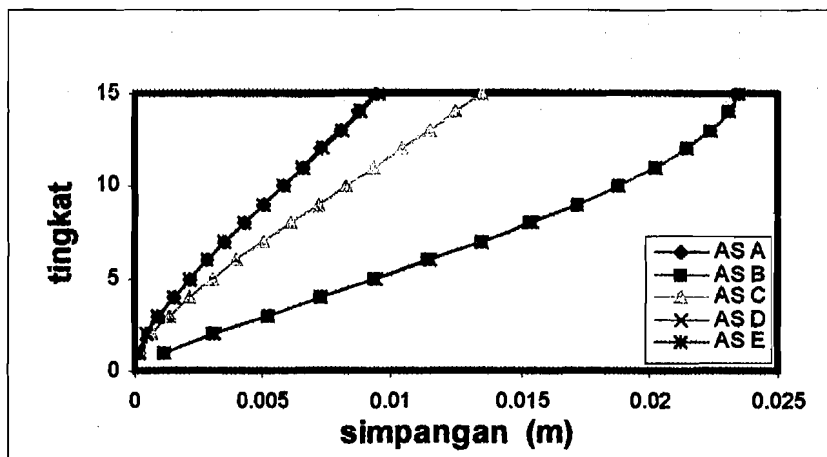
#### **6.2 Simpangan Horisontal**

Pembatasan simpangan antar tingkat yang ada pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung (PPTGIUG, 1987) adalah salah satu contoh

pemakaian parameter ini di dalam desain struktur tahan gempa. Nilai perpindahan setiap tingkat akan cenderung meningkat sejalan dengan ketinggian gedung . Simpangan horisontal arah x dan y yang terjadi pada struktur dinding geser berpasangan ditunjukkan pada Gambar 6.1 dan 6.2 sebagai berikut.



Gambar 6.1 Simpangan horisontal arah X.



Gambar 6.2 Simpangan horisontal arah Y.

Dari Gambar 6.1 dapat dilihat simpangan yang terjadi pada tiap-tiap as berbentuk cembung, hal ini menunjukkan struktur pada arah X masih didominasi oleh *frame*. Pada Gambar 6.2 terlihat bahwa simpangan pada tiap-tiap as mempunyai perilaku yang berbeda-beda. Pada as A, C dan as E berbentuk cekung sesuai dengan perilaku dasar dinding geser itu sendiri, yaitu simpangan pada tingkat bawah cenderung kecil dibandingkan dengan tingkat atas. Sedangkan pada as B dan as D simpangan berbentuk cembung. Jika dibandingkan simpangan arah X dan arah Y, simpangan yang terjadi pada arah X lebih besar daripada arah Y, hal ini disebabkan oleh inersia pada arah Y lebih besar daripada arah X. Dengan demikian tinjauan struktur pada arah Y lebih stabil. Data simpangan dapat dilihat pada lampiran 8.

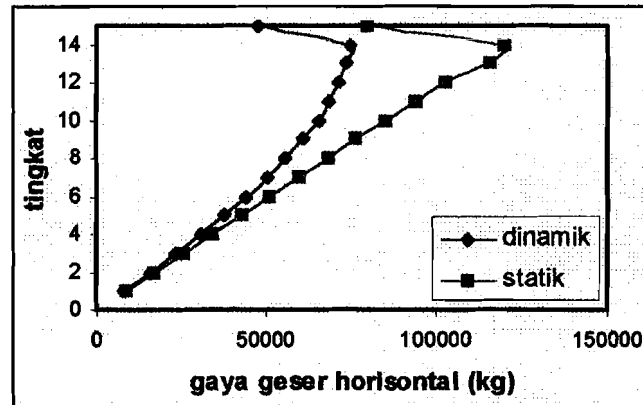
### **6.3 Gaya Geser Horisontal**

Gaya geser horisontal akibat gempa merupakan salah satu parameter penting dalam pembebanan. Sangat tidak efisien apabila suatu struktur direncanakan untuk menahan beban gempa yang sangat besar. Dalam penentuan beban gempa rencana harus realistis, agar didapatkan struktur yang memenuhi persyaratan keamanan dan ekonomis. Gaya geser horisontal akibat gempa dengan metode dinamik dan metode statik ekuivalen terdapat pada Tabel 6.2 sebagai berikut ini,

**Tabel 6.1** Gaya Geser Horisontal akibat gempa dengan metode dinamik dan statik ekuivalen

TINGKAT	METODE DINAMIK			METODE STATIK EKIVALEN		
	Fi (kg)	FiX (kg)	FiY (kg)	Fi (kg)	FiX (kg)	FiY (kg)
15	47416	11854	9483,2	80360,824	20090,206	16072,165
14	75186	18796,5	15037,2	119738,508	29934,627	23947,701
13	73863	18465,75	14772,6	115462,132	28865,533	23092,426
12	71752	17938	14350,4	102633,004	25658,251	20526,601
11	68872	17218	13774,4	94080,256	23520,064	18816,051
10	65872	16468	13174,4	85527,504	21381,876	17105,501
9	60895	15223,75	12179	76974,756	19243,689	15394,951
8	55925	13981,25	11185	68422,004	17105,501	13684,401
7	50316	12579	10063,2	59869,252	14967,313	11973,851
6	44194	11048,5	8838,8	51316,504	12829,126	10263,301
5	37582	9395,5	7516,4	42763,752	10690,938	8552,7505
4	30565	7641,25	6113	34211,002	8552,7505	6842,2004
3	23206	5801,5	4641,2	25658,2516	6414,5629	5131,6503
2	15613	3903,25	3122,6	17105,5008	4276,3752	3421,1002
1	7849	1962,25	1569,8	8552,7504	2138,1876	1710,5501

Beban gempa dengan cara statik ekuivalen ternyata lebih besar daripada beban gempa dengan cara analisis dinamik. Pada tingkat atas perbedaan gaya geser horisontal mencapai 40%, kemudian cenderung menurun pada tingkat bawah. Pada lantai pertama, perbedaannya 8%. Perbedaan kedua cara tersebut rata-rata berkisar 20%. Dengan beban gempa yang realistik maka gaya-gaya yang ada pada struktur akan lebih kecil, dengan demikian dimensi elemen-elemen struktur akan lebih kecil pula.



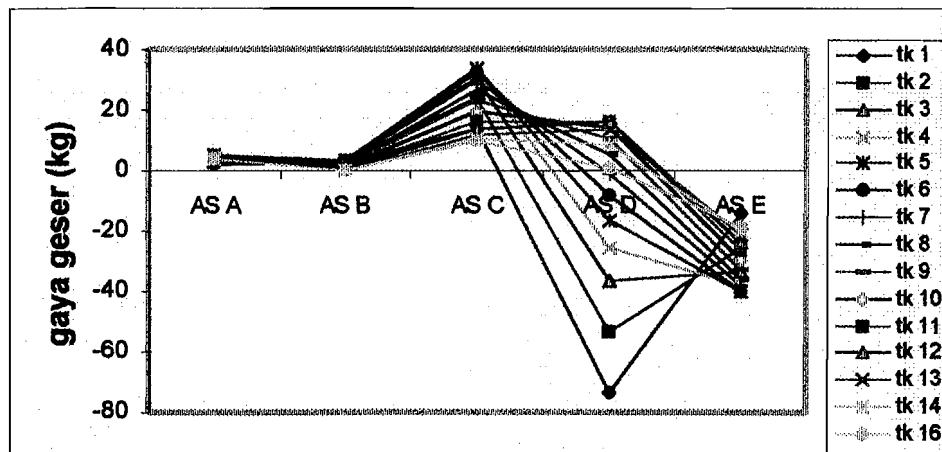
**Gambar 6.3** Gaya geser horisontal akibat gempa dengan metode statik dan metode dinamik

Dari gambar 6.3 dapat dilihat perbedaan metode statik dan dinamik. Pada metode dinamik penambahan gaya geser horisontal cenderung linier, sedangkan pada metode dinamik tidak linier. Hal ini disebabkan gaya geser horisontal dengan metode dinamik selain dipengaruhi massa lantai oleh *mode shape*-nya. Sedangkan pada metode statik hanya dipengaruhi oleh massa lantai tanpa memperhitungkan *mode shape*-nya.

Perhitungan gaya geser horisontal akibat gempa dengan metode statik ekuivalen terdapat pada lampiran 4.

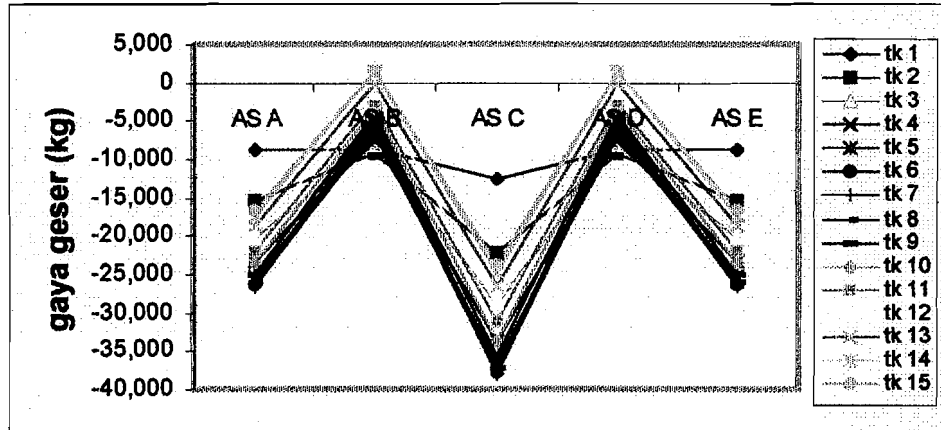
#### 6.4 Geser pada Balok

Dari Gambar 6.4 dapat dilihat, akibat kombinasi beban ke-3 (100% gempa arah X dan 30% gempa arah Y), jika dibandingkan untuk setiap tingkat, maka pada balok-balok tingkat pertama mengalami gaya geser terbesar, kemudian terjadi penurunan pada balok pada tingkat-tingkat di atasnya.



Gambar 6.4 Gaya geser pada balok akibat kombinasi pembebanan 3

Pada Gambar 6.5 dapat dilihat, akibat kombinasi pembebanan ke-4 (100% gempa arah Y dan 30% gempa arah X), maka jika dibandingkan untuk setiap tingkatnya, gaya geser pada balok tingkat ke-1 sampai tingkat ke-9 cenderung meningkat dan gaya geser balok terbesar terjadi pada tingkat ke-9, kemudian pada tingkat ke-10 gaya geser balok cenderung turun.



**Gambar 6.5** Gaya geser pada balok akibat gempa arah Y

Dari Gambar 6.4 dan dan 6.5 dapat dilihat bahwa gaya geser terbesar terjadi pada balok kopel, hal ini terjadi karena adanya penyaluran gaya geser dari dinding yang satu ke dinding lainnya. Oleh sebab itu pada balok kopel perlu adanya pendetailan penulangan agar tidak terjadi rusak akibat geser.

Garis-garis yang menghubungkan titik-titik pada Gambar 6.4 dan 6.5 bukan merupakan fungsi numeris, tetapi hanya sebagai garis penghubung untuk memperjelas perbedaan nilai-nilai gaya geser.

Tabel gaya geser balok terdapat pada lampiran 7.

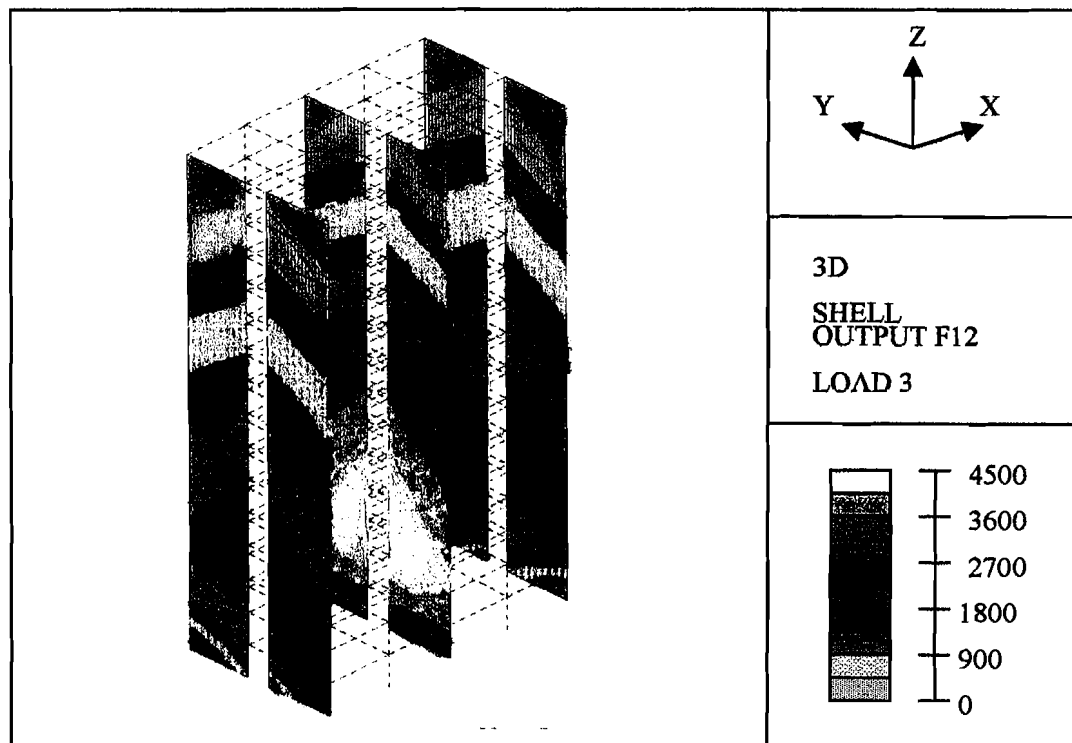
### 6.5 Tegangan Pada Dinding

Pada analisis tugas akhir ini, dinding geser dimodelkan dengan diskritisasi, sehingga dapat diketahui tegangan-tegangan yang terjadi pada dinding selama beban-

beban bekerja. Tegangan pada dinding terbagi atas tegangan geser dan tegangan aksial yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

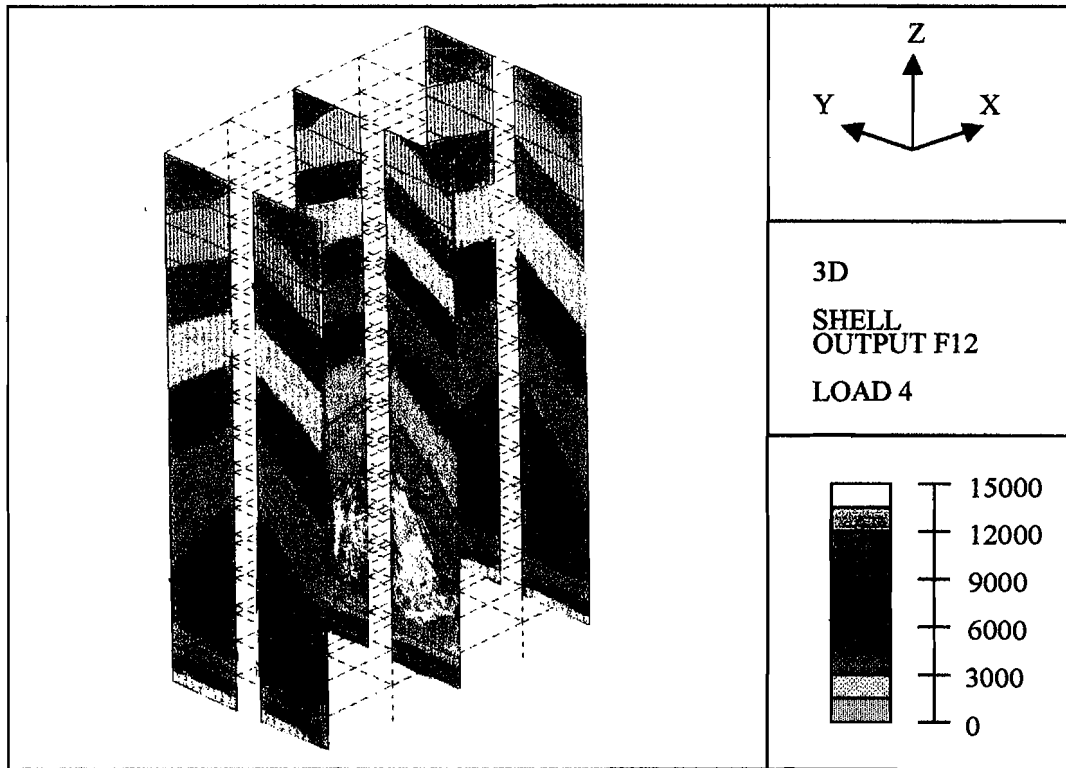
### 6.5.1 Tegangan Geser

Tegangan geser pada kombinasi pembebanan 3 dan 4 mempunyai pola yang sama. Tegangan yang terjadi pada dinding adalah tegangan tarik, hal ini disebabkan oleh arah gerakan beban gempa yang menuju arah positif. Tegangan geser terbesar terjadi pada as B, karena as B memikul beban lebih besar, daripada as A dan as E. Pola kontur tegangan dapat dilihat pada Gambar 6.6 dan Gambar 6.7 berikut ini.



**Gambar 6.6** Tegangan geser akibat kondisi pembebanan 3

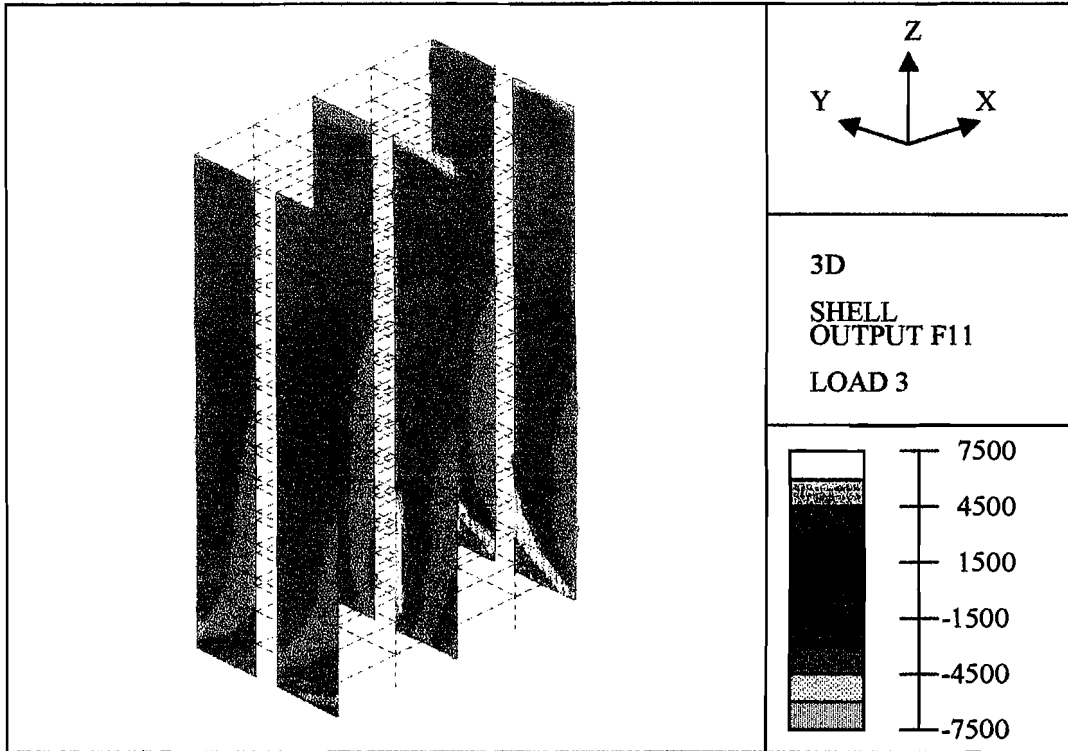




**Gambar 6.7** Kontur tegangan geser akibat kondisi pembebanan 4

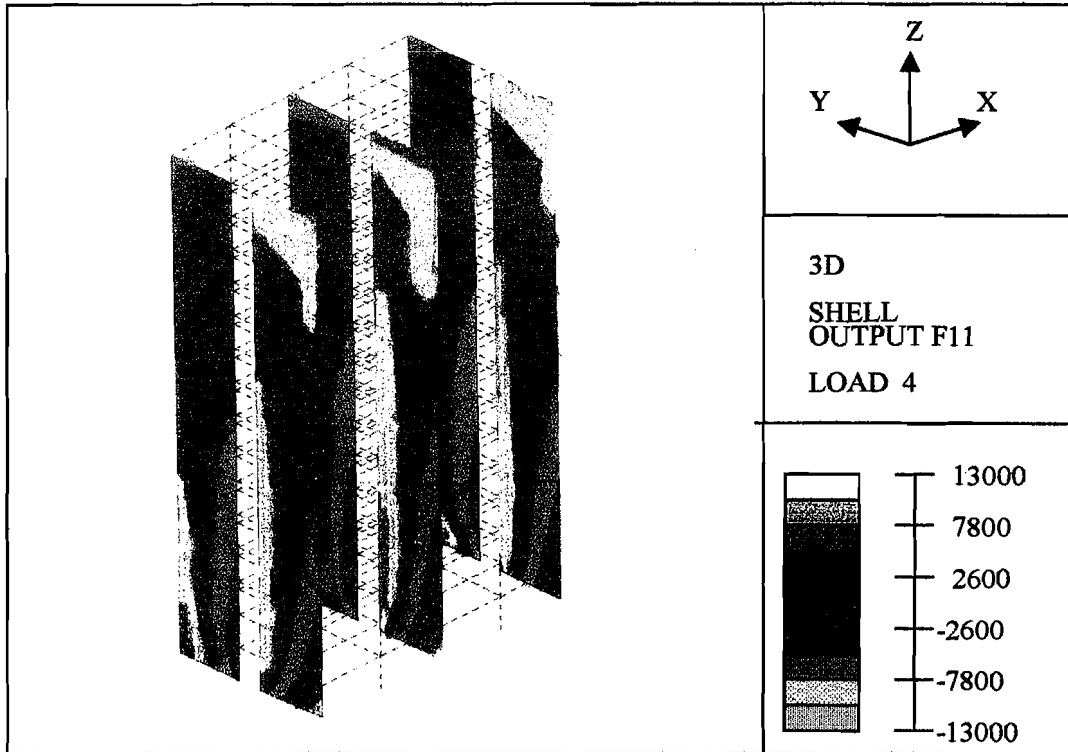
### 6.5.2 Tegangan Aksial

Dari Gambar 6.8 dapat dilihat umumnya dinding mengalami tegangan tekan disebabkan oleh gaya horisontal arah X dan Y bekerja secara bersama-sama. Karena inersia pada arah X lebih kecil, sehingga gaya horisontal dari arah Y mendesak dinding. Pada tingkat-tingkat bawah untuk as A dan C, dinding mengalami tegangan tarik karena adanya pengekangan pada pondasi. Sedangkan pada as E, pondasi mengalami tekan karena gaya horisontal arah X bekerja pada as A.



**Gambar 6.8** Kontur tegangan aksial akibat kondisi pembebanan 3

Gambar 6.9 pola kontur sama dengan akibat kondisi pembebanan 3, perbedaannya adalah pada tingkat atas dinding mengalami tekan yang lebih besar pada tempat-tempat gaya geser terbesar bekerja.



**Gambar 6.9** Tegangan aksial akibat kondisi pembebanan 4

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut ini.

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan uraian dari bab-bab terdahulu dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Metode analisis dinamik merupakan salah satu cara analisis untuk mendapatkan gaya gempa yang bekerja pada struktur disamping metode lain yang telah umum diketahui saat ini yaitu metode statik ekuivalen. Perbedaan kedua cara tersebut adalah 20%.
2. Untuk gedung dengan ketinggian diatas 40 m seperti yang disebutkan dalam Pedoman Perencanaan Ketahanan Untuk Rumah dan Gedung 1987, analisis bebannya harus sudah memakai beban dinamik. Hal ini dikarenakan jika digunakan metode statik ekuivalen gaya gempa dan perpindahan yang dihasilkan akan sangat besar, sehingga menjadi tidak efisien lagi.
3. Pemakaian dinding geser pada struktur gedung bertingkat banyak memberikan nilai kekakuan struktur yang amat besar, sehingga daya tahan struktur terhadap gaya horisontal juga semakin besar.

4. Hasil analisis menunjukkan simpangan struktur pada arah X berbentuk cembung, hal ini menunjukkan struktur didominasi oleh *frame*. Sedangkan simpangan pada arah Y menunjukkan perilaku masing-masing as, pada as yang menggunakan dinding geser simpangannya berbentuk cekung dan pada as tanpa dinding geser simpangan berbentuk cembung. Simpangan terbesar secara keseluruhan terjadi pada arah X, hal ini disebabkan oleh inersia pada arah X lebih kecil daripada arah Y.
5. Gaya geser yang terjadi lebih didominasi oleh beban gempa dibandingkan dengan beban gravitasi. Gaya geser terbesar terjadi ujung-ujung balok kopel (balok hubung).
6. Kontur tegangan untuk pola pembebanan 3 dan 4 mempunyai pola yang sama.

## 7.2 Saran

Melihat hasil-hasil analisis dan kesimpulan di atas, maka perlu dipertimbangkan beberapa hal berikut ini.

1. Untuk membatasi simpangan yang terjadi pada struktur, pemakaian dinding geser kopel perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, hal ini dikarenakan struktur dinding geser dapat meningkatkan kekakuan struktur.
2. Dalam tugas akhir ini, hanya memakai respon spektra, sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beban gempa sesungguhnya (*time history*).

3. Perlu adanya kelanjutan penelitian tentang disain penulangan dinding geser kopel, terutama pada penulangan balok kopel.
4. Diperlukan adanya perbandingan dalam pemakaian struktur dengan memakai dinding geser kopel dan dinding geser biasa.
5. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang dinding geser kopel pada struktur asimetris.
6. Perlu diadakan penelitian tentang pengaruh perbatasan pada struktur yang memakai dinding geser kopel.
7. Perlu di adakan penelitian lebih lanjut mengenai variasi dimensi balok kopel untuk mengetahui dimensi balok kopel yang efektif dalam penyaluran gaya geser dari dinding yang satu ke dinding yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, 1989, **Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung**, SNI-1726-1989-F, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Challal, O. and Ghlamallah, N. 1996, *Seismic Response Of Flexibility Supported Coupled Shear Walls*. J.Struct.Engrg.,ASCE,1197-1197.
- Challal, O.,1996, *Classification Methodology For Coupled Shear Walls*.J.Struct.Engrg.,ASCE,1453-1458.
- Paulay, T., and Priestly, M.J.N.,1992. *Seismic Design Of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Jhon Wiley and sons, Inc., New York. N.Y.
- Paulay, T., and Priestly, M.J.N.,1975. *Reinforced Concrete Structures*. Jhon Wiley and sons, Inc., New York. N.Y.
- Paz, M, 1987, **Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan**, (Terjemahan), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Setioningsih, R,1987, **Analisa Dinamik Pada Struktur Gedung Bertingkat**, Seminar Regional Sehari Antar Perguruan Tinggi Swasta Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1997, **Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Widodo, 1997, **Pengantar Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Widodo, 1998, **Pengantar Analisa Dinamika Struktur**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Maliki A.K., Soekrisno R., 1997, **Analisis Struktur dengan SAP90**, Jilid 1-2, Andi Offset, Yogyakarta.

Buldan H., Wahyudi E., 1994, **Tugas Akhir Studi Pustaka Analisis Dinamik pada Gedung Bertingkat Banyak**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Haryono, Husnadi, 1995, **Tugas Akhir Studi Komparatif Pemakaian Struktur Dinding Geser pada Gedung Hotel Melia Purosani Yogyakarta**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Hartanto R., Subandi L., 2000, **Tugas Akhir Desain Struktur Frame-Wall Ductile dengan Memperhitungkan Kekakuan Balok Pondasi**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.



Praktikum 102  
TA 3, 11



**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.	TYA FATIANA	95 310 030		TSS
2.	SRI NURHAYATI	95 310 290		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : **ANALISIS DINAMIK COUPLED SHEAR WALL**

Dosen Pembimbing I : **IR.H. MOCH. TEGUH, MSCE**  
Dosen Pembimbing II : **IR.H. ILMAN NOOR, MSCE**

1

2

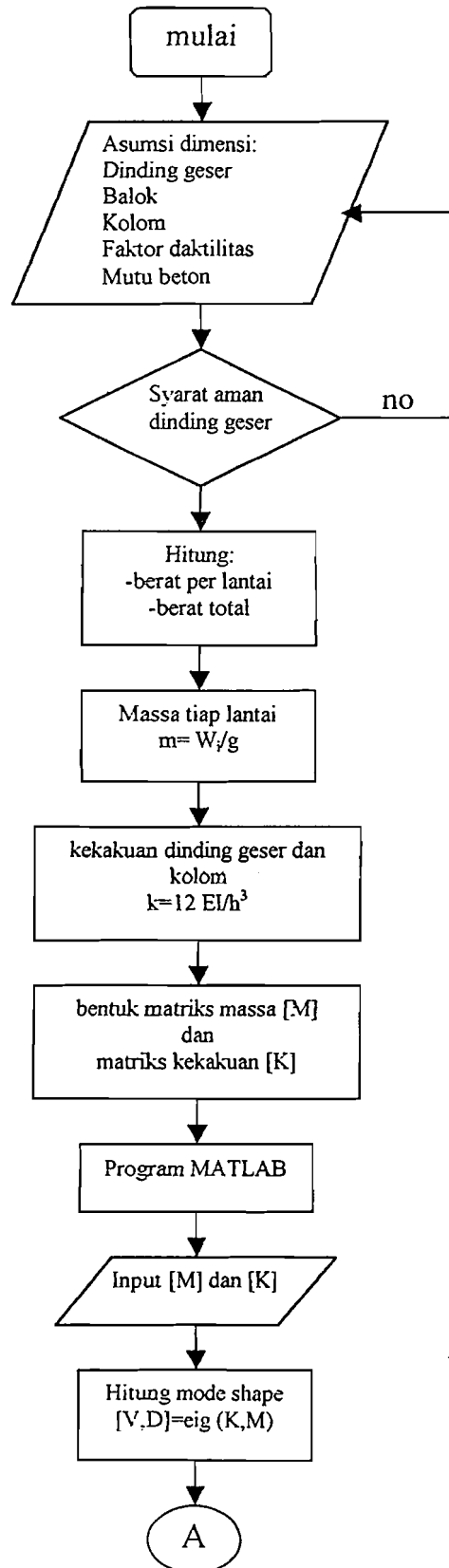


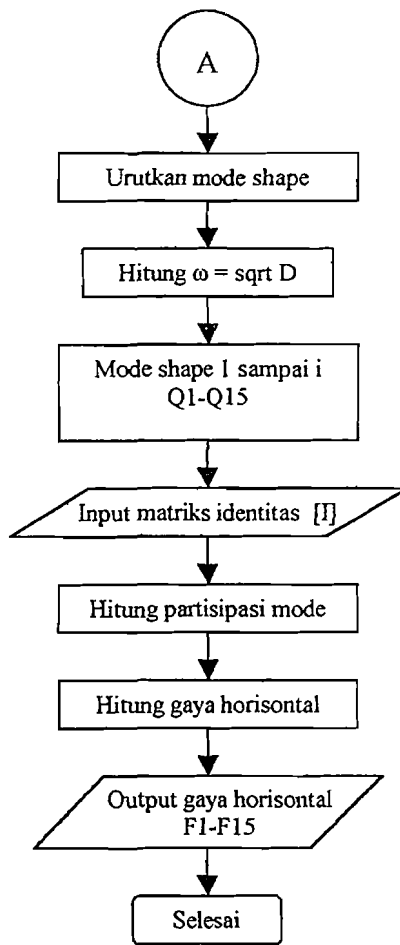
Yogyakarta, 30 Des. 1999  
An Dekan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,  
**IR. H.T ADJUDDIN BM ARIS, MS**

# LAMPIRAN

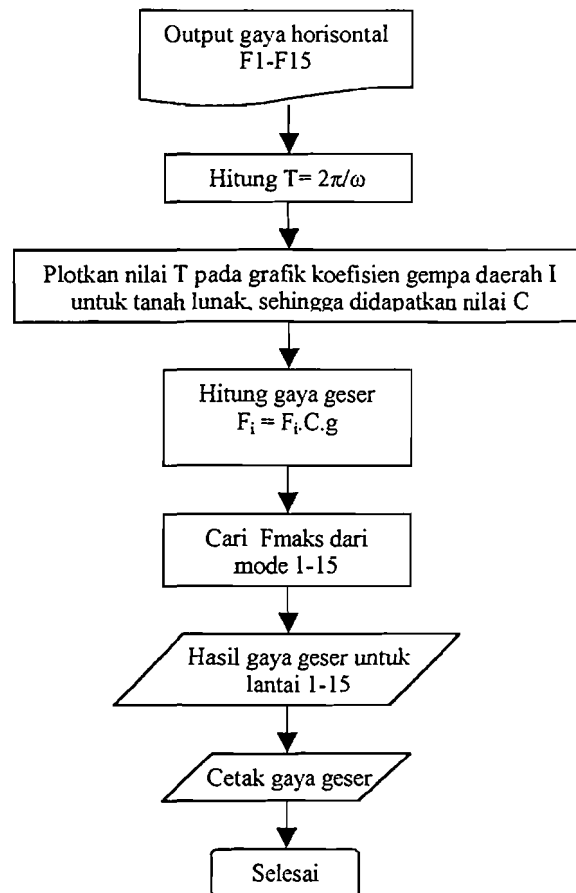
## Diagram Alir Tahapan Analisis

Flow chart Perhitungan gaya horisontal

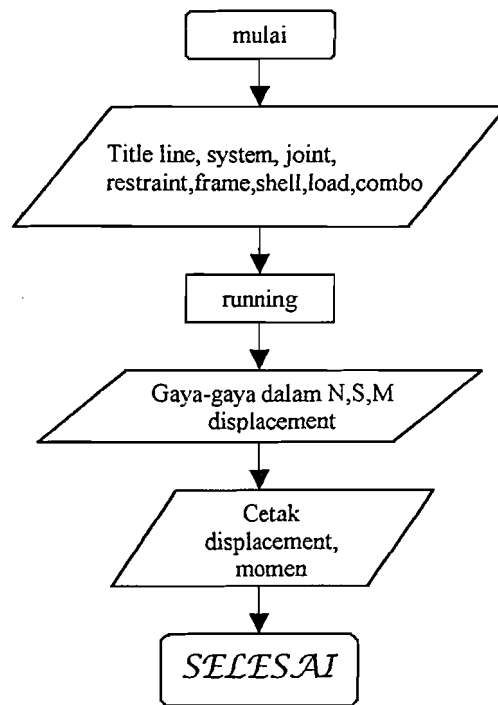




## Flow chart olah data



Flow chart program SAP90



3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;-1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 ;0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0  
 0 0 0;0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10  
 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 -1.6E10  
 E10 -1.6E10 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0  
 1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0 0 0;0 0 0 0  
 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10 0;0  
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1.6E10 3.2E10 -1.6E10;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1.6E10 1.6E10]

: kekakuan dinding geser

1.0e+010 \*

columns 1 through 7

3.2000	-1.6000	0	0	0	0	0
-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0	0	0
0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0	0
0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0
0	0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0
0	0	0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000
0	0	0	0	0	-1.6000	3.2000
0	0	0	0	0	0	-1.6000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	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 14

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1.6000	0	0	0	0	0	0
3.2000	-1.6000	0	0	0	0	0
-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0	0	0
0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0	0
0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0	0
0	0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000	0

0	0	0	0	-1.6000	3.2000	-1.6000
0	0	0	0	0	-1.6000	3.2000
0	0	0	0	0	0	-1.6000

column 15

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

-1.6000  
1.6000

[63069.32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 63069.32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0  
069.32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 63069.32  
0 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0  
0 0;0 0 0 0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0  
0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 63069.32 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
069.32 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 63069.32 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 63069.32  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 39506.2]

= massa struktur

1.0e+004 \*

columns 1 through 7

6.3069	0	0	0	0	0	0
0	6.3069	0	0	0	0	0
0	0	6.3069	0	0	0	0
0	0	0	6.3069	0	0	0
0	0	0	0	6.3069	0	0
0	0	0	0	0	6.3069	0
0	0	0	0	0	0	6.3069
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0





0  
0  
0

3.9506

V,D]=eig(K,M)

mode shape

Columns 1 through 7

0.0637	0.1275	0.1891	-0.2448	-0.2914	-0.3262	-0.3476
-0.1252	-0.2372	-0.3181	0.3514	0.3283	0.2509	0.1310
0.1823	0.3138	0.3463	-0.2596	-0.0787	0.1333	0.2982
-0.2332	-0.3465	-0.2646	0.0213	-0.2397	-0.3534	-0.2435
0.2761	0.3309	0.0989	0.2290	0.3488	0.1385	-0.2064
-0.3094	-0.2691	0.0981	-0.3501	-0.1534	0.2469	0.3213
0.3321	0.1697	-0.2640	0.2736	-0.1760	-0.3284	0.0852
-0.3434	-0.0466	0.3462	-0.0426	0.3517	0.0057	-0.3534
0.3428	-0.0830	-0.3185	-0.2124	-0.2203	0.3240	0.0480
-0.3304	0.2010	0.1897	0.3475	-0.1034	-0.2549	0.3353
0.3066	-0.2910	-0.0008	-0.2865	0.3368	-0.1280	-0.1744
-0.2722	0.3403	-0.1884	0.0637	-0.2762	0.3533	-0.2695
0.2285	-0.3421	0.3178	0.1950	-0.0256	-0.1438	0.2760
-0.1769	0.2961	-0.3464	-0.3436	0.3050	-0.2427	0.1655
0.1192	-0.2088	0.2651	0.2983	-0.3181	0.3305	-0.3384

Columns 8 through 14

0.3542	0.3457	0.3224	0.2852	0.0368	-0.1088	0.1761
0.0115	0.1527	0.2686	0.3392	0.0732	-0.2071	0.3058
-0.3538	-0.2782	-0.0987	0.1181	0.1088	-0.2855	0.3549
-0.0230	-0.2757	-0.3508	-0.1987	0.1432	-0.3364	0.3105
0.3531	0.1565	-0.1935	-0.3544	0.1761	-0.3549	0.1843
0.0345	0.3448	0.1896	-0.2228	0.2071	-0.3393	0.0095
-0.3520	-0.0042	0.3514	0.0895	0.2359	-0.2910	-0.1678
-0.0459	-0.3466	0.1032	0.3292	0.2621	-0.2147	-0.3008
0.3505	-0.1490	-0.2655	0.3020	0.2855	-0.1177	-0.3546
0.0573	0.2808	-0.3243	0.0299	0.3058	-0.0094	-0.3150
-0.3486	0.2730	-0.0047	-0.2664	0.3229	0.0998	-0.1923
-0.0686	-0.1602	0.3204	-0.3468	0.3364	0.1994	-0.0190





:sqrt(D)

frekuensi angular

0e+003 \*

Columns 1 through 7

1.0030	0	0	0	0	0	0
0	0.9896	0	0	0	0	0
0	0	0.9666	0	0	0	0
0	0	0	0.9336	0	0	0
0	0	0	0	0.8907	0	0
0	0	0	0	0	0.8381	0
0	0	0	0	0	0	0.7765
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	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 14

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0.7065	0	0	0	0	0	0
0	0.6287	0	0	0	0	0
0	0	0.5441	0	0	0	0
0	0	0	0.4535	0	0	0
0	0	0	0	0.0523	0	0
0	0	0	0	0	0.1563	0
0	0	0	0	0	0	0.2585
0	0	0	0	0	0	0

Column 15

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

0.3580

= [.0368; .0732; .1088; .1433; .1762; .2072; .2359; .2622; .2855; .3059; .3229; .3364; .3463; .3523549]

= mode shape ke-1

0.0368  
0.0732  
0.1088  
0.1433  
0.1762  
0.2072  
0.2359  
0.2622  
0.2855  
0.3059  
0.3229  
0.3364  
0.3463  
0.3525  
0.3549

!=[-.1088; -.2071; -.2855; -.3364; -.3548; -.3391; -.2907; -.2142; -.1172; -.08; .1044; .1999; .2802; .3335; .3546]

mode shape ke-2

0.1088

0.2071

0.2855

0.3364

0.3548

0.3391

-0.2907

-0.2142

-0.1172

-0.0088

0.1044

0.1999

0.2802

0.3335

0.3546

Q3=[.1761;.3058;.3548;.3102;.1838;.0089;-.1683;-.3102;-.3546;-.3145;-.1914;-  
179;.1604;.2963;.3541]

= mode shape ke-3

0.1761

0.3058

0.3548

0.3102

0.1838

0.0089

-0.1683

-0.3102

-0.3546

-0.3145

-0.1914

-0.0179

0.1604

0.2963

0.3541

Q4=[-.2358;-.3523;-.2907;-.0821;.1681;.3332;.3299;.1597;-.0913;-.2960;-.3511;-  
286;.0095;.2428;.3533]

= mode shape ke-4

1.2358  
1.3523  
1.2907  
1.0821  
1.1681  
0.3332  
0.3299  
0.1597  
-0.0913  
-0.2960  
-0.3511  
-0.2286  
0.0095  
0.2428  
0.3533

5=[.2853;.3390;.1176;-.1993;-.3544;-.2219;.0907;.3297;.3011;.0281;-.2677;-.3462;-.1438;.1754;.3522]

= mode shape ke-5

0.2853  
0.3390  
0.1176  
-0.1993  
-0.3544  
-0.2219  
0.0907  
0.3297  
0.3011  
0.0281  
-0.2677  
-0.3462  
-0.1438  
0.1754  
0.3522

6=[.3224;.2682;-.0993;-.3508;-.1925;.1907;.3511;.1014;-.2668;-.3233;-.022;.3215;.2696;-.0972;-.3505]

= mode shape ke-6

0.3224



0.2682  
-0.0993  
-0.3508  
-0.1925  
0.1907  
0.3511  
0.1014  
-0.2668  
-0.3233  
-0.0022  
0.3215  
0.2696  
-0.0972  
-0.3505

Q7=[.3457;.1522;-.2787;-.2749;.1577;.3443;-.0061;-.3470;-.1466;.2824;.2710;-.1631;-428;.0122;.3482]

= mode shape ke-7

0.3457  
0.1522  
-0.2787  
-0.2749  
0.1577  
0.3443  
-0.0061  
-0.3470  
-0.1466  
0.2824  
0.2710  
-0.1631  
-0.3428  
0.0122  
0.3482

Q8=[.3541;.0108;-.3538;-.0217;.3531;.0325;-.3521;-.0432;.3508;.0540;-.3492;-647;.3472;.0753;-.3449]

= mode shape ke-8

0.3541  
0.0108  
-0.3538

-0.0217  
0.3531  
0.0325  
-0.3521  
-0.0432  
0.3508  
0.0540  
-0.3492  
-0.0647  
0.3472  
0.0753  
-0.3449

Q9=[-.3474;.1318;.2974;-.2446;-.2047;.3222;.0825;-.3535;.0516;.3339;-.1782;-  
663;.2792;.1604;-.3401]

= mode shape ke-9

-0.3474  
0.1318  
0.2974  
-0.2446  
-0.2047  
0.3222  
0.0825  
-0.3535  
0.0516  
0.3339  
-0.1782  
-0.2663  
0.2792  
0.1604  
-0.3401

Q10=[-.3260;.2515;.1319;-.3533;.1407;.2448;-.3295;.0095;.3222;-.2581;-.1231;.3530;-  
494;-.2378;.3328]

0 = mode shape ke-10

-0.3260  
0.2515  
0.1319  
-0.3533

0.1407  
0.2448  
-0.3295  
0.0095  
0.3222  
-0.2581  
-0.1231  
0.3530  
-0.1494  
-0.2378  
0.3328

$\phi_{11} = [-.2910; .3287; -.0803; -.2380; .3491; -.1563; -.1726; .3512; -.2241; -.0980; .3349; -.302; -.0184; .3010; -.3216]$

$\phi = \text{mode shape ke-11}$

-0.2910  
0.3287  
-0.0803  
-0.2380  
0.3491  
-0.1563  
-0.1726  
0.3512  
-0.2241  
-0.0980  
0.3349  
-0.2802  
-0.0184  
0.3010  
-0.3216

$\phi_{12} = [-.2442; .3512; -.2608; .0239; .2265; -.3496; .2762; -.0476; -.2077; .3464; -.303; .0711; .1880; -.3415; .3031]$

$\phi = \text{mode shape ke-12}$

-0.2442  
0.3512  
-0.2608  
0.0239  
0.2265

-0.3496  
0.2762  
-0.0476  
-0.2077  
0.3464  
-0.2903  
0.0711  
0.1880  
-0.3415  
0.3031

Q13=[.1883;-.3173;.3463;-.2662;.1021;.0941;-.2607;.3451;-.3207;.1953;-.0083;-  
313;.3137;-.3437;.2715]

3 = mode shape ke-13

0.1883  
-0.3173  
0.3463  
-0.2662  
0.1021  
0.0941  
-0.2607  
0.3451  
-0.3207  
0.1953  
-0.0083  
-0.1813  
0.3137  
-0.3437  
0.2715

Q14=[.1267;-.2359;.3124;-.3458;.3314;-.2711;.1734;-.0517;-.0771;.1953;-.2865;.3381;-  
429;.3003;-.2163]

4 = mode shape ke-14

0.1267  
-0.2359  
0.3124  
-0.3458  
0.3314  
-0.2711

0.1734  
-0.0517  
-0.0771  
0.1953  
-0.2865  
0.3381  
-0.3429  
0.3003  
-0.2163

015=[.0631;-.1240;.1807;-.2313;.2740;-.3074;.3303;-.3420;.3421;-.3306;.3078;-  
746;.2320;-.1815;.1249]

5 = mode shape ke-15

0.0631  
-0.1240  
0.1807  
-0.2313  
0.2740  
-0.3074  
0.3303  
-0.3420  
0.3421  
-0.3306  
0.3078  
-0.2746  
0.2320  
-0.1815  
0.1249

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

= matriks identitas

1  
1  
1  
1  
1  
1  
1  
1  
1

1  
1  
1  
1  
1  
1  
1

$$r = \left[ \begin{array}{cccccccc} (Q1' * M * I) / (Q1' * M * Q1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (Q2' * M * I) / (Q2' * M * Q2) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (Q3' * M * I) / (Q3' * M * Q3) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (Q4' * M * I) / (Q4' * M * Q4) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (Q5' * M * I) / (Q5' * M * Q5) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q6' * M * I) / (Q6' * M * Q6) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q7' * M * I) / (Q7' * M * Q7) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q8' * M * I) / (Q8' * M * Q8) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q9' * M * I) / (Q9' * M * Q9) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q10' * M * I) / (Q10' * M * Q10) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q11' * M * I) / (Q11' * M * Q11) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q12' * M * I) / (Q12' * M * Q12) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q13' * M * I) / (Q13' * M * Q13) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q14' * M * I) / (Q14' * M * Q14) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (Q15' * M * I) / (Q15' * M * Q15) \end{array} \right]$$

= partisipasi mode

Columns 1 through 7

3.5837	0	0	0	0	0	0
0	-1.1768	0	0	0	0	0
0	0	0.6897	0	0	0	0
0	0	0	-0.4861	0	0	0
0	0	0	0	0.3714	0	0
0	0	0	0	0	0.2864	0
0	0	0	0	0	0	0.2351
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	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 14

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

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0.1853	0	0	0	0	0	0
0	-0.1555	0	0	0	0	0
0	0	-0.1201	0	0	0	0
0	0	0	-0.0993	0	0	0
0	0	0	0	-0.0710	0	0
0	0	0	0	0	0.0585	0
0	0	0	0	0	0	0.0317
0	0	0	0	0	0	0

Column 15

0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0.0169

$$F1 = M * Q1 * 3.5837 * 0.083 * 9.81$$

= gaya geser horisontal mode ke-1 (awal)

1.0e+004 \*

- 0.6772
- 1.3471
- 2.0023
- 2.6372
- 3.2427

3.8132

4.3414

4.8254

5.2542

5.6296

5.9424

6.1909

6.3731

6.4872

4.0912

$$=M*Q1*3.5837*0.09648*9.81$$

= gaya geser horisontal mode ke-1(F terpakai)

1.0e+004 \*

0.7872

1.5659

2.3275

3.0655

3.7693

4.4325

5.0464

5.6090

6.1075

6.5439

6.9076

7.1963

7.4081

7.5408

4.7556

$$=M*Q1*3.5837*0.096196*9.81$$

= gaya geser horisontal mode ke-1(akhir)

1.0e+004 \*

0.7849

1.5613

2.3206

3.0565

3.7582

4.4194

5.0316

5.5925

6.0895

6.5246

6.8872

7.1752

7.3863

7.5186

4.7416



TINGKAT	W (kg)	simpangan antar tingkat (mm)	simp tingkat d	d <sup>2</sup>	w*d <sup>2</sup>	Fi	Fi*d
15	387556	3,37	32,3486	1046,431922	405550969,9	16020	518224,572
14	618710	3.339	28,9786	839,759258	519567450,5	25402,5	736128,887
13	618710	3.276	25,6396	657,3890882	406733202,7	24957,5	639900,317
12	618710	3.175	22,3636	500,130605	309435806,6	24242,5	542149,573
11	618710	3.038	19,1886	368,20237	227810488,3	23270	446518,722
10	618710	2.665	16,1506	260,8418804	161385479,8	22037,5	355918,848
9	618710	2.658	13,4856	181,8614074	112519471,3	20573	277439,249
8	618710	2.421	10,8276	117,2369218	72535655,86	18890	204533,364
7	618710	2.155	8,4066	70,67092356	43724807,12	17000	142912,2
6	618710	1.865	6,2516	39,08250256	24180735,16	14925	93305,13
5	618710	1.553	4,3866	19,24225956	11905378,41	12690	55665,954
4	618710	1.223	2,8336	8,02928896	4967801,372	10320	29242,752
3	618710	0,8797	1,6106	2,59403236	1604953,761	5340	8600,604
2	618710	0.531	0,7309	0,53421481	330524,0451	5275	3855,4975
1	618710	0,1999	0,1999	0,03996001	24723,65779	2652,5	530,23475
					2302277449		4054925,9
							3,9779E+10
							0,24057631
						T- rayleigh	1,51563077
						c = 0.09648	

T awal = 0.007 detik

## ANALISIS DINAMIK PADA DINDING GESER BERPASANGAN 3 DIMENSI

C ENGINEER : TYA FATIANA &amp; SRI NURHAYATI

C SATUAN : KG-M

## SYSTEM

L=4 V=15

C 1 BEBAN MATI

C 2 BEBAN HIDUP

C GEMPA ARAH X

C GEMPA ARAH Y

## JOINT

## C AS A

1	X=0	Y=0	Z=0	
2	X=0	Y=7	Z=0	
61	X=0	Y=0	Z=60	
62	X=0	Y=7	Z=60	Q=1, 2, 61, 62, 1, 4
3	X=0	Y=9.5	Z=0	
4	X=0	Y=16.5	Z=0	
63	X=0	Y=9.5	Z=60	
64	X=0	Y=16.5	Z=60	Q=3, 4, 63, 64, 1, 4

## C AS B

65	X=7	Y=0	Z=0	
66	X=7	Y=7	Z=0	
125	X=7	Y=0	Z=60	
126	X=7	Y=7	Z=60	Q=65, 66, 125, 126, 1, 4
67	X=7	Y=9.5	Z=0	
68	X=7	Y=16.5	Z=0	
127	X=7	Y=9.5	Z=60	
128	X=7	Y=16.5	Z=60	Q=67, 68, 127, 128, 1, 4

## C AS C

129	X=14	Y=0	Z=0	
130	X=14	Y=7	Z=0	
189	X=14	Y=0	Z=60	
190	X=14	Y=7	Z=60	Q=129, 130, 189, 190, 1, 4
131	X=14	Y=9.5	Z=0	
132	X=14	Y=16.5	Z=0	
191	X=14	Y=9.5	Z=60	
192	X=14	Y=16.5	Z=60	Q=131, 132, 191, 192, 1, 4

## C AS D

193	X=21	Y=0	Z=0	
194		Y=7	Z=0	
253		Y=0	Z=60	
254		Y=7	Z=60	Q=193, 194, 253, 254, 1, 4
195		Y=9.5	Z=0	
196		Y=16.6	Z=0	
255		Y=9.5	Z=60	
256		Y=16.5	Z=60	Q=195, 196, 255, 256, 1, 4

## C AS E

257	X=28	Y=0	Z=0	
258		Y=7	Z=0	
317		Y=0	Z=60	
318		Y=7	Z=60	Q=257, 258, 317, 318, 1, 4
259		Y=9.5	Z=0	
260		Y=16.5	Z=0	
319		Y=9.5	Z=60	
320		Y=16.5	Z=60	Q=259, 260, 319, 320, 1, 4

## RESTRAINT

1 4 1 R=1, 1, 1, 1, 1, 1 :DUKUNGAN JEPIT AS A

65 68 1 R=1,1,1,1,1,1 :DUKUNGAN JEPIT AS B  
 129 132 1 R=1,1,1,1,1,1 :DUKUNGAN JEPIT AS C  
 193 196 1 R=1,1,1,1,1,1 :DUKUNGAN JEPIT AS D  
 257 260 1 R=1,1,1,1,1,1 :DUKUNGAN JEPIT AS E  
 5 64 1 R=0,0,0,0,0,0 :SHELL 3D  
 69 128 1 R=0,0,0,0,0,0 :FRAME AS B  
 133 192 1 R=0,0,0,0,0,0 :SHELL 3D  
 197 256 1 R=0,0,0,0,0,0 :FRAME AS D  
 261 320 1 R=0,0,0,0,0,0 :SHELL 3D

SHELL

NM=1 Z=-1  
 1 E=2.78E9 U=0.2 W=2400 M=2400/9.81

C IDENTIFIKASI ELEMEN

1 JQ=1,2,5,6 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15  
 16 JQ=3,4,7,8 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15  
 151 JQ=129,130,133,134 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15  
 166 JQ=131,132,135,136 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15  
 301 JQ=257,258,261,262 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15  
 316 JQ=259,260,263,264 ETYPE=1 M=1 TH=0.3 G=1,15

FRAME

NM=4 NL=24 Z=-1  
 1 SH=R T=0.75,0.30 E=2.78E9 : BALOK ARAH X DAN Y  
 2 SH=R T=0.70,0.60 E=2.78E9 : KOLOM  
 3 SH=R T=1,0.3 E=2.78E9 : BALOK KOPEL  
 4 SH=R T=7,0.30 E=2.78E9 : DINDING GESER

C IDENTIFIKASI BEBAN

C BEBAN LANTAI BALOK KOPEL AS A DAN AS E

1 WG=0,0,-730.076 : MATI  
 2 WG=0,0,-62.5125 : HIDUP

C BEBAN ATAP BALOK KOPEL AS A DAN AS E

3 WG=0,0,-575.055 : MATI  
 4 WG=0,0,-25.305 : HIDUP

C BEBAN LANTAI BALOK KOPEL AS C

5 WG=0,0,-1460.152 : MATI  
 6 WG=0,0,-125.025 : HIDUP

C BEBAN ATAP BALOK KOPEL AS C

7 WG=0,0,-1150.11 : MATI  
 8 WG=0,0,-50.61 : HIDUP

C BEBAN LANTAI BALOK AS B DAN AS D POLA I

9 WG=0,0,-2612.156 PLD=3.5,-6651.036,0 : MATI  
 10 WG=0,0,-350.025 PLD=3.5,-612.675,0 : HIDUP

C BEBAN ATAP BALOK AS B DAN D POLA I

11 WG=0,0,-1744.11 PLD=3.5,-5864.692,0 : MATI  
 12 WG=0,0,-140.01 PLD=3.5,-245.07,0 : HIDUP

C BEBAN LANTAI BALOK AS B DAN D POLA II

13 WG=0,0,-1280.152 : MATI  
 14 WG=0,0,-125.025 : HIDUP

C BEBAN ATAP BALOK AS B DAN D POLA II

15 WG=0,0,-970.11 : MATI  
 16 WG=0,0,-50.61 : HIDUP

C BEBAN LANTAI AS I DAN AS IV

17 WG=0,0,-1799.0 : MATI  
 18 WG=0,0,-43.75 : HIDUP

C BEBAN ATAP AS I DAN AS IV

19 WG=0,0,-690.5 : MATI  
 20 WG=0,0,-17.5 : HIDUP

C BEBAN LANTAI AS 2 DAN 3

21 WG=0,0,-1985 : MATI  
22 WG=0,0,-75 : HIDUP  
C BEBAN ATAP AS 2 DAN 3  
23 WG=0,0,-798 : MATI  
24 WG=0,0,-31 : HIDUP  
C IDENTIFIKASI ELEMEN  
C BALOK AS B  
106 69 70 G=13,1,4,4 NSL=9,10 M=1 LP=3  
136 71 72 G=13,1,4,4 NSL=9,10 M=1 LP=3  
121 70 71 G=13,1,4,4 NSL=13,14 M=1 LP=3  
120 125 126 NSL=11,12 M=1 LP=3  
150 127 128 NSL=11,12 M=1 LP=3  
135 126 127 NSL=15,16 M=1 LP=3  
C BALOK AS D  
256 197 198 G=13,1,4,4 NSL=9,10 M=1 LP=3  
286 199 200 G=13,1,4,4 NSL=9,10 M=1 LP=3  
271 198 199 G=13,1,4,4 NSL=13,14 M=1 LP=3  
270 253 254 NSL=11,12 M=1 LP=3  
300 255 256 NSL=11,12 M=1 LP=3  
285 254 255 NSL=15,16 M=1 LP=3  
C BALOK KOPEL AS A  
31 6 7 G=13,1,4,4 NSL=1,2 M=3 LP=3  
45 62 63 NSL=3,4 M=3 LP=3  
C BALOK KOPEL AS E  
331 262 263 G=13,1,4,4 NSL=1,2 M=3 LP=3  
345 318 319 NSL=3,4 M=3 LP=3  
C BALOK KOPEL AS C  
181 134 135 G=13,1,4,4 NSL=5,6 M=3 LP=3  
195 190 191 NSL=7,8 M=3 LP=3  
C BALOK AS I  
391 5 69 G=13,1,4,4 NSL=17,18 M=1 LP=2  
406 69 133 G=13,1,4,4 NSL=17,18 M=1 LP=2  
421 133 197 G=13,1,4,4 NSL=17,18 M=1 LP=2  
436 197 261 G=13,1,4,4 NSL=17,18 M=1 LP=2  
405 61 125 NSL=19,20 M=1 LP=2  
420 125 189 NSL=19,20 M=1 LP=2  
435 189 253 NSL=19,20 M=1 LP=2  
450 253 317 NSL=19,20 M=1 LP=2  
C BALOK AS II  
496 6 70 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
511 70 134 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
526 134 198 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
541 198 262 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
510 62 126 NSL=23,24 M=1 LP=2  
525 126 190 NSL=23,24 M=1 LP=2  
540 190 254 NSL=23,24 M=1 LP=2  
555 254 318 NSL=23,24 M=1 LP=2  
C BALOK AS III  
601 7 71 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
616 71 135 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
631 135 199 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
646 199 263 G=13,1,4,4 NSL=21,22 M=1 LP=2  
615 63 127 NSL=23,24 M=1 LP=2  
630 127 191 NSL=23,24 M=1 LP=2  
645 191 255 NSL=23,24 M=1 LP=2  
660 255 319 NSL=23,24 M=1 LP=2  
C BALOK AS IV

706 8 72	G=13,1,4,4	NSL=17,18	M=1	LP=2
721 72 136	G=13,1,4,4	NSL=17,18	M=1	LP=2
736 136 200	G=13,1,4,4	NSL=17,18	M=1	LP=2
751 200 264	G=13,1,4,4	NSL=17,18	M=1	LP=2
720 64 128		NSL=19,20	M=1	LP=2
735 128 192		NSL=19,20	M=1	LP=2
750 192 256		NSL=19,20	M=1	LP=2
765 256 320		NSL=19,20	M=1	LP=2

C IDENTIFIKASI ELEMEN KOLOM

C AS B

46 65 69	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
61 66 70	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
76 67 71	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
91 68 72	G=14,1,4,4	M=2	LP=3

C AS D

196 193 197	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
211 194 198	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
226 195 199	G=14,1,4,4	M=2	LP=3
241 196 200	G=14,1,4,4	M=2	LP=3

C AS I

346 1 5	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
361 129 133	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
376 257 261	G=14,1,4,4	M=4	LP=3

C AS II

451 2 6	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
466 130 134	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
481 258 262	G=14,1,4,4	M=4	LP=3

C AS III

556 3 7	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
571 131 135	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
586 259 263	G=14,1,4,4	M=4	LP=3

C AS IV

661 4 8	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
676 132 136	G=14,1,4,4	M=4	LP=3
691 260 264	G=14,1,4,4	M=4	LP=3

LOADS

C GEMPA ARAH X

5 8 1 L=3	F=1968,0,0
9 12 1 L=3	F=3914.75,0,0
13 16 1 L=3	F=5818.75,0,0
17 20 1 L=3	F=7663.75,0,0
21 24 1 L=3	F=9423.25,0,0
25 28 1 L=3	F=11081.25,0,0
29 32 1 L=3	F=12616,0,0
33 36 1 L=3	F=14022.5,0,0
37 40 1 L=3	F=15268.75,0,0
41 44 1 L=3	F=16359.75,0,0
45 48 1 L=3	F=17269,0,0
49 52 1 L=3	F=17990.75,0,0
53 56 1 L=3	F=18520.25,0,0
57 60 1 L=3	F=18852,0,0
61 64 1 L=3	F=11889,0,0

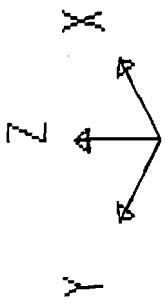
C GEMPA ARAH Y

5 261 64 L=4	F=0,1574.4,0
9 265 64 L=4	F=0,3131.8,0
13 269 64 L=4	F=0,4655,0
17 273 64 L=4	F=0,6131,0

21 277 64 L=4 F=0,7538.6,0  
25 281 64 L=4 F=0,8865,0  
29 285 64 L=4 F=0,10092.8,0  
33 289 64 L=4 F=0,11218,0  
37 293 64 L=4 F=0,12215.0,0  
41 297 64 L=4 F=0,13087.8,0  
45 301 64 L=4 F=0,13815.2,0  
49 305 64 L=4 F=0,14392.6,0  
53 309 64 L=4 F=0,14816.2,0  
57 313 64 L=4 F=0,15081,0  
61 317 64 L=4 F=0,9511.2,0

COMBO

1 C=1,0,0,0  
2 C=0,1,0,0  
3 C=0,0,1,0.3  
4 C=0,0,0.3,1



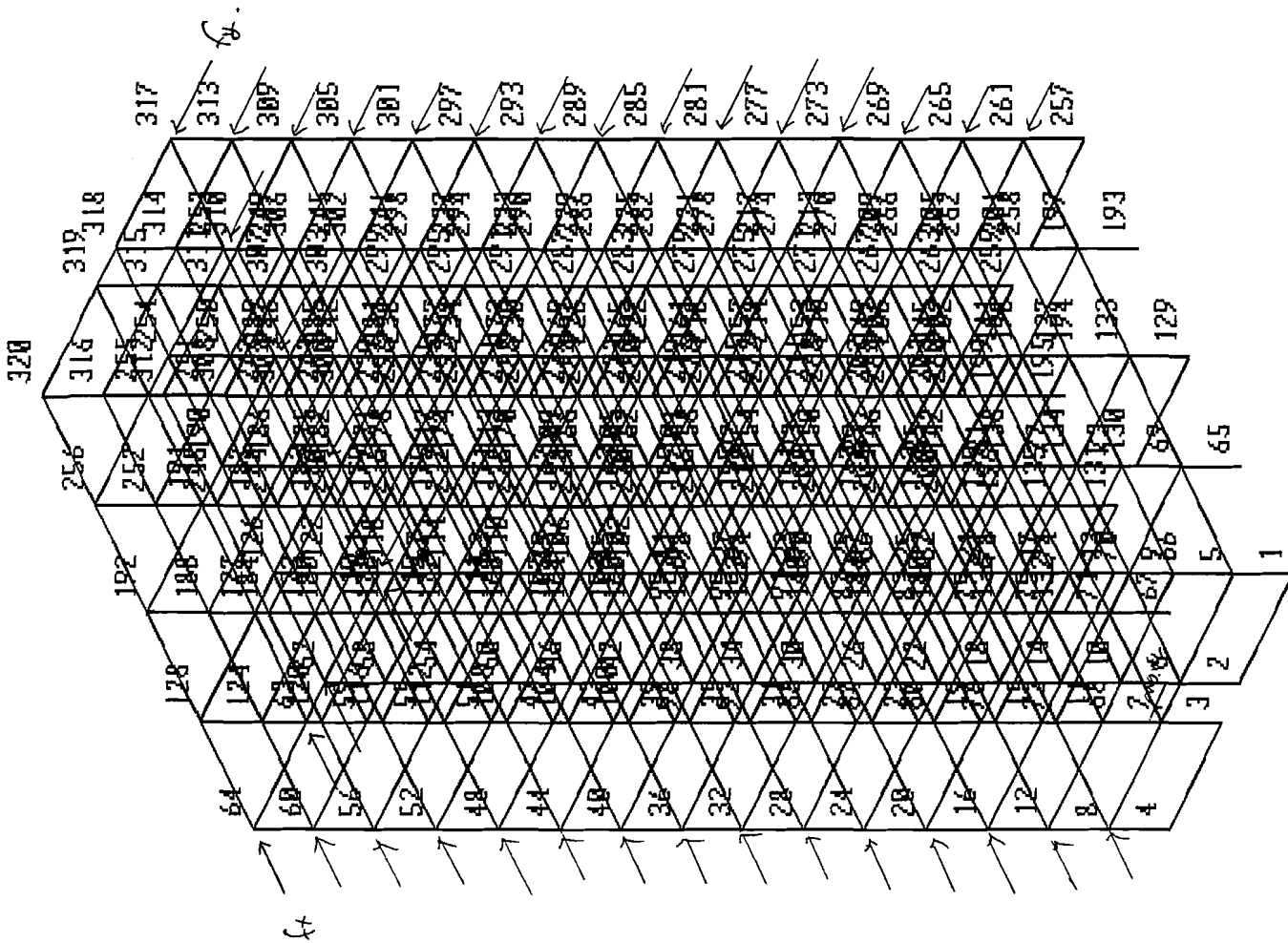
3d

UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS

JOINT IDS  
WIRE FRAME

SAP90



## GAYA GESER BALOK-BALOK TENGAH

TINGKAT	GAYA GESER PADA BALOK AKIBAT GEMPA ARAH X (kg)					GAYA GESER PADA BALOK AKIBAT GEMPA ARAH Y (kg)				
	AS A	AS B	AS C	AS D	AS E	AS A	AS B	AS C	AS D	AS E
1	1,634	2,693	13,725	-73,609	-14,381	-8.735	-8.674	-12.601	-8.676	-8.734
2	2,898	3,175	23,738	-53,620	-25,798	-15.324	-9.171	-22.080	-9.173	-15.321
3	3,849	3,274	30,104	-36,643	-33,690	-20.090	-8.306	-28.916	-8.305	-20.087
4	4,532	3,257	33,243	-25,754	-38,257	-23.346	-7.448	-33.563	-7.445	-23.343
5	4,986	3,113	33,816	-16,601	-40,118	-25.353	-6.713	-36.404	-6.709	-25.349
6	5,244	2,844	32,508	-8,467	-39,948	-26.330	-6.064	-37.759	-6.058	-26.326
7	5,337	2,478	29,934	-1,233	-38,346	-26.466	-5.451	-37.906	-5.445	-26.462
8	5,294	2,054	26,620	5,016	-35,814	-25.932	-4.830	-37.094	-4.825	-25.928
9	5,144	1,616	23,003	10,126	-32,769	-24.889	-4.166	-35.558	-4.162	-24.884
10	4,915	1,196	19,445	13,887	-29,561	-23.489	-3.417	-33.522	-3.413	-23.485
11	4,636	0,818	16,231	16,007	-26,474	-21.889	-2.535	-31.209	-2.532	-21.884
12	4,337	0,487	13,568	16,089	-23,733	-20.240	-1.459	-28.839	-1.455	-20.236
13	4,049	0,195	11,577	13,625	-21,499	-18.697	-125	-26.631	-120	-18.693
14	3,805	-0,091	10,287	8,089	-19,869	-17.413	1.355	-24.799	1.363	-17.410
15	3,646	-0,283	9,656	0,813	-18,933	-16.596	1.511	-23.632	1.521	-16.592



TABEL SIMPANGAN HORIZONTAL STRUKTUR PADA ARAH X DAN Y

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL									
	AS A		AS B		AS C		AS D		AS E	
	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y
15	0.057292	0.009467	0.057368	0.023495	0.057342	0.013486	0.05733	0.02349	0.057323	0.00953
14	0.056735	0.008767	0.056803	0.023094	0.056766	0.012485	0.056744	0.023093	0.056735	0.00881
13	0.055616	0.008049	0.05568	0.022409	0.055642	0.011473	0.055619	0.022413	0.055611	0.0081
12	0.053879	0.007312	0.053942	0.021438	0.053905	0.010438	0.053883	0.021445	0.053875	0.00736
11	0.051645	0.006609	0.051594	0.020214	0.051559	0.009379	0.051539	0.020224	0.051531	0.00661
10	0.048708	0.005846	0.048661	0.018771	0.048628	0.008301	0.048608	0.018784	0.0486	0.00584
9	0.045216	0.005076	0.045171	0.017144	0.045141	0.007213	0.045122	0.017159	0.045115	0.00507
8	0.041205	0.004309	0.041164	0.015364	0.041136	0.006127	0.04112	0.015379	0.041113	0.0043
7	0.036719	0.003555	0.036683	0.013459	0.036658	0.005057	0.036643	0.013475	0.036637	0.00355
6	0.031807	0.002827	0.031775	0.011459	0.031753	0.004023	0.03174	0.011475	0.031735	0.00282
5	0.026522	0.00214	0.026495	0.009393	0.026476	0.003045	0.026465	0.009408	0.026461	0.00213
4	0.020924	0.00151	0.020902	0.00729	0.020887	0.002147	0.020878	0.007303	0.020874	0.0015
3	0.015083	0.000958	0.015067	0.005179	0.015056	0.001358	0.015049	0.005189	0.015046	0.00094
2	0.009124	0.000504	0.009115	0.003101	0.009108	0.00071	0.009103	0.003108	0.009099	0.00049
1	0.003433	0.000174	0.003451	0.001169	0.003451	0.000241	0.003446	0.001172	0.003422	0.00016