

TUGAS AKHIR

**INVESTIGASI DERAJAT KONTRIBUSI MODE PADA
BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK**

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



MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Nama : JONI IRAWAN
No. Mhs : 96 310 156
Nirm : 960051013114120134

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

TUGAS AKHIR

**INVESTIGASI DERAJAT KONTRIBUSI MODE PADA BANGUNAN
BERTINGKAT BANYAK**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Untuk
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**


Disusun oleh :

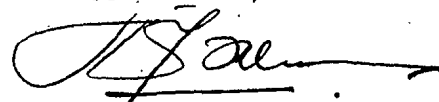
Nama : JONI IRAWAN
No. Mhs : 96 310 156
Nirm : 960051013114120134

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

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

Ir. Helmy Akbar Bale, MT
Dosen Pembimbing II


tanggal 10-09-2001


tanggal 10-09-2001

MOTTO

“ Tidak ada yang sulit jika dikerjakan dengan sungguh-sungguh dan dengan semangat yang tinggi “

“ Dimana ada kemauan disitu ada jalan “

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk:
Ayahanda dan Ibundaku
Adindaku Dewiyana, S.Ked
dan Seluruh Keluargaku

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam kami pajatkan kehadirat Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas akhir dengan judul “ INVESTIGASI DERAJAT KONTRIBUSI MODE PADA BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK “ ini diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari sumbangan pemikiran dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan penuh hormat, penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu yang akan disebutkan dibawah ini.

1. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D. selaku Dekan Pakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I,
2. Ir. Helmi Akbar Bale, MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Kedua orang tua saya yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
6. Adinda Dewiyana, S.Ked, yang tanpa bosan-bosannya memberikan bantuan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
7. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Tidak ada yang dapat kami berikan selain ucapan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan semoga dapat diterima sebagai amal baik disini

Allah SWT. Akhir kata, penyusun berharap semoga tulisan ini bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah meridhoi kita semua, Amiin

Wassalamu 'alikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, Agustus 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xvi
INTISARI	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Permasalahan Yang Akan Diteliti	6
BAB III LANDASAN TEORI	8

3.1	Pendahuluan	8
3.2	Struktur Dengan Derajat Kebebasan Banyak	8
3.3	Metode Jacobi.....	15
3.4	Analisis Beban Statik Ekuivalen.....	18
	3.4.1 Koefisien gempa dasar (C).....	19
	3.4.2 Faktor keutamaan gedung (I).....	21
	3.4.3 Faktor jenis struktur (K).....	21
	3.4.4 Berat total bangunan (W _i)	21
3.5	<i>Modal effective mass</i> (M _m).....	27
3.6	<i>Modal base shear</i> (V _m).....	27
3.7	<i>Modal effective height</i> (h _{im})	28
3.8	<i>Modal seismic force</i> (F _{im})	28
3.9	<i>Modal shear force</i> (V _{im}).....	28
3.10	<i>Modal overtuning moment</i> (M _i)	29
3.11	<i>Modal story drift</i> (Δ _{im}).....	29
3.12	<i>Modal lateral displacement</i> (d _{im}).....	30
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Model Struktur.....	31
4.2	Data Struktur	32
	4.2.1 Data Struktur 6 lantai.....	32
	4.2.2 Data Struktur 12 Lantai	34
	4.2.3 Data Struktur 18 Lantai.....	36
	4.2.4 Data Struktur 20 Lantai Sampai 100 Lantai.....	38

4.3 Tahapan Analisis.....	38
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
5.1 Pendahuluan	39
5.2 Perhitungan Massa dan Kekakuan Struktur.....	39
5.2.1 Struktur Kekakuan Berbeda.....	39
5.2.2 Struktur 12 Lantai	50
5.3 Perhitungan <i>Modeshape</i>	52
5.4 Perhitungan <i>Modal Story Drift</i>	53
5.5 Perhitungan <i>Modal Lateral Displacement</i>	55
5.6 Perhitungan <i>Modal Seismic Force</i>	56
5.7 Perhitungan <i>Modal Shear Force</i>	58
5.8 Perhitungan <i>Modal Overtuning Moment</i>	60
5.9 Perhitungan <i>Modal Effective Mass</i>	61
5.10 Perhitungan <i>Modal Effective Height</i>	72
5.11 Pembahasan.....	72
5.12 Verifikasi.....	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	95
6.1 Kesimpulan	95
6.2 Saran	96

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 3.1 Model matematik struktur MDOF dan SDOF.....	8
2. Gambar 3.2 Struktur bangunan dan free body diagram	10
3. Gambar 3.3 Wilayah-wilayah gempa untuk Indonesia	22
4. Gambar 3.4 Koefisien gempa dasar C (SKBI-1.3.53.1987).....	23
5. Gambar 4.1 Model Struktur tingkat enam.....	31
6. Gambar 4.2 Denah Model struktur 6 lantai	32
7. Gambar 4.3 Potongan portal E struktur 6 lantai	33
8. Gambar 4.4 Denah Model struktur 12 lantai	34
9. Gambar 4.5 Potongan portal E struktur 12 lantai	34
10. Gambar 4.6 Denah Model struktur 18 lantai	36
11. Gambar 4.7 Potongan portal E struktur 18 lantai	37
12. Gambar 5.1 Grafik <i>Modeshape</i> 6 Tingkat.....	53
13. Gambar 5.2 Grafik <i>Modal Story Drift</i> 6 Tingkat	54
14. Gambar 5.3 Grafik <i>Modal Lateral Displacements</i> 6 Tingkat.....	56
15. Gambar 5.4 Grafik <i>Modal Seismic Force</i> 6 Tingkat.....	58
16. Gambar 5.5 Grafik <i>Modal Shear Force</i> 6 Tingkat	59
17. Gambar 5.6 Grafik <i>Modal Overtuning Moment</i> 6 Tingkat.....	61
18. Gambar 5.7 Grafik <i>Modal Effective Mass</i>	63
19. Gambar 5.8 Grafik <i>Frequency Ratio</i> Struktur dengan kekakuan berbeda...	65

20. Gambar 5.9 Grafik <i>Frequency Ratio</i> Struktur dengan kekakuan sama.....	65
21. Gambar 5.10 Grafik V/W	67
22. Gambar 5.11 Grafik T_1/N	67
23. Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Nilai T_1	70
24. Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Koefisien C	70
25. Gambar 5.14 Grafik <i>Modeshape</i> Struktur 3 tingkat	78

DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1 Faktor Jenis Struktur (K) Untuk Berbagai Struktur Jenis Gedung	24
2. Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Bangunan (I).....	25
3. Tabel 3.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup.....	26
4. Tabel 4.1 Data dimensi kolom 6 Lantai	33
5. Tabel 4.2 Data dimensi balok 6 Lantai	33
6. Tabel 4.3 Data dimensi kolom 12 Lantai	35
7. Tabel 4.4 Data dimensi balok 12 Lantai	35
8. Tabel 4.5 Data dimensi kolom 18 Lantai	37
9. Tabel 4.6 Data dimensi balok 18 Lantai	37
10. Tabel 5.1 Hasil perhitungan massa pada struktur 6 lantai..	40
11. Tabel 5.2 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 6 lantai	41
12. Tabel 5.3 Hasil perhitungan massa pada struktur 12 lantai	42
13. Tabel 5.4 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 12 lantai	43
14. Tabel 5.5 Hasil perhitungan massa pada struktur 18 lantai	43
15. Tabel 5.6 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 18 lantai	44
16. Tabel 5.7 Hasil perhitungan massa pada struktur 20 lantai.....	45
17. Tabel 5.8 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 20 lantai	45

18. Tabel 5.9 Hasil perhitungan massa pada struktur 25 lantai	45
19. Tabel 5.10 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 25 lantai	46
20. Tabel 5.11 Hasil perhitungan massa pada struktur 30 lantai	46
21. Tabel 5.12 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 30 lantai	46
22. Tabel 5.13 Hasil perhitungan massa pada struktur 35 lantai	46
23. Tabel 5.14 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 35 lantai	47
24. Tabel 5.15 Hasil perhitungan massa pada struktur 40 lantai	47
25. Tabel 5.16 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 40 lantai	47
26. Tabel 5.17 Hasil perhitungan massa pada struktur 45 lantai	47
27. Tabel 5.18 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 45 lantai.....	48
28. Tabel 5.19 Hasil perhitungan massa pada struktur 50 lantai.....	48
29. Tabel 5.20 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 50 lantai.....	48
30. Tabel 5.21 Hasil perhitungan massa pada struktur 60 lantai.....	48
31. Tabel 5.22 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 60 lantai.....	49
32. Tabel 5.23 Hasil perhitungan massa pada struktur 80 lantai.....	49
33. Tabel 5.24 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 80 lantai.....	49
34. Tabel 5.25 Hasil perhitungan massa pada struktur 100 lantai.....	49
35. Tabel 5.26 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 100 lantai	49
36. Tabel 5.27 Prosentase Modal Effective Mass (MEM).....	62
37. Tabel 5.28 <i>Frequency Ratios</i> Struktur dengan Kekakuan Berbeda.....	64
38. Tabel 5.29 <i>Frequency Ratios</i> Struktur dengan Kekakuan Sama	64
39. Tabel 5.30 Hasil Perhitungan V/W dan T_1/N	66
40. Tabel 5.31 Hasil perhitungan <i>Modal Effective Height</i> 6 tingkat	66

41. Tabel 5.32 Hasil T_1 dan Koefisien C.....	69
42. Tabel 5.33 Pengujian Nilai Modeshape.....	71
43. Tabel 5.34 Hasil perhitungan <i>Modal Effective Height</i> 6 tingkat.....	72
44. Tabel 5.35 Data Struktur Gedung 3 Tingkat.....	74
45. Tabel 5.36 Hasil <i>Modeshape</i> (ϕ_j).....	77
46. Tabel 5.37 <i>Modal Effective Mass</i> (M_m) dan <i>Modal Base Shear</i> (V_m)....	81
47. Tabel 5.38 <i>Modal Effective Height</i>	82
48. Tabel 5.39 <i>Modal Seismic Coefficient</i> (V_{im}).....	84
49. Tabel 5.40 <i>Modal Seismic Force</i> (F_{im}).....	84
50. Tabel 5.41 <i>Modal Shear Force</i> (V_{im}).....	85
51. Tabel 5.42 <i>Modal Overtuning Moment</i> (M_{im}).....	87
52. Tabel 5.43 <i>Modal Story Drift</i> (Δ_{im})	90
53. Tabel 5.44 <i>Modal Lateral Displacement</i> (d_{im}).....	90
54. Tabel 5.45 <i>Modeshape</i>	91
55. Tabel 5.46 <i>Modal Effective Mass</i> (M_{im}).....	91
56. Tabel 5.47 <i>Modal Effective Height</i> (h_m^*).....	92
57. Tabel 5.48 <i>Modal Seismic Force</i> (F_{im}).....	92
58. Tabel 5.49 <i>Modal Shear Force</i> (V_{im}).....	93
59. Tabel 5.50 <i>Modal Overtuning Moment</i> (M_{im}).....	93
60. Tabel 5.51 <i>Modal Story Drift</i> (Δ_{im}).....	94
61. Tabel 5.52 <i>Modal Lateral Displacement</i> (d_{im}).....	94

DAFTAR NOTASI

$\{a\}_i$:	suatu ordinat pada mode ke-i
A_{k+1}	:	matriks diagonal
A^T	:	matriks A tranpose
A^{-1}	:	invers matriks A
b	:	lebar kolom
c	:	redaman
C_{im}	:	<i>Modal seismic coefisien</i> massa ke-i mode ke-m
$[C]$:	matriks redaman
d_{im}	:	<i>Modal story drift</i> massa ke-i mode ke-m
d_{im}	:	<i>Modal lateral displacement</i> massa ke-i mode ke-m
E	:	Modulus elastisitas beton
f	:	frekuensi getar struktur
F_{im}	:	<i>Modal seismic force</i> massa ke-i mode ke-m
$\{F(t)\}$:	Vektor beban
h_j^*	:	<i>Modal effective height</i> pada mode ke-j
$[K]$:	matriks kekakuan
$[M]$:	matriks massa
M_{im}	:	<i>Modal effective mass</i> mode ke-m
M_{im}	:	<i>Modal overtuning moment</i> massa ke-i mode ke-m
m_j	:	massa ke-j

N	:	Jumlah tingkat total di atas dasar gedung
T	:	Waktu getar alami struktur gedung
U_i	:	matriks orthogonal
U_i^{-1}	:	invers dari matriks orthogonal
U_{k+1}	:	matriks rotasi
U_{k+1}^{-1}	:	invers dari matriks rotasi
U_{k+1}^T	:	tranpose dari matriks rotasi
V_m	:	<i>Modal base shear mode ke-m</i>
V	:	Gaya geser dasar akibat beban statik ekuivalen
V_{im}	:	<i>Modal shear force massa ke-i mode ke-m</i>
W_t	:	Berat total bangunan
W_i	:	Berat tingkat i
$\{ \}$:	Vektor percepatan
$\{ \dot{Y} \}$:	Vektor kecepatan
$\{ Y \}$:	Vektor simpangan
ω	:	frekuensi sudut
τ	:	pertambahan selang waktu
λ	:	harga eigen

INTISARI

Setiap struktur yang dikenai dengan beban dinamik akan mengalami goyangan. Untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak, maka struktur yang bersangkutan akan mempunyai banyak ragam/pola goyangan. *Mode* adalah suatu istilah yang sering dipakai pada problem dinamika struktur, dan kata tersebut diterjemahkan sebagai ragam/pola goyangan.

Pada penelitian ini tujuannya adalah untuk melihat pengaruh *mode* pada bangunan-bangunan bertingkat banyak. Struktur yang dipakai dimulai dari jumlah tingkat 6 sampai 100, dengan jenis struktur kekakuan tingkat yang berbeda-beda dan struktur dengan kekakuan seluruh tingkatnya sama. Pengaruh *mode* tersebut ditunjukkan dengan prosentase *modal effective mass*. Untuk menghitung *mode* dipakai metode Jacobi dengan membuat program dengan nama ProgSIP 2001 memakai Microsoft Visual Basic 6. Setelah *modal effective mass* didapat dengan menggunakan ProgSIP 2001 kemudian hasilnya dibuka dengan menggunakan Microsoft Excel untuk membuat grafik.

Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa pada bangunan bertingkat dengan kekakuan yang berbeda-beda, akan menghasilkan prosentase *Modal Effective Mass* yang lebih besar dibandingkan dengan bangunan yang mempunyai kekakuan yang seluruh tingkatnya sama. Pada struktur dengan kekakuan berbeda prosentase 90% dicapai pada *mode* yang berkisar antara 37% sampai 50% dan grafiknya dari struktur 6 lantai sampai struktur 100 lantai menurun. Sedangkan untuk struktur dengan kekakuan seluruh tingkatnya sama prosentase 90% dicapai pada *mode* yang berkisar antara 31% sampai 35%, grafiknya membentuk garis horisontal. Jadi, untuk menentukan kontribusi *mode* pada bangunan bertingkat banyak kekakuan sangat berpengaruh.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang dapat mendatangkan kerugian terhadap manusia, baik kerugian harta benda, bahkan sampai pada nyawa manusianya sendiri. Mengingat besarnya kerugian yang dapat ditimbulkan oleh bencana alam gempa bumi, maka pembangunan sarana dan prasarana harus memperhitungkan aspek kegempaan mengingat daerah-daerah Indonesia ada beberapa yang merupakan daerah rawan gempa.

Bila gempa bumi terjadi, maka tanah akan bergetar dan bangunan diatas tanah tersebut akan bergoyang. Setelah mengalami sejarah yang panjang, goyangan massa bangunan kemudian dianalogikan sebagai akibat dari adanya beban horizontal dinamik yang bekerja pada bangunan yang bersangkutan (Widodo, 1997a).

Setiap struktur yang dikenai dengan beban dinamik akan mengalami goyangan. Untuk struktur dengan derajat kebebasan banyak, maka struktur yang bersangkutan akan mempunyai banyak ragam/pola goyangan. *Mode* adalah suatu istilah yang sering dipakai pada problem dinamika struktur, dan kata tersebut diterjemahkan sebagai ragam/pola goyangan.

Jumlah *mode* pada struktur dengan derajat kebebasan banyak, biasanya dapat dihubungkan dengan jumlah massa. Apabila jumlah derajat kebebasan adalah n , maka untuk mendapatkan jumlah *mode* pada struktur tersebut harus menyelesaikan

persamaan polinomial pangkat n yang dalam penyelesaiannya tidak seperti pada struktur yang hanya memiliki 2 derajat kebebasan. Pada struktur yang hanya memiliki 2 derajat kebebasan dalam menghitung ordinat-ordinat *normal mode* masih dapat diselesaikan dengan menggunakan determinan (metode Cramer) karena nilai determinan masih dapat dihitung dengan mudah. Tetapi untuk bangunan yang lebih tinggi, dalam menghitung nilai determinan tersebut akan mengalami kesulitan. Padahal semakin tinggi jumlah *mode* kontribusinya semakin kecil.

Dalam peraturan menyebutkan bahwa untuk skala *Modal Effective Mass* harus dibuat sampai pada nilai 90%. Maka dari itu perlu diteliti terhadap gedung bertingkat banyak, sampai *mode* beberapa sehingga skala *modal effective mass* mencapai 90%.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. seberapa besar jumlah *mode* yang diperlukan agar skala *modal effective mass* mencapai 90%
2. bagaimana pengaruhnya jika bangunannya reguler ataupun bervariasi.

1.3. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. untuk mengetahui jumlah *mode* yang diperlukan agar skala *modal effective mass* mencapai 90%
2. untuk mengetahui pengaruhnya pada bangunan yang reguler dan bervariasi.

1.4.MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dengan diketahuinya kontribusi mode untuk mencapai 90 % *modal effective mass*, maka hasilnya diharapkan dapat dipakai sebagai bahan pengambilan keputusan pada analisis dinamik struktur.
2. Diharapkan dapat memberikan masukan kepada pembaca sebagai pengetahuan yang bermanfaat.

1.5.BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu yang diberikan, maka dalam tugas akhir ini dibatasi hanya pada permasalahan sebagai berikut :

1. Analisa struktur yang dilakukan hanya secara 2 dimensi.
2. Untuk mendeskripsikan massa struktur dipakai *lumped mass system* (sistem massa tergumpal) yaitu massa dianggap menggumpal pada tempat-tempat tertentu.
3. Analisa yang digunakan dalam menghitung kekakuan tingkat adalah prinsip bangunan geser (*shear building*).
4. Metode yang dipakai dalam mencari mode adalah metode Jacobi.
5. Pembuatan program dengan **MICROSOFT VISUAL BASIC**.
6. Beban yang bekerja berupa beban terbagi rata.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan sebuah tinjauan mengenai teori-teori dan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mendukung pelaksanaan penelitian. Dengan demikian penelitian yang dilakukan mempunyai landasan teori yang kuat agar memberikan hasil yang optimal.

Kerusakan yang timbul akibat terjadinya gempa, khususnya kerusakan pada bangunan gedung, pada hakekatnya dapat disebabkan karena tidak memenuhinya persyaratan bangunan tersebut terhadap prinsip disain bangunan tahan gempa, atau dapat juga karena kekuatan gempanya yang cukup besar (*moderate earthquake*).

Dari kenyataan tersebut di atas, sudah jelas bahwa proses disain bangunan gedung, khususnya bangunan gedung bertingkat banyak, pengaruh / akibat dari beban gempa harus diperhatikan. Keikutsertaan beban gempa dalam proses disain tersebut dapat direpresentasikan dalam Analisa Statik Ekuivalen, maupun dalam Dinamika Analisis. Berdasarkan Buku Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1981, maka terhadap bangunan yang tingginya kurang dari 40 meter, proses perhitungan gaya horizontal akibat gempa masih dapat dipakai Statik Ekuivalen. Untuk bangunan-bangunan gedung yang tingginya lebih dari 40 meter, maka untuk keperluan tersebut harus dipakai cara Analisa Dinamika (Dinamika Analisis).

Dalam perhitungan suatu struktur agar mendapatkan hasil yang tepat dan cepat, maka sangat diperlukan suatu program komputer yang dapat membantu, yang apabila

dilakukan secara manual akan memerlukan waktu yang lama dengan tingkat ketelitian yang terbatas.

Banyak program perhitungan struktur yang dapat digunakan seperti **MATLAB, BORLAND DELPHI, MIROSOFT VISUAL BASIC**, dan lain-lain. Dalam hal ini kami menggunakan **MICROSOFT VISUAL BASIC**.

Pada penyusunan tugas akhir ini kami menggunakan tinjauan pustaka penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan, antara lain :

1. Widodo (1996).

Peneliti ini mengambil topik *Derajat Pengaruh "Normal Mode" Terhadap Respon Struktur "Multi Degree of Freedom" Akibat Beban Gempa Bumi*. Pada penelitian ini peneliti mendapat suatu kesimpulan bahwa *mode* yang lebih tinggi ternyata justru hanya mempunyai pengaruh yang lebih kecil terhadap respon struktur, apabila dibandingkan dengan pengaruh / kontribusi *mode* yang lebih rendah. Hal semacam ini sangat menguntungkan, Karena mencari *mode* yang lebih tinggi justru lebih panjang jalannya. Semakin tinggi *degree mode* semakin panjang jalan yang harus ditempuh.

2. Dhani Prasetyo dan Jayadi Windu Armita (2000).

Kedua peneliti ini mengambil topik *Respon Seismik Struktur Beton Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa*. Pada penelitian ini kedua peneliti mencoba mengetahui sejauh mana pengaruh kandungan frekuensi beban gempa terhadap respon struktur bertingkat banyak, dengan melihat hasil analisa simpangan relatif, simpangan antar tingkat dan gaya geser tingkat serta gaya geser dasar memperoleh rentang frekuensi

atau rasio percepatan maksimum dan kecepatan maksimum beban gempa yang cenderung menyebabkan respon struktur menjadi maksimum dengan melihat simpangan relatif tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan gaya geser dasar yang terjadi pada struktur.

Dalam penelitian ini kedua peneliti menggunakan model struktur dengan kekakuan, massa, rasio redaman yang sama. Di sini peneliti belum memperhitungkan kontribusi mode.

3. Famularsih dan Wirogo (1999)

Penelitian yang dilakukan, mengambil pokok bahasan *Pengaruh Perubahan Kekakuan Terhadap Besarnya Gaya Geser Dasar Dan Momen Guling Pada gedung Bertingkat Banyak*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada kekakuan tingkat sebesar 60% dari kekakuan awal menyebabkan berkurangnya gaya geser dasar ditinjau dari kapasitas gaya geser dasar pada saat kekakuan 100%. Pada penelitian ini menggunakan beban gempa berupa respon spektra, seperti yang tercantum dalam PPTGIUG 1983. dalam penelitian ini peneliti juga belum memperhitungkan pengaruh kontribusi mode.

2.1. Permasalahan yang akan diteliti

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, maka penelitian pada tugas akhir ini mempunyai pokok-pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh jumlah *mode* terhadap persentase *modal effective mass* pada gedung-gedung bertingkat banyak.

2. Bagaimana pengaruhnya terhadap bangunan yang reguler maupun yang bervariasi.

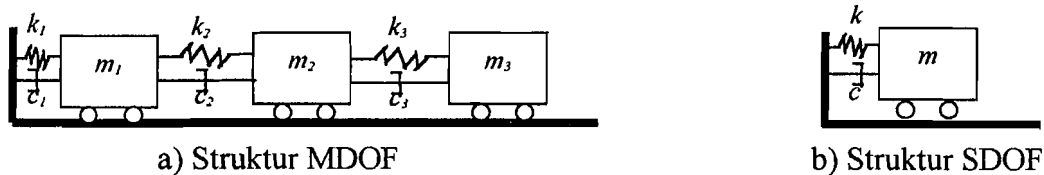
BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Pendahuluan

Pada umumnya suatu struktur akan bergoyang apabila memperoleh pembebanan dari luar misalnya akibat beban angin maupun akibat gerakan tanah / gempa. Getaran-getaran seperti ini dikelompokkan sebagai getaran dipaksa atau *forced vibration system*. Sedangkan getaran yang diakibatkan dari beban orang yang melompat pada ujung balok kantilever dan mempunyai kondisi awal (*initial condition*), dapat dikategorikan termasuk pada getaran bebas atau *free vibration system*.

3.2. Karakteristik Respon Struktur dengan Derajat Kebebasan banyak (*Multi Degree of Freedom / MDOF*)

Model matematika yang dipakai untuk menurunkan persamaan differensial gerakan pada struktur dengan derajat kebebasan banyak, serupa dengan model matematika pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal. Model matematika tersebut terdiri atas serangkaian massa yang dirangkaikan secara seri antara massa yang satu dengan massa yang lain. Model matematika tersebut adalah sebagai berikut:



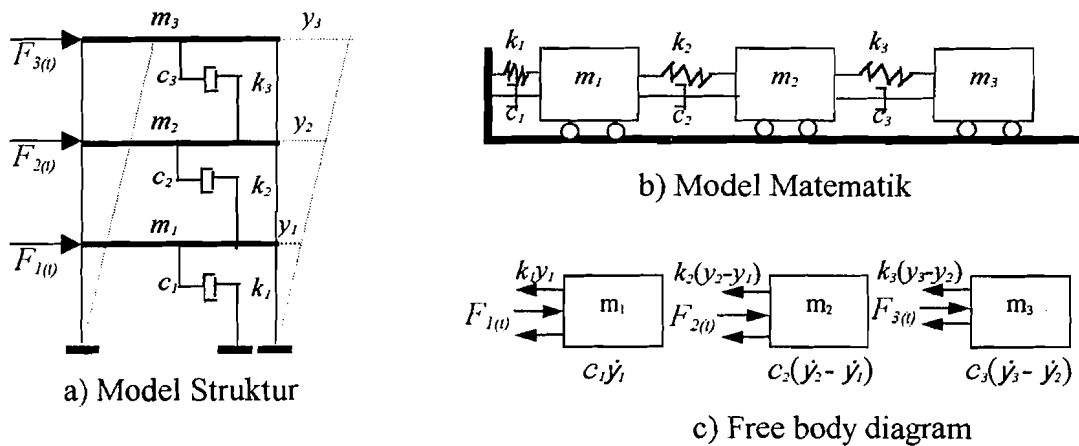
Gambar 3.1 Model Matematik

Pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) hanya terdapat satu massa yang menggumpal (*lumped mass*) pada tempat tertentu (gambar 3.1b). oleh beban dinamik, maka konstruksi akan berayun kekanan dan kekiri sepanjang waktu yang ditinjau. Dalam keadaan tersebut maka posisi massa pada setiap saat dapat dinyatakan dalam satu koordinat (amplitudo) saja, atau hanya mempunyai koordinat tunggal. Oleh karenanya respon struktur dapat dimengerti dan dicari dengan cara yang tidak terlalu rumit.

Pada gambar (3.1a), struktur dengan derajat kebebasan banyak, maka persoalannya menjadi lain dan agak rumit yang kadang-kadang susah untuk dibayangkan. Pada konstruksi ini ada beberapa massa, yang mana posisi massa yang satu berbeda dengan posisi massa yang lain walaupun pada waktu yang sama. Pada saat yang lain lagi, posisi-posisi massa tersebut sudah berubah posisinya antara yang satu terhadap yang lain. Dengan keadaan seperti itu, maka untuk menyatakan posisi suatu struktur pada setiap saat diperlukan banyak koordinat, yang jumlahnya sebanyak massa (*lumped mass*) yang ada pada struktur yang bersangkutan. (Widodo, 1996).

Gerakan-gerakan setiap massa pada setiap saat secara umum dinyatakan dalam persamaan diferensial gerakan (*differential equation of motion*), oleh sebab itu struktur dengan derajat kebebasan banyak akan terdapat banyak persamaan diferensial gerakan, yang secara keseluruhan dalam satu struktur akan ada satu set persamaan simultan.

Untuk memperoleh persamaan diferensial gerakan pada suatu struktur bertingkat banyak dapat digunakan anggapan *shear building*.



Gambar 3.2. Struktur MDOF

Pada bangunan gedung bertingkat banyak-3 seperti gambar 3.2, maka struktur akan mempunyai tiga derajat kebebasan, sehingga struktur yang mempunyai n-tingkat akan mempunyai n-derajat kebebasan dan mempunyai n-modes.

Untuk memperoleh persamaan differensial gerakan pada struktur MDOF umumnya disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut *first mode* atau mode pertama yaitu goyangan yang $y_3 > y_2 > y_1$. berdasarkan keseimbangan dinamik pada *free body diagram* 3.2, maka akan diperoleh persamaan seperti dibawah ini :

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_2(y_2 - y_1) - F_1(t) = 0 \dots \dots \dots (3.1a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + c_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2(y_2 - y_1) - c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - k_3(y_3 - y_2) - F_2(t) = 0 \dots \dots \dots (3.1b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + c_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) - k_3(y_3 - y_2) - F_3(t) = 0 \dots \dots \dots (3.1c)$$

Dari persamaan (3.1) di atas tampak bahwa untuk mendapatkan keseimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau, ternyata dipengaruhi oleh kekakuan, redaman dan simpangan massa baik sebelum maupun sesudahnya. Persamaan dengan sifat-sifat seperti itu biasanya disebut *coupled equation* karena persamaan-persamaan tersebut akan saling tergantung satu sama lain. Persamaan *coupled* harus diselesaikan secara

simultan artinya dengan melibatkan semua persamaan yang ada. Pada struktur dengan derajat kebebasan banyak, persamaan differensial gerakannya merupakan persamaan yang *dependent* atau *coupled* antara satu dengan yang lainnya.

Dengan menyusun persamaan di atas menurut parameter yang sama (percepatan, kecepatan, dan simpangan), maka persamaan (3.1) dapat ditulis menjadi matriks uraian seperti dibawah ini :

$$m_1 \ddot{y}_1 + (c_1 + c_2) \dot{y}_1 - c_2 \dot{y}_2 + (k_1 + k_2)y_1 - k_2 y_2 = F_1(t) \dots \dots \dots (3.2a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 - c_2 \dot{y}_1 + (c_2 + c_3) \dot{y}_2 - c_3 \dot{y}_3 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3)y_2 - k_3 y_3 = F_2(t) \dots \dots \dots (3.2b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 - c_3 \dot{y}_2 + c_3 \dot{y}_3 - k_3 y_2 + k_3 y_3 = F_3(t) \dots \dots \dots (3.2c)$$

Selanjutnya persamaan (3.2) dapat ditulis dalam bentuk matriks ekspresi,

$$[M] \{\ddot{y}\} + [C] \{\dot{y}\} + [K] \{y\} = \{F_0\} \dots \dots \dots (3.3)$$

yang mana matriks ekspresi di atas (matriks – matriks massa, redaman, dan kekakuan) masing-masing adalah :

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

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.4)$$

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

$$\{\ddot{Y}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix}, \{\dot{Y}\} = \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{Bmatrix}, \{Y\} = \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} \text{ dan } \{F(t)\} = \begin{Bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ F_3(t) \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.5)$$

Pada kenyataan nilai \ddot{Y} , bervariasi sesuai dengan hasil rekaman waktu terjadinya gempa, dan kemudian nilai tersebut menjadi sejarah pembebanan (*loading history*) pada struktur yang ditinjau. Untuk menyelesaikan persamaan tersebut jalan yang ditempuh berbeda dengan struktur SDOF dan sekaligus merupakan karakteristik dari struktur dengan derajat kebebasan banyak.

Untuk menyelesaikan persamaan (3.3) di atas, maka persamaan tersebut harus dijadikan persamaan yang homogen, yaitu dengan mengambil ruas kanan sama dengan nol, maka jadilah sistem getaran bebas (*free vibration system*). Umumnya besarnya redaman kritis berkisar antara 5%, oleh karenanya kemudian diambil suatu pendekatan bahwa struktur dianggap tidak mempunyai redaman (*undamped free vibration system*) (Widodo, 1996). Pendekatan tersebut diambil agar dalam penyelesaian persamaannya menjadi lebih sederhana.

Maka persamaan (3.3) akan menjadi :

$$[M]\{\ddot{y}\} + [K]\{y\} = 0 \dots\dots\dots(3.6)$$

Persamaan (3.6) tersebut diasumsikan pada getaran bebas, maka vector $\{y\}$ berbentuk

$$\{y\} = \{\phi\}z(t) \dots\dots\dots(3.7a)$$

$$\{\ddot{y}\} = \{\phi\}\ddot{z}(t) \dots\dots\dots(3.7b)$$

dimana ϕ adalah vector *mode shape* yaitu suatu vector yang tidak berdimensi, yang memiliki paling sedikit sebuah elemen yang tidak sama dengan nol. Sedangkan z dan

\ddot{z} adalah vektor perpindahan dan vektor percepatan. Jika persamaan (3.7) dimasukkan dalam persamaan (3.6) maka persamaannya akan menjadi sebagai berikut:

$$[M]\{\phi\} \ddot{z}(t) + [K]\{\phi\}z(t) = 0 \dots \dots \dots (3.8)$$

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

$$\ddot{z}(t) + (\text{constan}) z(t) = 0 \dots \dots \dots (3.9)$$

Jika constan di atas adalah ω_n^2 (*undamped natural frequency*), maka persamaan (3.9) akan menjadi :

$$\ddot{z}(t) + \omega_n^2 z(t) = 0 \dots \dots \dots (3.10)$$

Persamaan (3.10) diselesaikan dengan :

$$z(t) = A \sin \omega_n t \dots \dots \dots (3.11)$$

dari uraian-uraian di atas, maka persamaan (3.7) akan menjadi :

$$\{y\} = \{\phi\} A \sin \omega t \dots \dots \dots (3.12a)$$

$$\{\ddot{y}\} = -\omega^2 \{\phi\} A \sin \omega t \dots \dots \dots (3.12b)$$

Persamaan (3.12) di atas dimasukkan kedalam persamaan (3.6) maka akan didapat :

$$(-\omega^2 [M] \{\phi\} + [K] \{\phi\}) A \sin \omega t = 0 \dots \dots \dots (3.13)$$

Persamaan (3.13) akan mempunyai persamaan jika A dan ω tidak sama dengan nol, sehingga :

$$([K] - \omega^2 [M]) \{\phi\} = 0 \dots \dots \dots (3.14)$$

Persamaan (3.14) adalah persamaan yang sangat penting biasa disebut persamaan *eigenproblem* atau karakteristik problem. Persamaan (3.14) merupakan persamaan simultan yang harus dicari penyelesaiannya. Persamaan simultan baik

persamaan yang homogen maupun persamaan yang tidak homogen dapat diselesaikan dengan memakai dalil / hukum Cramer (1704-1752). Dalil tersebut dalam Widodo (1997) menyatakan bahwa penyelesaian persamaan simultan yang homogen akan ada nilainya apabila determinan dari matriks yang merupakan koefisien dari vektor $\{\phi\}$ adalah nol, sehingga :

$$([K] - \omega^2[M]) = 0 \dots\dots\dots (3.15)$$

Jumlah *mode* pada struktur dengan derajat kebebasan banyak biasanya dapat dihubungkan dengan jumlah massa. *Mode* itu sendiri adalah pola/ragam getaran/goyangan suatu struktur bangunan. *Mode* ini hanya merupakan fungsi dari properti dinamik dari struktur yang ditinjau yaitu massa dan kekakuan tingkat. *Mode* tidak terpengaruh oleh waktu dan frekuensi getaran. Dengan adanya hubungan antara massa struktur dengan jumlah *mode*, maka bangunan yang mempunyai 4-tingkat misalnya, akan mempunyai 4 derajat kebebasan dan akan mempunyai 4 jenis *mode* gerakan dan akan mempunyai 4 nilai frekuensi sudut yang berhubungan langsung dengan jenis/nomor *modenya*. Apabila jumlah derajat kebebasan adalah n , maka persamaan (3.15) akan menghasilkan suatu polinomial pangkat n yang dalam penyelesaiannya tidak seperti gedung yang hanya mempunyai 2-tingkat saja atau struktur yang hanya memiliki 2-derajat kebebasan. Pada struktur yang hanya memiliki 2-derajat kebebasan, dalam menghitung ordinat-ordinat *normal modes* masih dapat diselesaikan dengan menggunakan determinan (metode Crammer) karena nilai determinan masih dapat dihitung dengan mudah. Tetapi untuk bangunan yang lebih tinggi, dalam menghitung nilai determinan tersebut akan menghadapi kesulitan.

Pada konstruksi dengan derajat kebebasan banyak, justru masalah inilah yang menjadi problem utama, masalah yang sulit dan memerlukan banyak waktu (Mario Paz, 1985) dalam Widodo (1996). Untuk memperoleh ragam goyangan ini telah dikembangkan banyak metode, misalnya metode polynomial, Holzer, Stodola, Jacobi, Matriks iterasi dan lain-lain yang semuanya mempunyai karakteristik sendiri-sendiri.

Untuk mengatasi masalah ini telah dipakai beberapa alternatif, misalnya dengan jalan mereduksi dinamik matriks (*static / dynamic condensation*) atau hanya dengan memperhitungkan beberapa kontribusi *mode* yang rendah saja. Kontribusi dari *mode* yang lebih banyak memang akan menyebabkan simpangan yang lebih besar, tetapi derajat pengaruhnya semakin kecil pada *mode* yang lebih tinggi (Christoper Arnold, Robert Reitherman, 1982; Wiratman Wangsadinata, 1973; Norman B. Green, 1981) dalam Widodo (1996).

3.3. Metode Jacobi

Pada penelitian kami ini, dalam menyelesaikan persamaan polinomial pangkat banyak dipakai salah satu dari beberapa metode yang ada, yaitu metode Jacobi. Metode Jacobi telah dikembangkan untuk menyelesaikan masalah-masalah matriks yang riil dan simetris. Metode tersebut telah diusulkan selama satu abad yang lalu dan telah digunakan secara luas. Metode Jacobi ini berusaha mentransformasi suatu matriks A menjadi matriks diagonal A_{k+1} . Dalam keadaan ini elemen-elemen diagonal utama matriks A_{k+1} adalah serupa ortogonal (*selular orthogonal*), sehingga harga-harga eigen dari matriks A_{k+1} adalah juga harga-harga eigen dari matriks A . Andaikata $A_0 = A$ dan U_i adalah matriks ortogonal yang memenuhi hubungan

maksudnya, mula-mula kita punya matriks diagonal, kemudian elemen-elemen untuk baris ke i dan j maupun kolom ke i dan j diganti dengan $\cos \alpha$ dan $\sin \alpha$. Seperti pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned} U_{ii} &= \cos \alpha & U_{ij} &= -\sin \alpha \\ U_{ji} &= \sin \alpha & U_{jj} &= \cos \alpha \dots \dots \dots (3.20) \end{aligned}$$

Sudut α dicari dari persamaan

$$\operatorname{tg} 2\alpha = 2 \frac{a_{ij}^{(k)}}{a_{ii}^{(k)} - a_{jj}^{(k)}} \dots \dots \dots (3.21)$$

Jadi dengan demikian dapat diperoleh elemen-elemen dari matriks U_{k+1}^{-1} dapat dicari dengan mudah karena U_{k+1} adalah matriks ortogonal sehingga $U_{k+1}^{-1} = U_{k+1}^T$. Dari sini dapat dihitung $A_{k+1} = U_{k+1}^{-1} * A_k * U_{k+1}$, untuk $k = 0 \rightarrow \alpha$.

Untuk k besar matriks A_{k+1} akan berubah menjadi :

$$A_{k+1} = \begin{bmatrix} a_{11}^{(k)} & 0 & - & 0 \\ 0 & a_{22}^{(k)} & - & 0 \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & - & a_{nn}^{(k)} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.22)$$

yang berarti harga-harga eigen dari matriks A_k dan A_{k+1} adalah

$$\lambda_1 = a_{11}^k \quad \lambda_2 = a_{22}^k \quad \lambda_n = a_{nn}^k \dots \dots \dots (3.23)$$

Vektor eigen dapat diperoleh dengan jalan mengalikan matrik-matrik rotasi yang telah dipakai

$$U_k = U_1 * U_2 * \dots \dots \dots U_k \dots \dots \dots (3.24)$$

Untuk menghindari kesulitan dalam mendapatkan α , maka penentuan $\cos \alpha$ dan $\sin \alpha$ dari $\tan 2\alpha$ dicari sebagai berikut.

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \frac{q}{\sqrt{p^2 + q^2}} \right]} \text{ dengan } q > 0 \dots\dots\dots (3.25)$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2} * \frac{\sin 2\alpha}{\cos \alpha} = \frac{p}{2 \cos \alpha \sqrt{p^2 + q^2}} \dots\dots\dots (3.26)$$

3.4. Analisis Beban Statik Ekuivalen

Seperti dijelaskan sebelumnya bergetarnya bangunan akibat gempa kemudian disederhanakan seolah-olah terdapat gaya horizontal yang bekerja pada massa bangunan. Apabila bangunan mempunyai banyak massa maka terdapat banyak gaya horizontal yang masing-masing bekerja pada massa-massa tersebut. Sesuai dengan prinsip keseimbangan, maka dapat dianalogikan seperti adanya gaya horizontal yang bekerja pada dasar bangunan yang kemudian disebut Gaya Geser Dasar. Gaya Geser Dasar dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = CIKW_t \dots\dots\dots (3.27)$$

dimana :

- V adalah gaya geser dasar
- C adalah koefisien gempa dasar
- I adalah faktor keutamaan gedung
- K adalah faktor jenis struktur

W_1 adalah berat total bangunan

3.4.1. Koefisien Gempa dasar (C)

Koefisien gempa dasar harus ditentukan dari gambar (3.2) untuk wilayah gempa yang ditunjukkan dalam gambar (3.1) dengan memakai waktu getar alami struktur gedung sebagai berikut :

- a. Untuk struktur-struktur gedung berupa portal-portal tanpa unsur-unsur pengaku yang mambatasi simpangan :

$$T = 0,085 H^{3/4} \text{ untuk portal baja..... (3.28a)}$$

$$T = 0,06 H^{3/4} \text{ untuk portal beton.....(3.28b)}$$

- b. Untuk struktur-struktur gedung yang lain :

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{B}} \text{ (3.29)}$$

dimana H adalah tinggi bangunan total dalam meter diukur dari sistim penjepitan lateral struktur, dan B adalah panjang seluruhnya dari denah struktur pada alasnya dalam arah yang ditinjau (dalam meter). Di samping menggunakan kedua rumus di atas, dalam menentukan waktu getar alami juga harus dicek dengan persamaan Rayleigh :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^N F_i d_i}} \text{ (3.30)}$$

Dimana :

N : Jumlah tingkat total di atas dasar gedung

W_i : Berat tingkat i

d_i : Simpangan horisontal pusat massa pada tingkat i

F_i : Beban gempa horisontal dalam arah yang ditinjau yang bekerja pada tingkat I

g : percepatan gravitasi

Nilai C yang diperoleh dengan menggunakan T pada persamaan (3.30), tidak boleh kurang dari 80% nilai yang diperoleh dengan memakai T pada persamaan (3.28) atau persamaan (3.29).

Jika suatu gedung terletak pada lokasi batas wilayah sehingga kepastian wilayahnya tidak jelas, maka gedung tersebut harus dianggap terletak di dalam yang mensyaratkan nilai koefisien gempa dasar yang lebih besar. Selain memakai periode getar dan wilayah gempa, dalam memilih nilai C juga melihat jenis tanah bawah pada gedung tersebut. Ada dua jenis tanah yaitu tanah keras dan tanah lunak. Untuk pemakaian pada suatu struktur gedung harus dianggap berdiri di atas tanah bawah yang lunak, apabila suatu struktur gedung tersebut terletak di atas endapan-endapan tanah dengan kedalaman-kedalaman yang melampaui nilai-nilai tersebut dibawah ini :

- Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser pada kadar air tetap rata-rata tidak lebih dari $0,5 \text{ kg/cm}^2$: 6 m
- Untuk setiap tempat dimana lapisan yang menutupinya terdiri dari tanah kohesif dengan kekuatan geser pada kadar air tetap rata-rata tidak lebih dari 1 kg/cm^2 atau terdiri dari tanah butiran yang sangat padat : 9 m
- Untuk tanah kohesif dengan kekuatan geser pada kadar air tetap rata-rata tidak lebih dari 2 kg/cm^2 : 12 m
- Untuk tanah butiran terikat yang sangat padat : 20 m

3.4.2. Faktor Keutamaan Gedung (I)

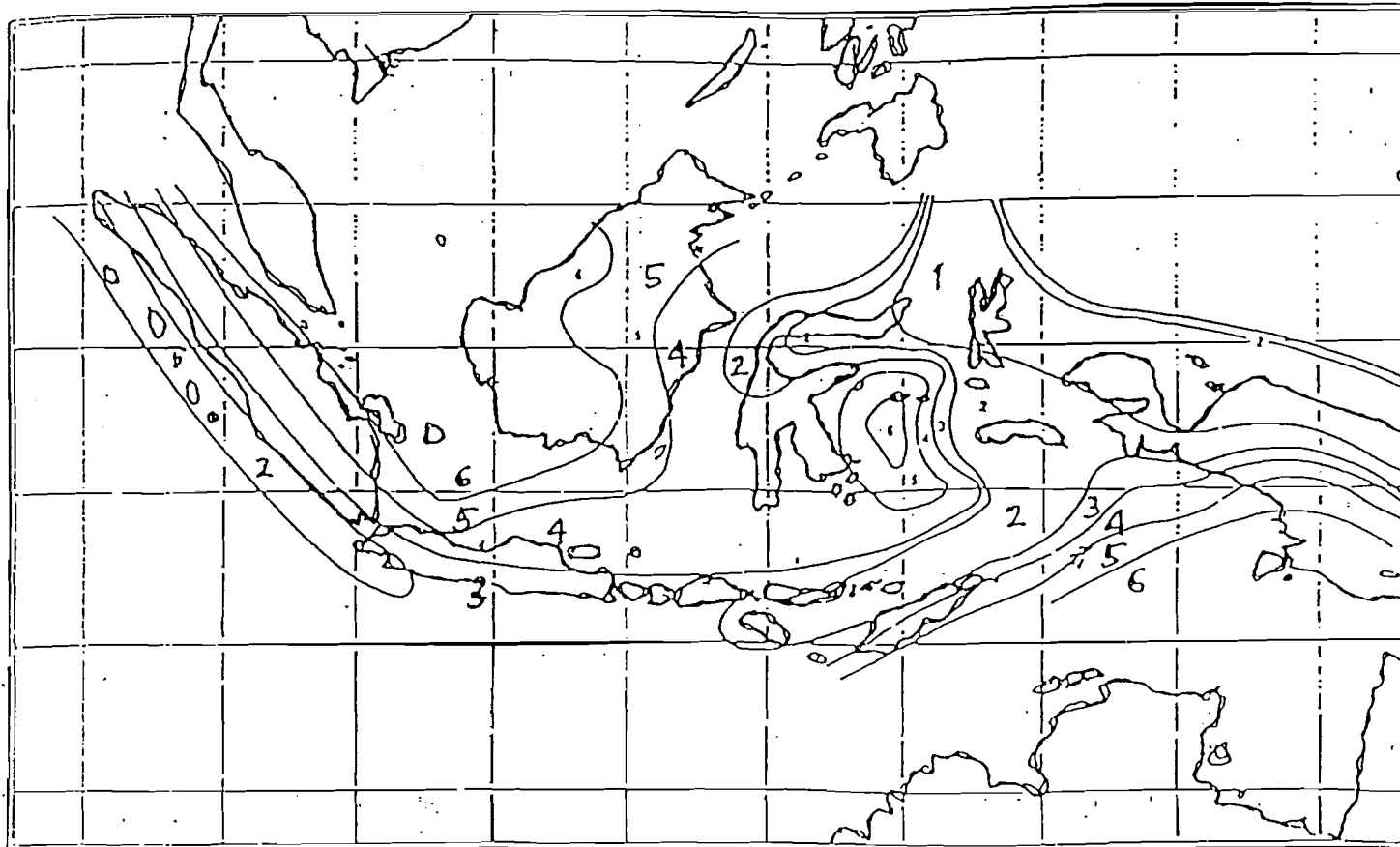
Setiap maksud pemakaian bangunan akan mempunyai tingkat resiko yang berlainan. Misalnya bangunan untuk Instalasi bahan bakar tingkat keamanannya harus lebih besar dari pada bangunan biasa. Koefisien bangunan I untuk berbagai jenis bangunan dapat dilihat pada tabel 3.1.

3.4.3. Faktor Jenis Struktur (K)

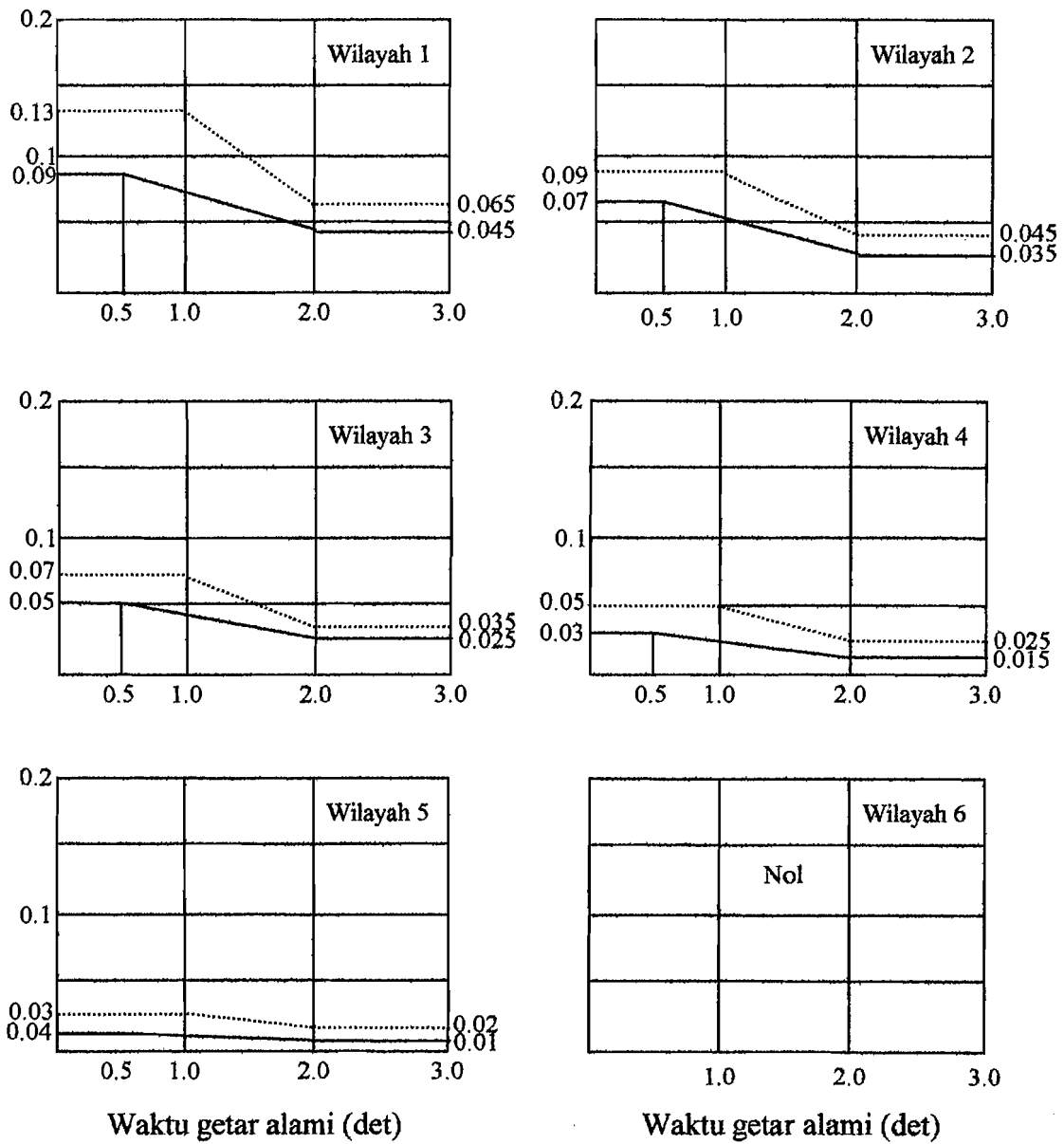
Setiap bahan yang dipakai untuk struktur utama mempunyai perilaku sendiri-sendiri, misalnya kayu, baja ataupun beton. Jenis bahan ini akan mempengaruhi repon bangunan akibat beban gempa, sehingga setiap jenis bahan akan mempunyai koefisien sendiri-sendiri. Koefisien K untuk tiap-tiap jenis struktur dapat dilihat pada tabel 3.2.

3.4.5. Berat Total Bangunan (W_t)

Berat total bangunan merupakan kombinasi dari beban mati seluruhnya dan beban hidup vertikal yang direduksi. Koefisien reduksi untuk beban hidup yang dikaitkan dengan fungsi gedung dapat dilihat pada tabel 3.3.



Gambar 3.3 Wilayah-wilayah gempa untuk Indonesia



Keterangan : ————— : Struktur di atas tanah keras.
 : Struktur di atas tanah lunak.

Gambar 3.4 Koefisien gempa dasar C (SKBI-1.3.53.1987)

Tabel 3.1 Faktor Jenis Struktur (K) Untuk Berbagai Struktur Jenis Gedung

No	Jenis Struktur	Jenis Bahan/Struktur Bang-	Faktor Jenis Struktur (K)
1	Portal Daktail	Beton bertulang	1,0
		Beton prestress	1,4
		Struktur baja	1,0
		Struktur kayu	1,7
2	Dinding geser daktilitas I	Beton bertulang	1,0
3	Dinding geser kantilever daktilitas I	Beton bertulang	1,2
		Dinding berongga bertulang	2,5
		Kayu	2,0
4	Dinding geser kantilever daktilitas terbatas	Beton bertulang	1,5
		Dinding berongga bertulang	3,0
		Kayu	2,5
5	Portal dengan ikatan diagonal	Beton bertulang	2,5
		Struktur baja	2,5
		Struktur kayu	3,0
6	Struktur kantilever tak bertingkat	Beton bertulang	2,5
		Struktur baja	2,5
7	Cerobong, tangki kecil	Beton bertulang	3,0
		Struktur baja	3,0

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Bangunan (I)

No	Jenis Gedung	Faktor Keutamaan Gedung (I)
1	Gedung-Gedung Monumental	1,5
2	Fasilitas-fasilitas penting yang harus tetap berfungsi sesudah suatu gempa terjadi : a. Rumah Sakit b. Bangunan penyimpanan pangan c. Pusat penyelamatan dalam keadaan darurat d. Pusat pembangkit tenaga e. Bangunan air minum f. Fasilitas radio dan televisi g. Tempat orang berkumpul	1,5
3	Fasilitas distribusi bahan gas dan minyak bumi di daerah perkotaan	2,0
4	Struktur yang menyimpan bahan-bahan berbahaya (asam, bahan beracun, dll)	2,0
5	Struktur-struktur lain	1,0

Tabel 3.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup

No	Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup
1	Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,3
2	Sekolah, ruang kuliah	0,5
3	Masjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa	0,5
4	Kantor, bank	0,3
5	Toko, toserba, pasar	0,8
6	Gudang, perpustakaan, ruang arsip	0,8
7	Pabrik, bengkel	0,9
8	Garasi, gedung parkir	0,5
9	Gang dan tangga : a. Perumahan/penghunian b. Pendidikan, kantor c. Pertemuan umum, perdagangan penyimpanan, industri, tempat kendaraan	0,3 0,5 0,5

3.5. Modal Effective Mass

Modal effective Mass dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$M_{im} = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \phi_{im} M_i \right]^2}{\sum_{i=1}^N \phi_{im}^2 M_i} \dots\dots\dots (3.33)$$

3.6. Modal Base Shear

Modal base shear diperoleh dengan mengalikan gaya geser dasar pada analisis beban statik ekuivalen dengan prosentase pada masing-masing mode.

$$V_{im} = (\%M_{im}) \times V \dots\dots\dots (3.34)$$

dimana :

M_{im} = *modal effective mass*

V = gaya geser dasar akibat beban statik ekuivalen.

Berdasarkan teknik SRSS, total gaya geser dasar dapat dihitung dengan :

$$V = \sqrt{\sum_{m=1}^N V_m^2} \dots\dots\dots (3.35)$$

Dalam menentukan bobot *modal effective weight* dan *modal base shear* harus dibuat skala sampai 90 % dari gaya geser yang ditentukan dengan metode beban statik ekuivalen. Dan dibuat skala rasio antara 90 % dari gaya geser yang dihitung pakai metode beban statik ekuivalen dengan gaya geser dasar yang dihitung menggunakan persamaan (3.35).

3.7. Modal Effective Height (h_j)

Modal Effective Height dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_j^* = \frac{\sum_{j=1}^N h_j m_j \phi_{ij}}{m_j \phi_{ij}} \dots\dots\dots(3.36)$$

Dimana :

- h_j^* = *modal effective height* pada mode ke-j
- h_j = tinggi massa ke-j
- m_j = massa ke-j
- ϕ_{ij} = mode ke-j, massa ke-i

3.8. Modal Seismic Force (F_{im})

Modal seismic force di tingkat i ditentukan dengan rumus :

$$F_{im} = C_{im} V_m \dots\dots\dots(3.37)$$

Dimana C_{im} adalah koefisien modal gempa di tingkat i yang diperoleh dari :

$$C_{im} = \frac{\phi_{im} m_i}{\sum_{j=1}^N \phi_{jm} m_j} \dots\dots\dots (3.38)$$

Dengan memakai teknik SRSS, desain gaya gempa dapat dihitung dengan :

$$F_i = \sqrt{\sum_{m=1}^N F_{im}^2} \dots\dots\dots (3.39)$$

3.9. Modal Shear Force (V_{im})

Modal shear force di tingkat gedung I sama dengan jumlah gaya gempa F_{im} di atas tingkat tersebut. Secara matematis ditunjukkan dengan :

$$V_{im} = \sum_{j=i}^N F'_{jm} \dots \dots \dots (3.40)$$

Dengan memakai teknik SRSS, desain gaya geser tingkat dapat dihitung dengan :

$$V_i = \sqrt{\sum_{m=1}^N V_{im}^2} \dots \dots \dots (3.41)$$

3.10. Modal Overtuning Moment (M_{im})

Overtuning Moment atau momen guling merupakan jumlah momen akibat dari gaya gempa di atas tingkat tersebut. Secara matematisnya sebagai berikut :

$$M_{im} = \sum_{j=i+1}^N F'_{jm} (h_j - h_i) \dots \dots \dots (3.42)$$

3.11. Modal Story Drift (Δ_{im})

Modal story drift atau simpangan tingkat untuk tingkat gedung ke-i, yang dimodelkan sebagai shear building, memakai :

$$\Delta_{im} = \frac{V_{im}}{k_i} \dots \dots \dots (3.43)$$

dimana : V_{im} = modal shear force di tingkat i

k_i = jumlah kekakuan di tingkat i

Di dalam peraturan mengharuskan simpangan horisontal struktur yang dihitung dengan analisis dinamik dikalikan dengan factor $\frac{1}{0,9K}$. Dimana K adalah factor jenis

struktur, maka rumus untuk *modal story drift* menjadi :

$$\Delta_{im} = \frac{V_{im}}{0,9Kk_i} \dots \dots \dots (3.44)$$

Dengan memakai teknik SRSS, maka simpangan tingkat rencana dihitung dengan :

$$\Delta_{im} = \sqrt{\sum_{m=1}^N \Delta_{im}^2} \dots\dots\dots (3.45)$$

Perlu diingat bahwa maksimum simpangan tingkat yang diperbolehkan oleh peraturan Indonesia adalah $0,005h_i$.

3.12. Modal Lateral Displacement (d_{im})

Modal lateral displacement pada tingkat gedung ke-i dihitung dengan :

$$d_{im} = \sum_{j=1}^i \Delta_{jm} \dots\dots\dots (3.46)$$

dimana Δ_{jm} adalah *modal story drift*.

Dengan memakai teknik SRSS, *lateral displacement* rencana dapat dihitung dengan :

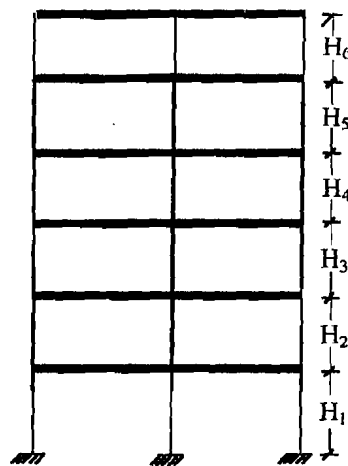
$$d_i = \sqrt{\sum_{m=1}^N d_{im}^2} \dots\dots\dots (3.47)$$

BAB IV METODE PENELITIAN

Dalam penulisan tugas akhir ini, kami menggunakan bantuan program komputer untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *mode* pada gedung-gedung bertingkat banyak. Di sini kami mencoba untuk membuat program dengan menggunakan **MICROSOFT VISUAL BASIC**, untuk mempermudah dalam perhitungan struktur yang akan kami gunakan sebagai obyek dalam penulisan Tugas Akhir ini.

4.1. Model Struktur

Model struktur yang akan kami gunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah gedung bertingkat yang mempunyai derajat kebebasan banyak (**MDOF**). Yang akan kami mulai dengan bangunan bertingkat enam sampai seterusnya.



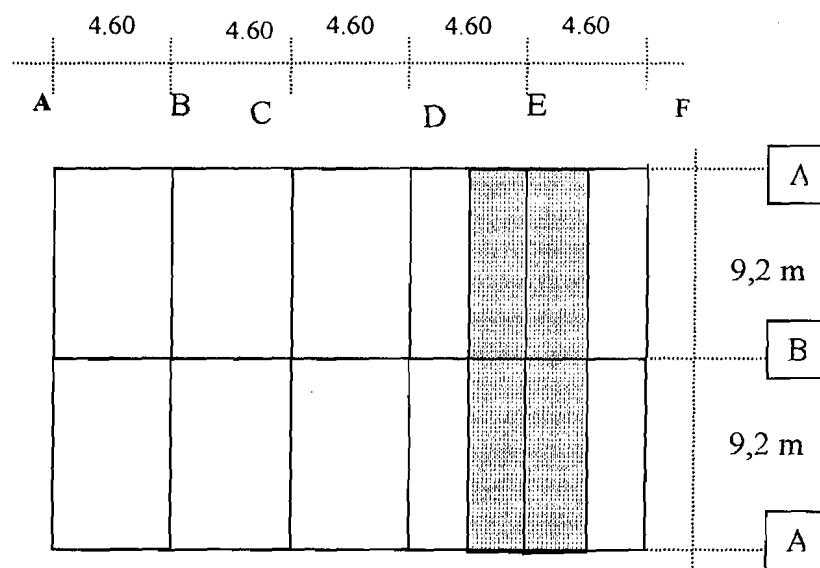
Gambar 4.1. Model Struktur tingkat enam

Untuk besarnya massa, dimensi balok, dimensi kolom dan E kami tentukan sendiri tanpa kami melakukan percobaan.

4.2. Data Struktur

Struktur yang ditinjau merupakan suatu model *shear building* 6, 12, 18, sampai 100 lantai dari struktur beton bertulang. Struktur diasumsikan sebagai bangunan untuk perkantoran dengan dimensi kolom dan dimensi balok ditentukan secara langsung, secara lengkap dapat dilihat pada gambar 4.2 sampai dengan 4.7. Sesuai dengan bahan penyusunnya maka modulus elastisitas (E) beton diambil sebesar 200000 kg/cm^2 dan berat jenis (γ) beton diambil sebesar 2400 kg/m^3 .

4.2.1. Data Struktur untuk gedung 6 lantai.



Gambar 4.2 Denah Model Struktur

	3.8 m	H 6
	3.8 m	H 5
	3.8 m	H 4
	3.8 m	H 3
	3.8 m	H 2
	3.8 m	H 1

Gambar 4.3 Potongan Portal E

Dimensi kolom yang digunakan dalam model struktur ditentukan secara langsung, lebih lengkapnya seperti tersaji pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data dimensi kolom

No.	Kolom	Dimensi (cm)
1	KA1,2	40/60
2	KA3,4	40/50
3	KA5,6	40/40
4	KB1,2	40/70
5	KB3,4	40/50
6	KB5,6	40/40

Dimensi balok yang digunakan dalam model struktur diambil dari Tugas Akhir Agung dan Yesri, lebih lengkapnya seperti tersaji pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data dimensi balok

No.	Balok	Dimensi (cm)
1	Lt 1,2,3,4,5,6	35/75

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Pendahuluan

Perhitungan dinamik dilakukan dengan menggunakan program ProgSIP 2001, yang dibuat dengan bahasa program Visual Basic 6. *Input* dalam program ProgSIP 2001 berupa massa, kekakuan, jumlah tingkat, dan tinggi tingkat. Perhitungan analisa dinamik pertama adalah menghitung *modeshape*, selanjutnya setelah *modeshape* didapat kemudian dilanjutkan dengan menghitung *modal effective mass*, *modal effective height*, *modal seismic force*, *modal shear force*, *modal overtuning moment*, *modal lateral displacement*, dan *modal story drift*. Setelah hitungan selesai, maka dibuat grafik. Dari grafik tersebut dapat dilihat prosentase *modal effective mass* pada gedung-gedung bertingkat banyak, batas mode yang mencapai prosentase 90 %.

5.2. Perhitungan Massa dan Kekakuan Struktur

5.2.1. Struktur dengan kekakuan berbeda

1. Struktur 6 lantai

Untuk massanya diambil dari Tugas Akhir Agung Febriarto dan Yesri Elrian, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut :

Tabel 5.1 Hasil perhitungan massa pada struktur 6 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1,2,3,4,5	64.5351
2	6	31.3866

Perhitungan kekakuan menggunakan prinsip *shear building* dimana kekakuan kolom tidak dipengaruhi oleh balok yang menghubungkan kolom-kolom yang ada. Kekakuan tiap kolom dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{12 * E * I}{H^3} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$\text{Dengan } I = \frac{1}{12} * b * h^3 \dots\dots\dots (5.2)$$

Maka rumus untuk mencari kekakuan menjadi :

$$K = \frac{E * b * h^3}{H^3}, \text{ dengan nilai } E = 200000 \text{ kg/cm}^2, \text{ sehingga rumusnya dapat}$$

$$\text{disederhanakan menjadi : } K = \frac{200000 * b * h^3}{H^3} \dots\dots\dots (5.3)$$

Dengan melihat data struktur maka kekakuan dihitung secara paralel yaitu kekakuan tiap lantai merupakan jumlah dari kekakuan kolom, kemudian hasil dari jumlah kekakuan kolom tersebut dikalikan dengan 0,75. Dengan memakai persamaan 5.3, maka kekakuan masing-masing kolom dapat dihitung.

$$KA_{1,2} = \frac{200000 * 40 * 60^3}{380^3} = 31491,471 \text{ kg/cm}$$

$$KA_{3,4} = \frac{200000 * 40 * 50^3}{380^3} = 18224,231 \text{ kg/cm}$$

$$KA_{5,6} = \frac{200000 * 40 * 40^3}{380^3} = 9330,806 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{1,2} = \frac{200000 * 40 * 70^3}{380^3} = 50007,289 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{3,4} = \frac{200000 * 40 * 50^3}{380^3} = 18224,231 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{5,6} = \frac{200000 * 40 * 40^3}{380^3} = 9330,806 \text{ kg/cm}$$

Kekakuan masing-masing tingkat dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_{1,2} &= 0.75 * ((2 * KA_1) + KB_1) = 0.75 * ((2 * 31491.471) + 50007.289) \\ &= 84742.674 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{3,4} &= 0.75 * ((2 * KA_3) + KB_3) = 0.75 * ((2 * 18224.231) + 18224.231) \\ &= 41004.519 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{5,6} &= 0.75 * ((2 * KA_5) + KB_5) = 0.75 * ((2 * 9330.806) + 9330.806) \\ &= 20994.314 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

Selengkapnya hasil perhitungan kekakuan struktur disajikan pada tabel 5.2 berikut ini :

Tabel 5.2 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 6 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1,2	84742.674
2	3,4	41004.519
3	5,6	20994.314

2. Struktur 12 lantai

Seperti halnya struktur 6 lantai, struktur 12 lantai massanya juga diambil dari Tugas Akhir Agung Febriarto dan Yesri Elrian, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut :

Tabel 5.3 Hasil perhitungan massa pada struktur 12 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	97.27216
2	2,3,4	100.38139
3	5,6,7,8,9	97.27216
4	10,11	93.75739
5	12	60.59232

Dengan menggunakan persamaan 5.3, maka kekakuan untuk masing-masing kolom pada struktur 12 lantai dapat dihitung sebagai berikut :

$$KA_{1,2,3,4} = \frac{200000 * 50 * 70^3}{390^3} = 57822.957 \text{ kg/cm}$$

$$KA_{5,6,7,8} = \frac{200000 * 50 * 60^3}{390^3} = 36413.291 \text{ kg/cm}$$

$$KA_{9,10,11,12} = \frac{200000 * 50 * 50^3}{390^3} = 21072.506 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{1,2,3,4} = \frac{200000 * 50 * 80^3}{390^3} = 86312.986 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{5,6,7,8} = \frac{200000 * 50 * 60^3}{390^3} = 36413.291 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{9,10,11,12} = \frac{200000 * 50 * 50^3}{390^3} = 21072.506 \text{ kg/cm}$$

Kekakuan masing-masing tingkat dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_{1,2,3,4} &= 0.75 * ((2 * KA_1) + KB_1) = 0.75 * ((2 * 57822.957) + 86312.986) \\ &= 151469.175 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{5,6,7,8} &= 0.75 * ((2 * KA_5) + KB_5) = 0.75 * ((2 * 36413.291) + 36413.291) \\ &= 81929.905 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$K_{9,10,11,12} = 0.75 * ((2 * K_{A9}) + K_{B9}) = 0.75 * (2 * 21072.506) + 21072.506$$

$$= 47413.1385 \text{ kg/cm.}$$

Selengkapnya hasil perhitungan kekakuan struktur disajikan pada tabel 5.4 berikut ini :

Tabel 5.4 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 12 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1,2,3,4	151469.175
2	5,6,7,8	81929.905
3	9,10,11,12	47413.1385

3. Struktur 18 lantai

Seperti halnya struktur 6 lantai dan struktur struktur 12, struktur 18 lantai massanya juga diambil dari Tugas Akhir Agung Febriarto dan Yesri Elrian, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut :

Tabel 5.5 Hasil perhitungan massa pada struktur 18 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	129.716245
2	2,3,4,5,6	136.20506
3	7,8,9,10,11	129.716245
4	12,13,14,15,16,17	122.145959
5	18	80.3294280

Dengan menggunakan persamaan 5.3, maka kekakuan untuk masing-masing kolom pada struktur 18 lantai dapat dihitung sebagai berikut :

$$K_{A1,2,3,4,5,6} = \frac{200000 * 90 * 90^3}{380^3} = 239138.3584 \text{ kg/cm}$$

$$K_{A7,8,9,10,11,12} = \frac{200000 * 80 * 90^3}{380^3} = 212567.429 \text{ kg/cm}$$

$$KA_{13,14,15,16,17,18} = \frac{200000 * 80 * 80^3}{380^3} = 149292.899 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{1,2,3,4,5,6} = \frac{200000 * 90 * 100^3}{380^3} = 328036.157 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{7,8,9,10,11,12} = \frac{200000 * 80 * 90^3}{380^3} = 212567.429 \text{ kg/cm}$$

$$KB_{13,14,15,16,17,18} = \frac{200000 * 80 * 80^3}{380^3} = 149292.899 \text{ kg/cm}$$

Kekakuan masing-masing tingkat dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_{1,2,3,4,5,6} &= 0.75 * ((2 * KA_1) + KB_1) = 0.75 * ((2 * 239138.3584) + 328036.157) \\ &= 604734.656 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{7,8,9,10,11,12} &= 0.75 * ((2 * KA_7) + KB_7) = 0.75 * ((2 * 212567.429) + 212567.429) \\ &= 478276.717 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{13,14,15,16,17,18} &= 0.75 * ((2 * KA_{13}) + KB_{13}) = 0.75 * ((2 * 149292.899) \\ &+ 149292.899) = 335909.024 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

Selengkapnya hasil perhitungan kekakuan struktur disajikan pada tabel 5.6 berikut ini :

Tabel 5.6 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 18 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1,2,3,4,5,6	604734.656
2	7,8,9,10,11,12	478276.717
3	13,14,15,16,17,18	335909.024

4. Struktur 20 lantai

Untuk struktur 20 lantai sampai 100 lantai, massa dan kekakuannya dihitung secara ekstrapolasi berdasarkan data struktur 6, 12, dan 18 lantai. Massa dan kekakuan struktur 20 lantai dapat dilihat pada tabel 5.7 dibawah ini :

Tabel 5.7 Hasil perhitungan massa pada struktur 20 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	140.53094
2	2,3,4,5,6,7	148.1463
3	8 sampai 15	140.53094
4	16 sampai 19	131.0230
5	20	86.90850

Tabel 5.8 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 20 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 7	470232.618
2	8 sampai 13	491918.512
3	14 sampai 20	258536.474

5. Struktur 25 lantai

Tabel 5.9 Hasil perhitungan massa pada struktur 25 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	167.5677
2	2 sampai 8	177.9993
3	9 sampai 19	167.5677
4	20 sampai 24	155.2660
5	25	103.3561



Tabel 5.10 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 25 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 8	1133544.380
2	9 sampai 17	940681.331
3	18 sampai 25	672487.557

6. Struktur 30 lantai

Tabel 5.11 Hasil perhitungan massa pada struktur 30 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	194.6044
2	2 sampai 10	207.8524
3	11 sampai 21	194.6044
4	22 sampai 29	175.4083
5	30	119.8036

Tabel 5.12 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 30 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 10	1413737.965
2	11 sampai 20	1141749.346
3	21 sampai 30	809525.632

7. Struktur 35 lantai

Tabel 5.13 Hasil perhitungan massa pada struktur 35 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	221.6412
2	2 sampai 13	237.7054
3	14 sampai 28	221.6412
4	29 sampai 34	202.5802
5	35	136.2512

Tabel 5.14 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 35 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 12	1888986.852
2	13 sampai 24	1601259.351
3	25 sampai 26	1153314.033

8. Struktur 40 lantai

Tabel 5.15 Hasil perhitungan massa pada struktur 40 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	248.6779
2	2 sampai 13	267.5585
3	14 sampai 28	248.6779
4	29 sampai 39	219.7936
5	40	152.6988

Tabel 5.16 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 40 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 13	1493630.125
2	14 sampai 25	1220705.507
3	26 sampai 40	869573.149

9. Struktur 45 lantai

Tabel 5.17 Hasil perhitungan massa pada struktur 45 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	275.7150
2	2 sampai 12	297.4116
3	13 sampai 34	275.7150
4	35 sampai 44	249.8950
5	45	169.1464

Tabel 5.18 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 45 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 15	2644429.320
2	16 sampai 30	2261837.371
3	31 sampai 45	1634140.509

10. Struktur 50 lantai

Tabel 5.19 Hasil perhitungan massa pada struktur 50 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	302.7514
2	2 sampai 17	327.2646
3	18 sampai 35	302.7514
4	36 sampai 49	264.1789
5	50	185.5940

Tabel 5.20 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 50 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 16	2569275.702
2	17 sampai 32	2113465.339
3	33 sampai 50	1509336.099

11. Struktur 60 lantai

Tabel 5.21 Hasil perhitungan massa pada struktur 60 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	356.8248
2	2 sampai 20	386.9708
3	21 sampai 41	356.8248
4	42 sampai 59	308.5642
5	60	218.4892

Tabel 5.22 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 60 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 20	2360283.428
2	21 sampai 40	1949492.502
3	41 sampai 60	1394430.999

12. Struktur 80 lantai

Tabel 5.23 Hasil perhitungan massa pada struktur 80 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	464.9718
2	2 sampai 27	506.3830
3	28 sampai 55	464.9718
4	56 sampai 79	397.3349
5	80	284.2795

Tabel 5.24 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 80 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 27	3226936.500
2	28 sampai 58	2678279.497
3	59 sampai 80	1919288.849

13. Struktur 100 lantai

Tabel 5.25 Hasil perhitungan massa pada struktur 100 lantai

No.	Lantai	Massa (kg. Det ² /cm)
1	1	573.1187
2	2 sampai 33	625.7952
3	34 sampai 67	573.1187
4	68 sampai 99	486.1055
5	100	350.0699

Tabel 5.26 Hasil perhitungan kekakuan pada struktur 100 lantai

No.	Lantai	Kekakuan (kg/cm)
1	1 sampai 33	4093590.030
2	34 sampai 66	3407066.490
3	67 sampai 100	2444146.700

5.2.2. Struktur dengan kekakuan sama

Untuk struktur dengan kekakuan sama, massanya diambil sama dengan struktur yang kekakuannya berbeda. Sedangkan kekakuannya diambil sama seperti kekakuan pada lantai 1 untuk masing-masing struktur.

1. Struktur 6 lantai

Untuk struktur 6 lantai kekakuannya diambil :

$$K_{1,2,3,4,5,6} = 84742.674 \text{ kg/cm.}$$

2. Struktur 12 lantai

Untuk struktur 12 lantai kekakuannya diambil :

$$K_{1 \text{ sampai } 12} = 151469.175 \text{ kg/cm.}$$

3. Struktur 18 lantai

Untuk struktur 18 lantai kekakuannya diambil :

$$K_{1 \text{ sampai } 18} = 604734.656 \text{ kg/cm.}$$

4. Struktur 20 lantai

Untuk struktur 20 lantai kekakuannya diambil :

$$K_{1 \text{ sampai } 20} = 470232.618 \text{ kg/cm.}$$

5. Struktur 25 lantai

Untuk struktur 25 lantai kekakuannya diambil :

$$K_{1 \text{ sampai } 25} = 1133544.380 \text{ kg/cm.}$$

6. Struktur 30 lantai

Untuk struktur 30 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 30 = 1413737.965 kg/cm.

7. Struktur 35 lantai

Untuk struktur 35 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 35 = 1888986.852 kg/cm.

8. Struktur 40 lantai

Untuk struktur 40 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 40 = 1493630.125 kg/cm.

9. Struktur 45 lantai

Untuk struktur 45 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 45 = 2644429.320 kg/cm.

10. Struktur 50 lantai

Untuk struktur 50 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 50 = 2569275.702 kg/cm.

11. Struktur 60 lantai

Untuk struktur 60 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 60 = 2360283.428 kg/cm.

12. Struktur 80 lantai

Untuk struktur 80 lantai kekakuannya diambil :

K_1 sampai 80 = 3226936.500 kg/cm.

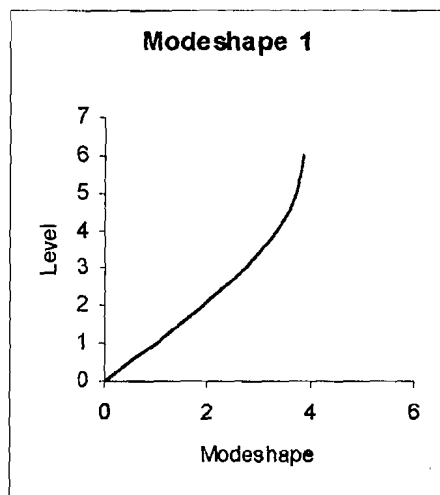
13. Struktur 100 lantai

Untuk struktur 100 lantai kekakuannya diambil :

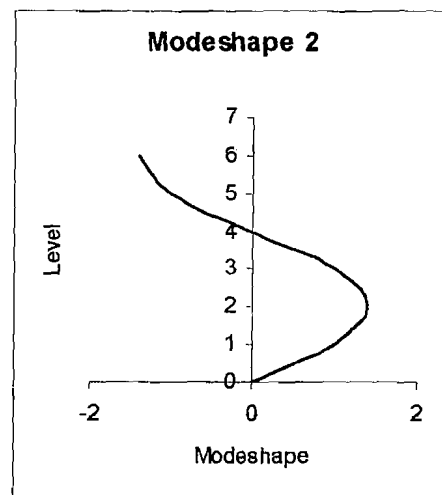
K 1 sampai 100 = 4093590.030 kg/cm.

5.3. Perhitungan *Modeshape*

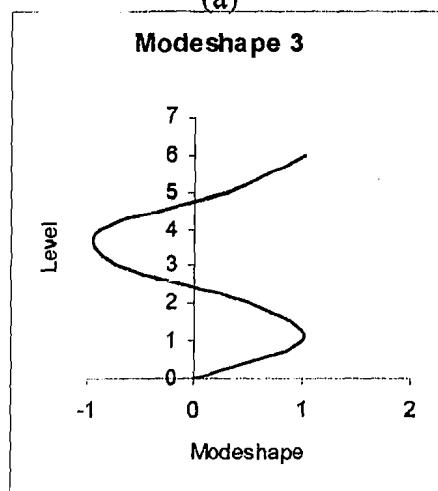
Perhitungan *modeshape* dipakai metode Jacobi, contoh grafik *modeshape* untuk struktur 6 lantai dapat dilihat dibawah ini :



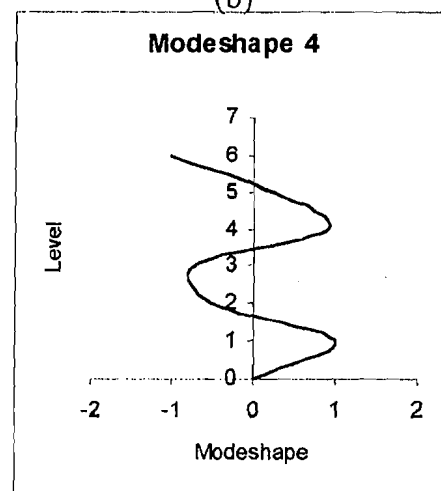
(a)



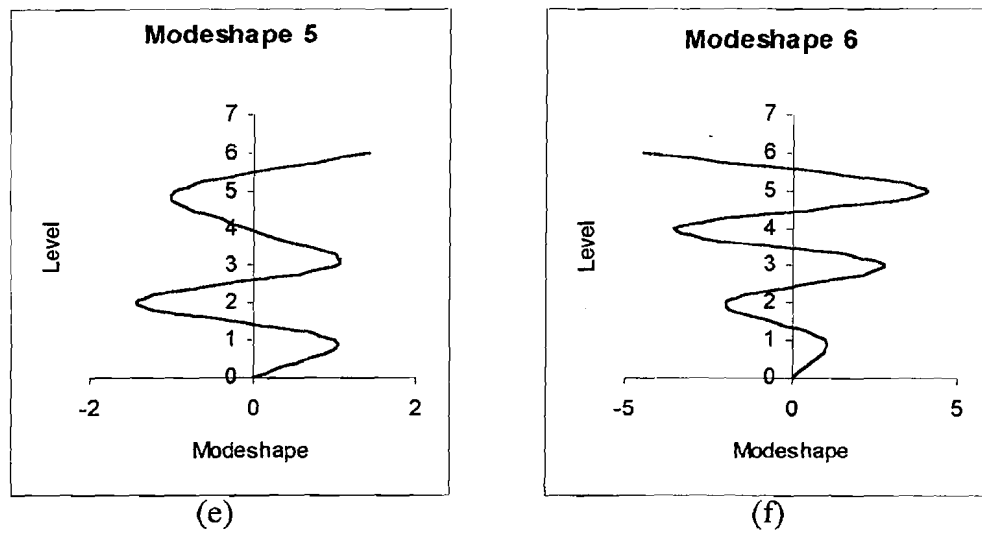
(b)



(c)



(d)



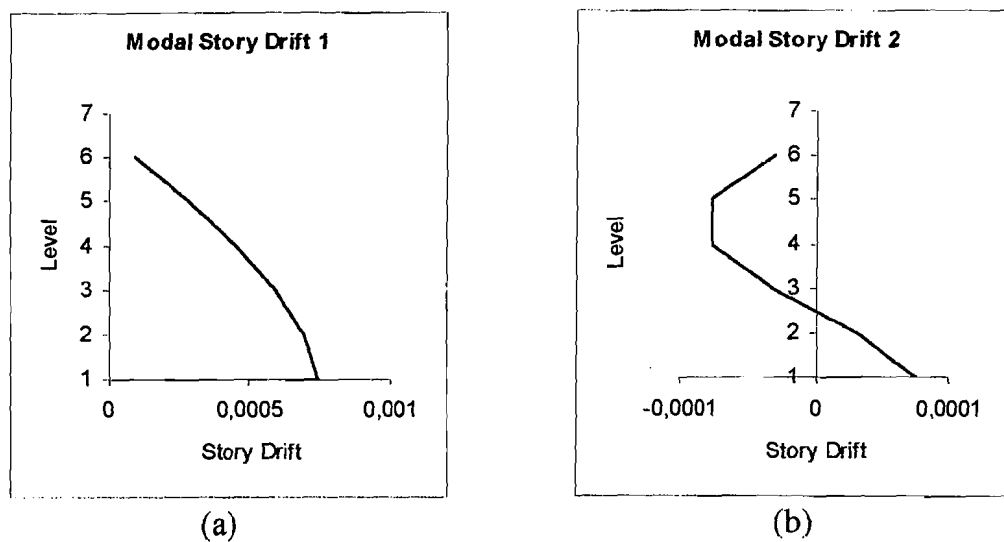
Gambar 5.1 Grafik Modeshape 6 Tingkat

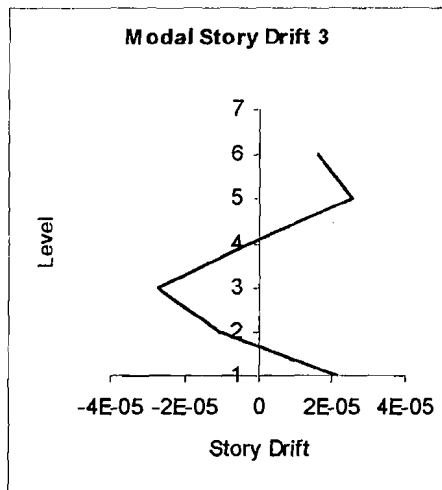
5.4. Perhitungan *Modal Story Drift*

Modal story drift didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

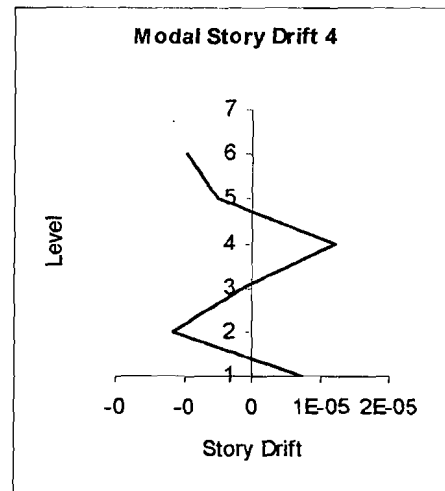
$$\Delta_{im} = \frac{V_{im}}{0,9Kk_i} \dots \dots \dots (5.4)$$

Berikut ini grafik *modal story drift* untuk struktur 6 lantai.

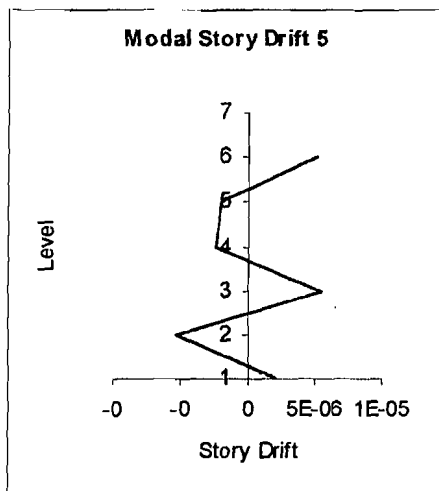




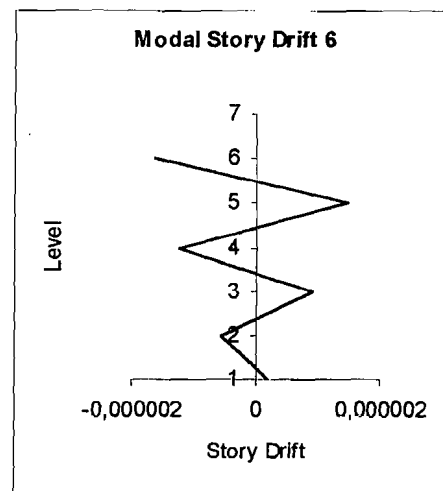
(c)



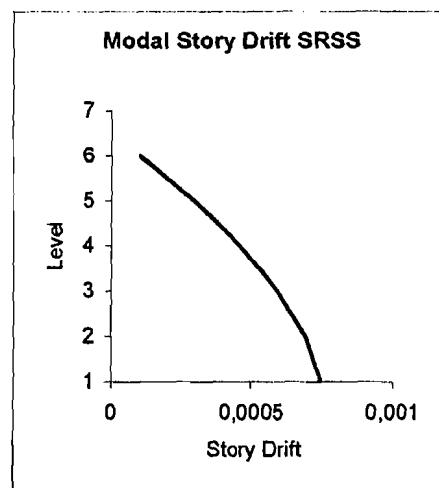
(d)



(e)



(f)



(g)

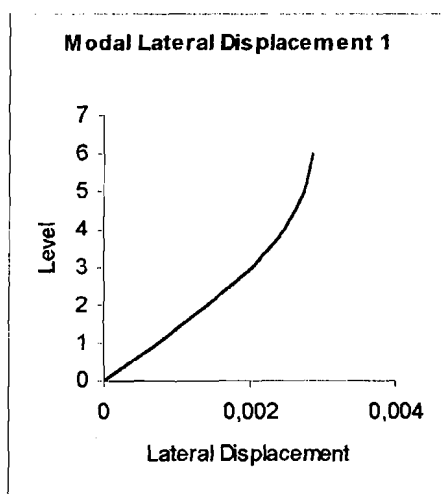
Gambar 5.2 Grafik Modal Story Drift 6 Tingkat

5.5. Perhitungan *Modal lateral displacement*

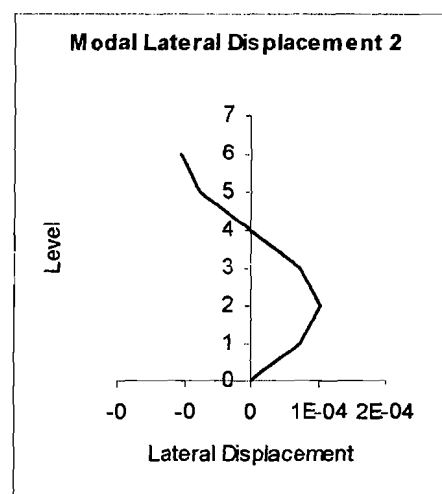
Modal lateral displacement didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d_m = \sum_{j=1}^i \Delta_{jm} \dots \dots \dots (5.5)$$

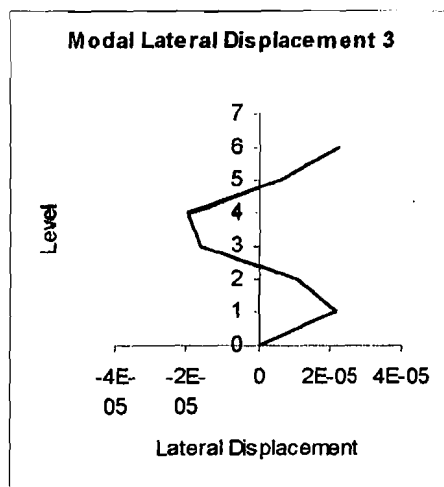
Berikut ini grafik *modal lateral displacement* untuk struktur 6 lantai.



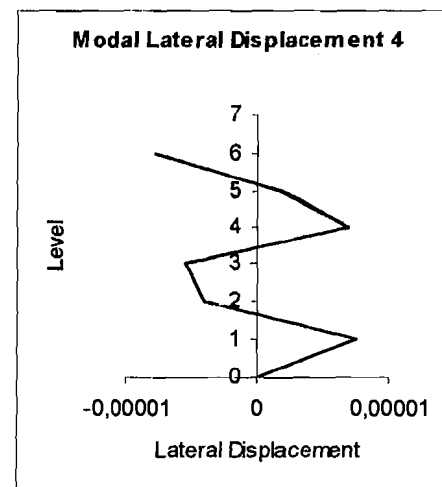
(a)



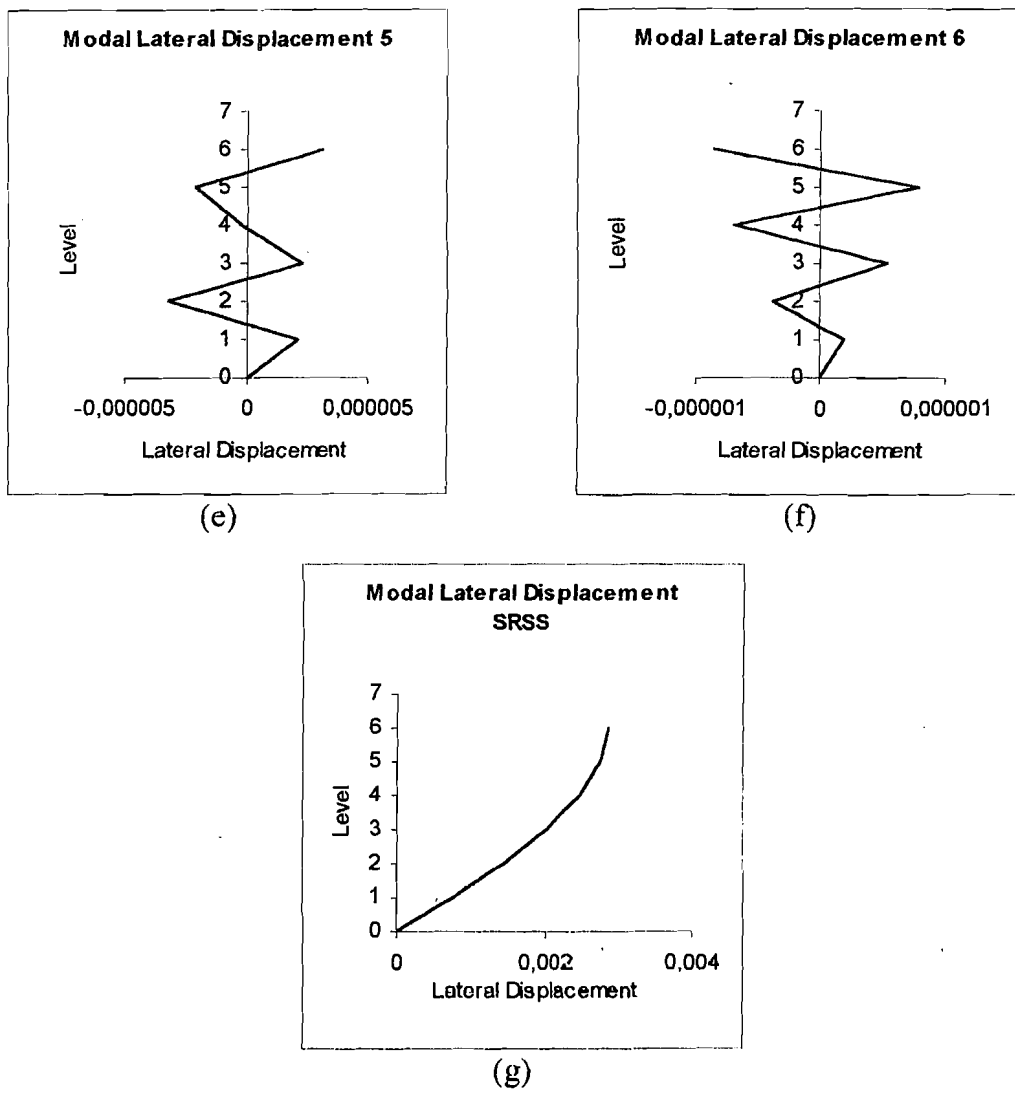
(b)



(c)



(d)



Gambar 5.3 Grafik Modal Lateral Displacement 6 Tingkat

5.6. Perhitungan Modal Seismic Force (F_{im})

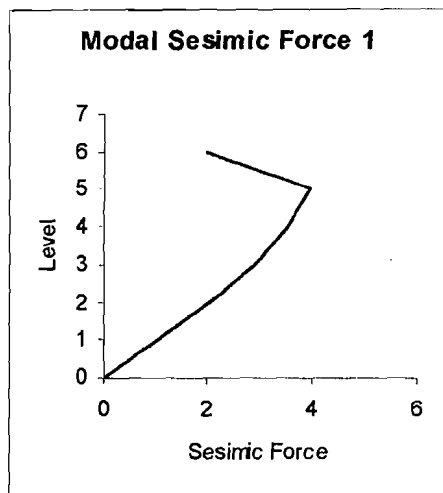
Modal seismic force di tingkat i ditentukan dengan rumus :

$$F_{im} = C_{im} V_m \dots \dots \dots (5.6)$$

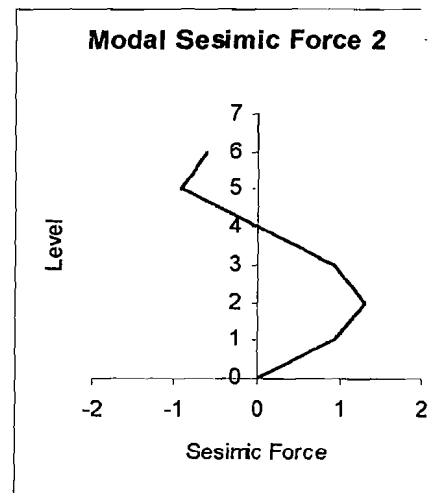
Dimana C_{im} adalah koefisien modal gempa di tingkat i yang diperoleh dari :

$$C_{im} = \frac{\phi_{im} W_i}{\sum_{j=1}^N \phi_{jm} W_j} \dots \dots \dots (5.7)$$

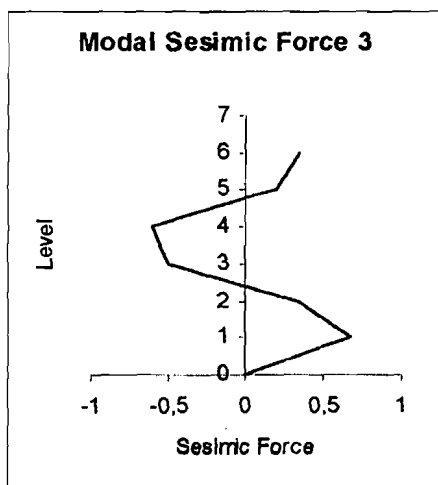
Berikut ini grafik modal seismic force untuk struktur 6 lantai.



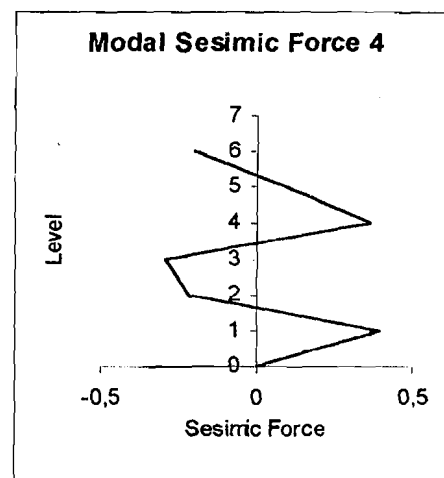
(a)



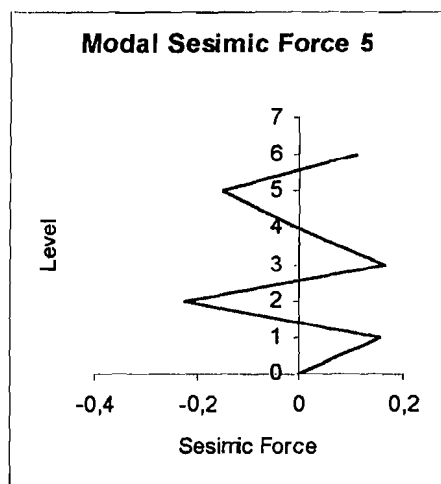
(b)



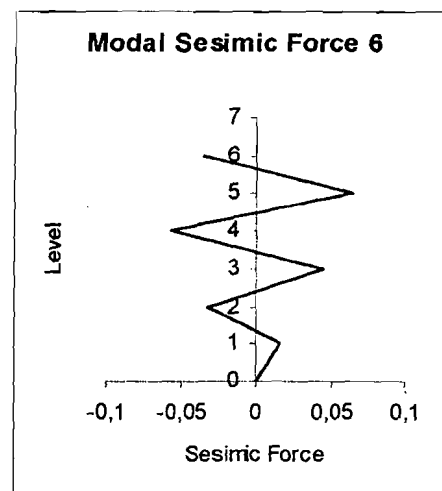
(c)



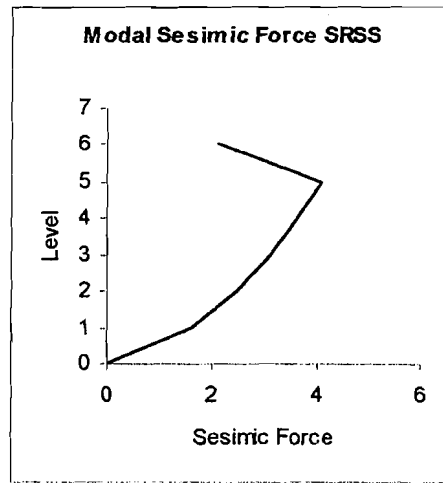
(d)



(e)



(f)



(g)

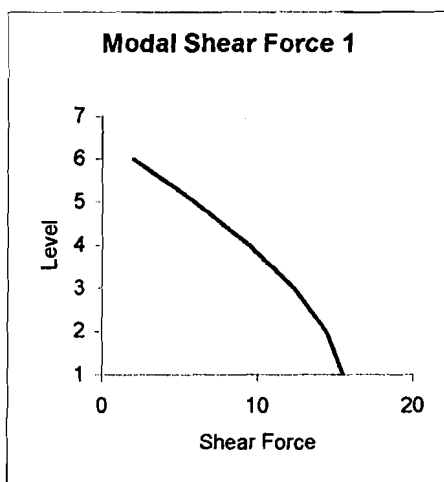
Gambar 5.4 Grafik Modal Seismic Force 6 Tingkat

5.7. Perhitungan modal shear force

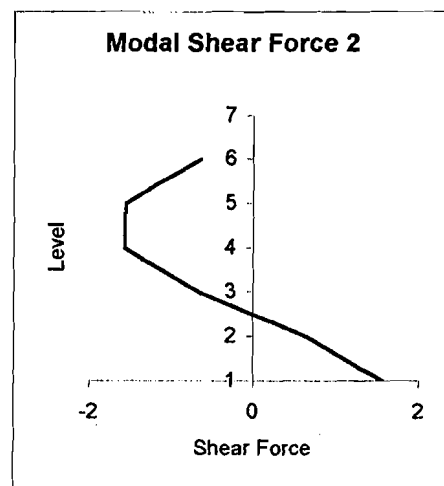
Modal shear force didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{im} = \sum_{j=1}^N F_{jm} \dots\dots\dots (5.8)$$

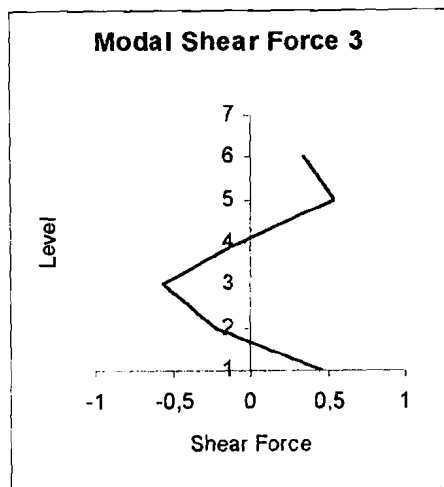
Berikut ini grafik modal shear force untuk struktur 6 lantai.



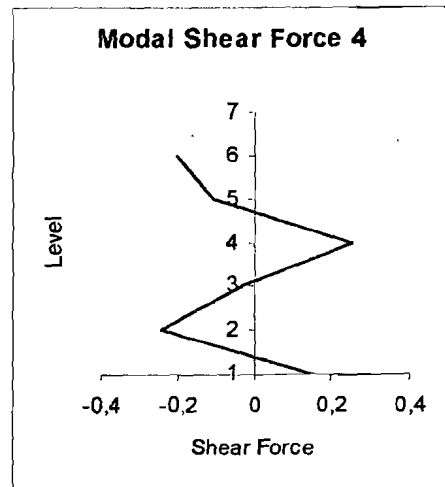
(a)



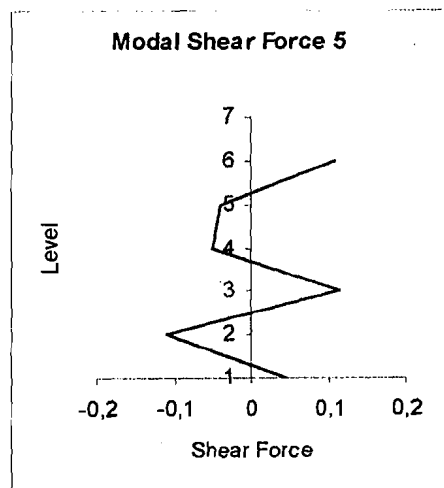
(b)



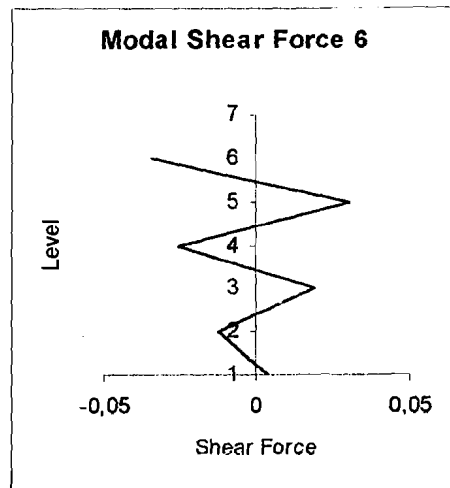
(c)



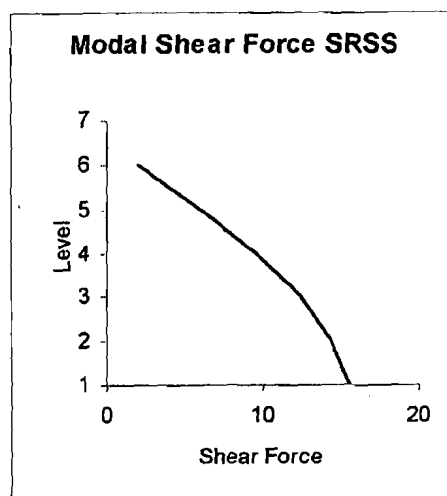
(d)



(e)



(f)



(g)

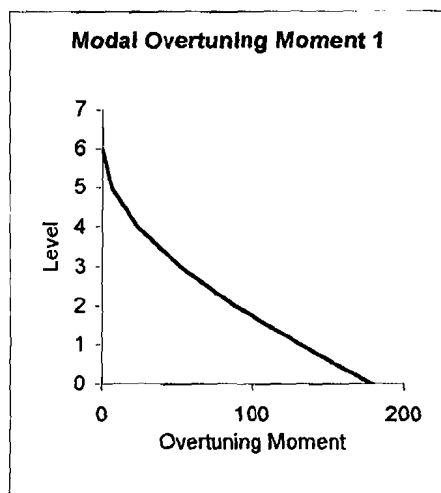
Gambar 5.5 Grafik Modal Shear Force 6 Tingkat

5.8. Perhitungan Modal Overtuning Moment

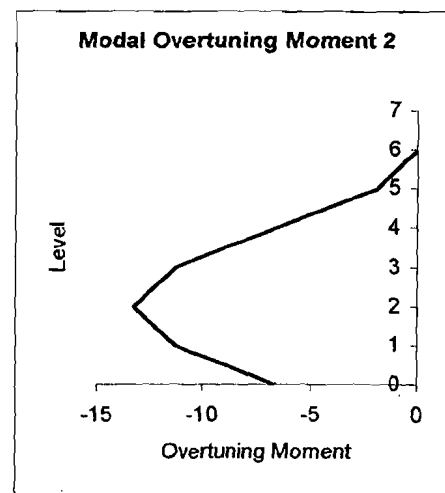
Modal overtuning moment didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$M_i = \sum_{j=i+1}^N F_j (h_j - h_i) \dots \dots \dots (5.9)$$

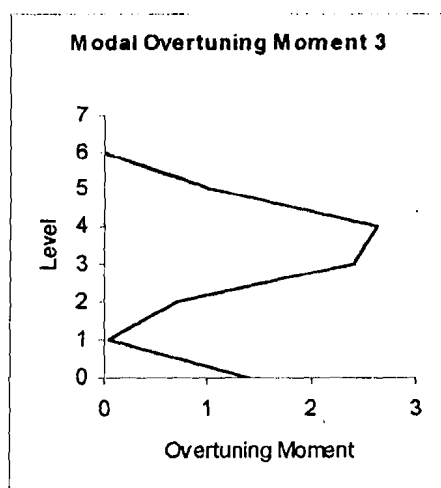
Berikut ini grafik modal overtuning moment untuk struktur 6 lantai.



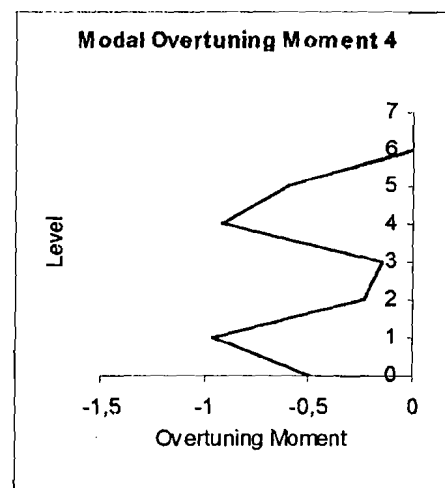
(a)



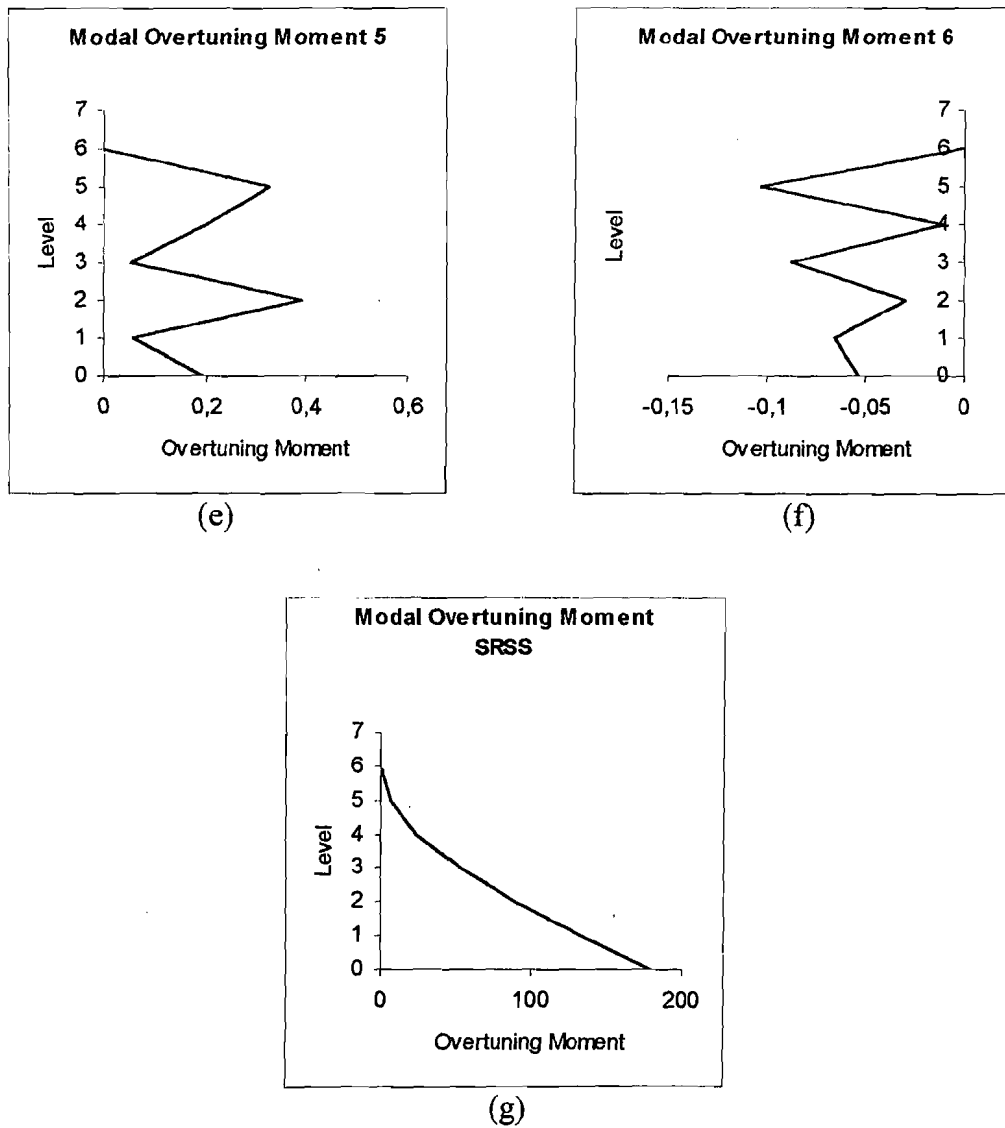
(b)



(c)



(d)



Gambar 5.6 Grafik Modal Overturning Moment 6 Tingkat

5.9. Perhitungan modal effective mass

Modal effective mass dicari dengan rumus sebagai berikut :

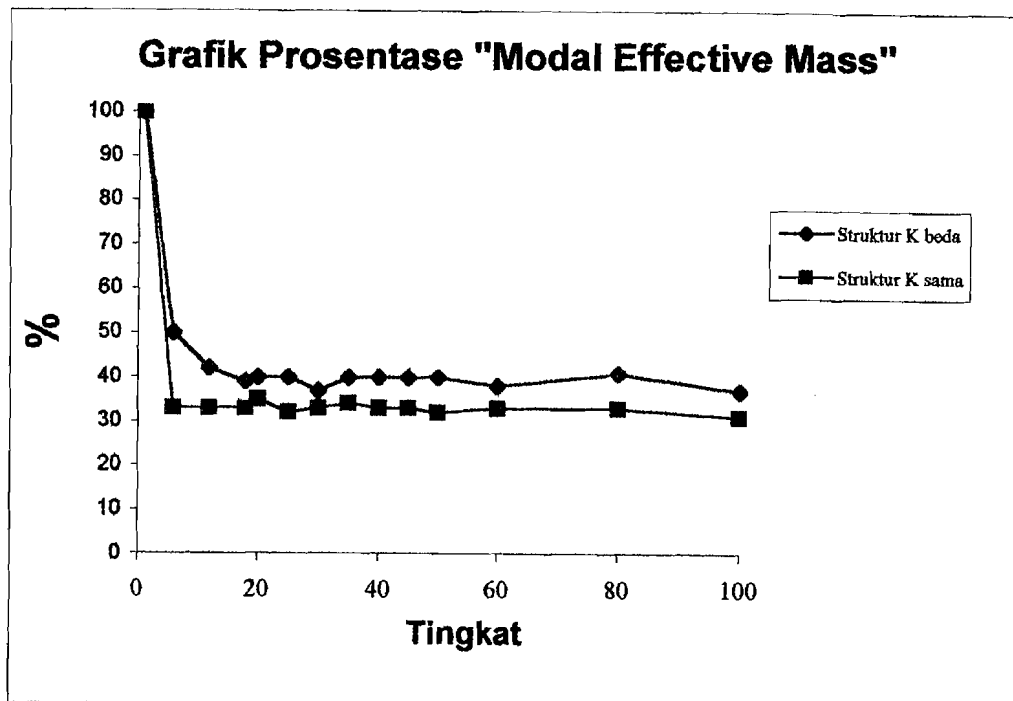
$$M_m = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \phi_{im} M_i \right]^2}{\sum_{i=1}^N \phi_{im}^2 M_i} \dots \dots \dots (5.10)$$

Berikut ini dapat dilihat grafik plot antara jumlah tingkat dengan jumlah mode yang mencapai prosentase M_m 90 %, disini dipakai struktur 6 sampai 100 tingkat, untuk struktur dengan kekakuan berbeda dan kekakuan yang sama. Data prosentase M_m yang mencapai 90% dapat dilihat pada tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5.27 Prosentase Modal Effective Mass (MEM)

Jumlah Tingkat	Batas Mode Mencapai MEM 90 %			
	Struktur K berbeda		Struktur K sama	
	Mode	%	Mode	%
1	1	100	1	100
6	3	50	2	33
12	4	42	4	33
18	7	39	6	33
20	9	40	7	35
25	10	40	8	32
30	11	37	10	33
35	14	40	12	34
40	16	40	13	33
45	18	40	15	33
50	20	40	16	32
60	23	38	20	33
80	33	41	26	33
100	37	37	31	31

Kemudian dari hasil di atas dibuat grafik, dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.7 di bawah ini :



Gambar 5.7 Grafik *Modal Effective Mass*

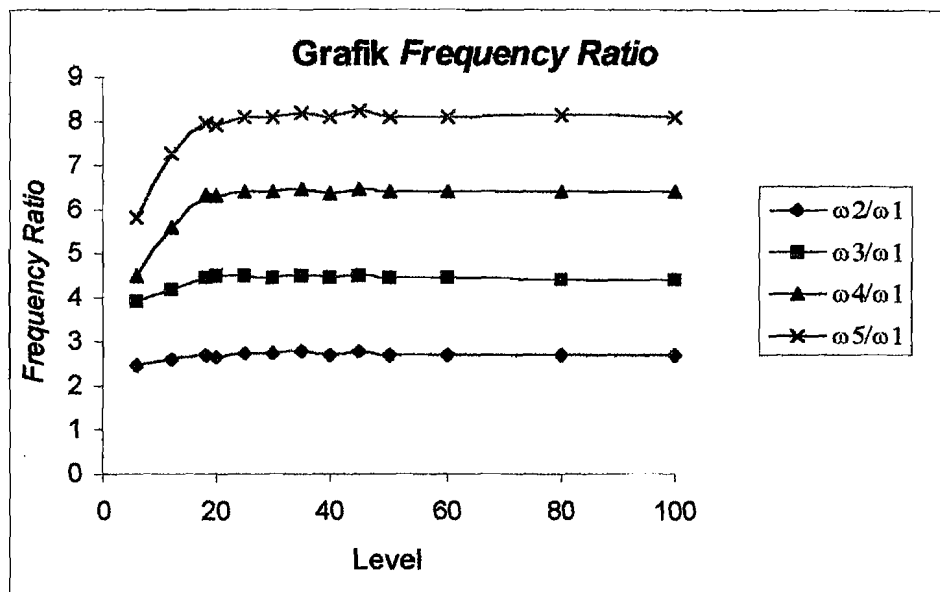
Setelah grafik *Modal Effective Mass* didapat, kemudian dihitung *frequency ratio* yaitu perbandingan antara ω_2 sampai ω_5 dengan ω_1 untuk struktur dengan kekakuan sama dan struktur dengan kekakuan berbeda. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.28 dan tabel 5.29, dari data hasil tersebut kemudian dibuat grafik, dan hasilnya seperti pada gambar 5.8 dan gambar 5.9.

Tabel 5.28 *Frequency Ratios* Struktur dengan Kekakuan Berbeda

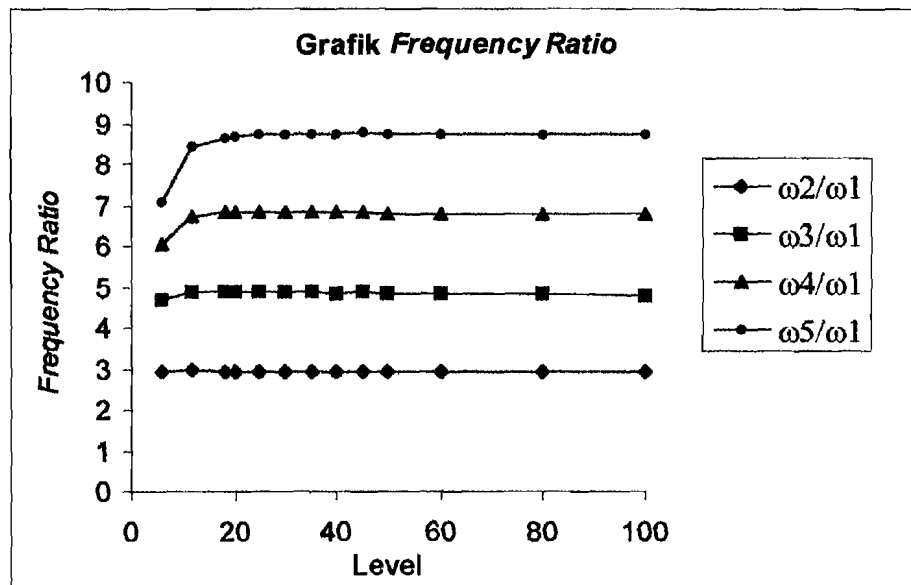
Tingkat	ω_2/ω_1	ω_3/ω_1	ω_4/ω_1	ω_5/ω_1
6	2,46	3,90	4,50	5,80
12	2,57	4,19	5,60	7,27
18	2,70	4,45	6,30	7,95
20	2,64	4,50	6,30	7,90
25	2,75	4,50	6,40	8,10
30	2,71	4,45	6,40	8,10
35	2,76	4,50	6,46	8,18
40	2,70	4,45	6,37	8,10
45	2,76	4,52	6,46	8,22
50	2,70	4,45	6,40	8,11
60	2,70	4,44	6,40	8,10
80	2,70	4,43	6,41	8,12
100	2,70	4,43	6,40	8,10

Tabel 5.29 *Frequency Ratios* Struktur dengan Kekakuan Sama

Tingkat	ω_2/ω_1	ω_3/ω_1	ω_4/ω_1	ω_5/ω_1
6	2,93	4,66	6,07	7,07
12	2,96	4,87	6,72	8,44
18	2,94	4,87	6,81	8,63
20	2,95	4,89	6,81	8,68
25	2,95	4,89	6,83	8,74
30	2,94	4,86	6,82	8,74
35	2,95	4,90	6,84	8,75
40	2,93	4,84	6,81	8,74
45	2,95	4,87	6,83	8,80
50	2,93	4,83	6,80	8,74
60	2,92	4,82	6,80	8,73
80	2,91	4,81	6,79	8,72
100	2,91	4,80	6,79	8,71



Gambar 5.8 Grafik *Frequency Ratio* Struktur dengan kekakuan berbeda

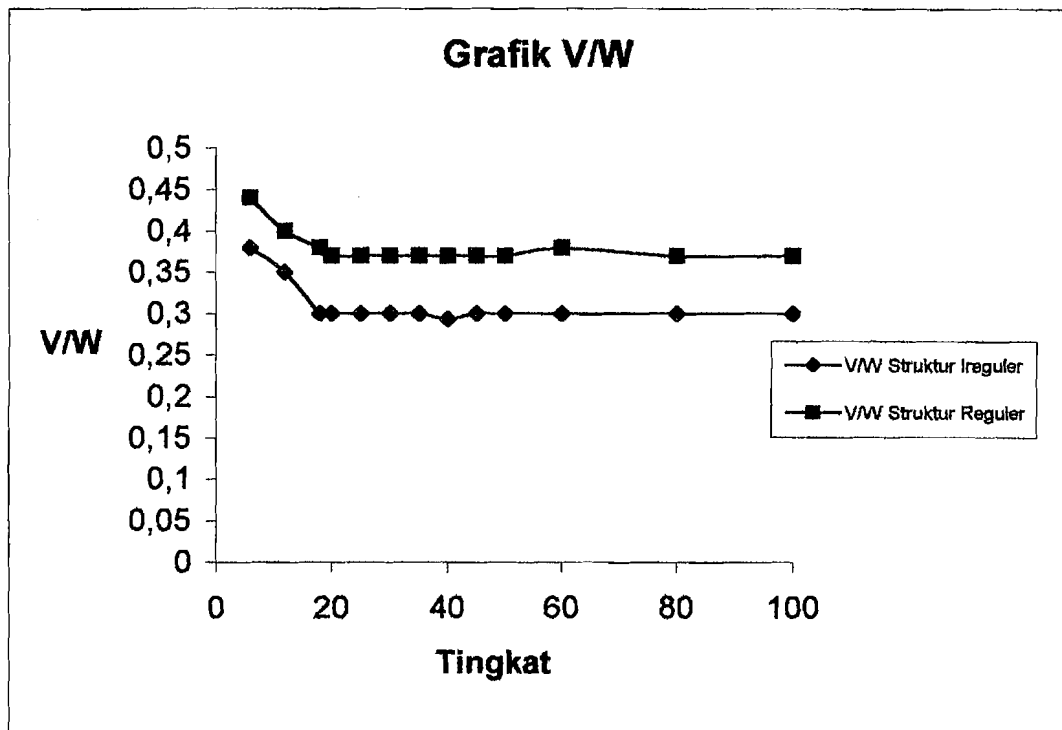


Gambar 5.9 Grafik *Frequency Ratio* Struktur dengan kekakuan sama

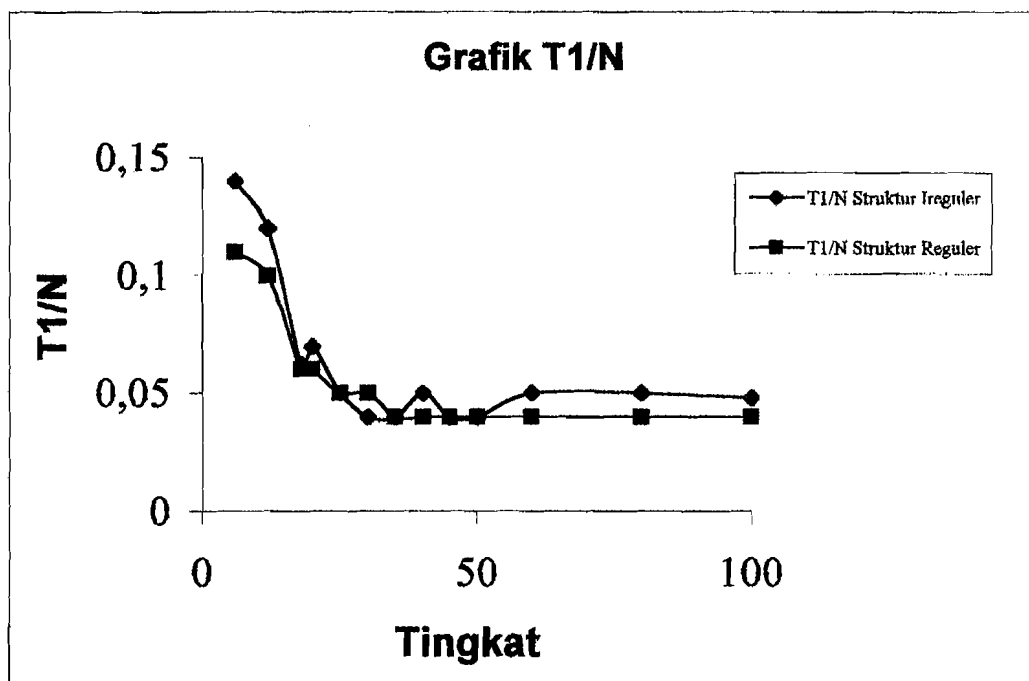
Setelah *frequency ratio* didapat, kemudian dihitung juga perbandingan antara gaya geser lantai dasar (V_1) dengan berat gedung (W_{total}) dan perbandingan antara *natural periods 1* (T_1) dengan jumlah tingkat gedung. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 5.30, serta hasilnya berupa grafik dapat dilihat pada gambar 5.10 dan gambar 5.11.

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan V/W dan T_1/N

Tingkat	V/W		T_1/N	
	Struktur K berbeda	Struktur K sama	Struktur K berbeda	Struktur K sama
6	0,38	0,44	0,14	0,11
12	0,35	0,4	0,12	0,1
18	0,3	0,38	0,062	0,06
20	0,3	0,37	0,07	0,06
25	0,3	0,37	0,05	0,05
30	0,3	0,37	0,04	0,05
35	0,3	0,37	0,04	0,04
40	0,294	0,37	0,05	0,04
45	0,3	0,37	0,04	0,04
50	0,3	0,37	0,04	0,04
60	0,3	0,38	0,05	0,04
80	0,3	0,37	0,05	0,04
100	0,3	0,37	0,048	0,04



Gambar 5.10 Grafik V/W

Gambar 5.11 Grafik T₁/N

Pada suatu penelitian disebutkan bahwa nilai frequency ratio untuk bangunan yang reguler akan menghasilkan nilai secara urut dari ω_2/ω_1 sampai ω_5/ω_1 yaitu 3,5,7, dan 9. Dibawah ini dapat dilihat selisih antara hasil penelitian tersebut dengan ProgSIP 2001.

Tabel 5.31 Selisih Frequency Ratios

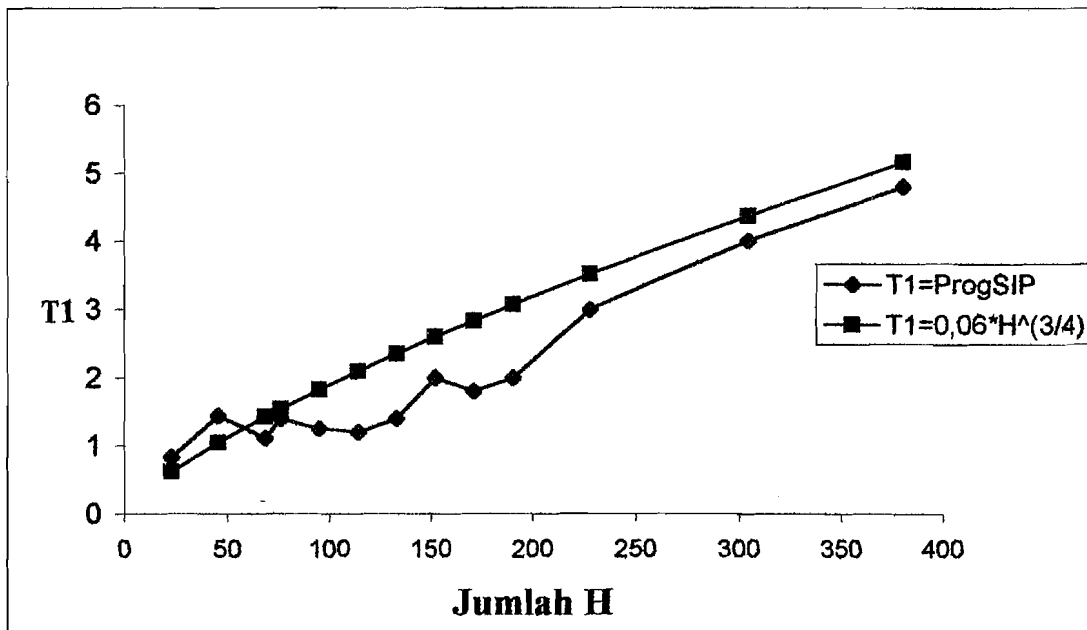
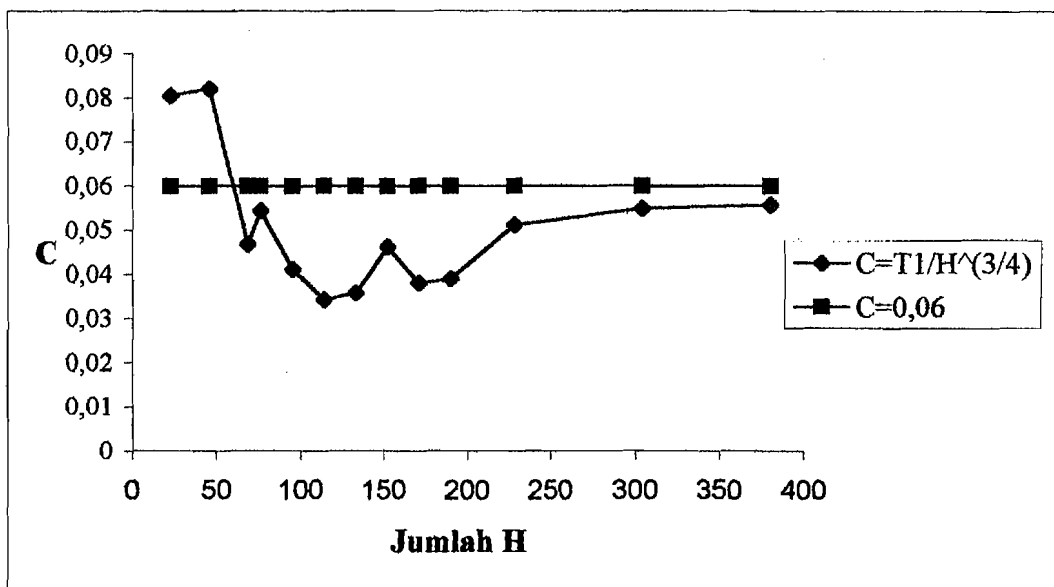
Tingkat	Selisih ω_2/ω_1	Selisih ω_3/ω_1	Selisih ω_4/ω_1	Selisih ω_5/ω_1
6	0,07	0,34	0,93	----
12	0,04	0,13	0,28	0,56
18	0,06	0,13	0,19	0,37
20	0,05	0,11	0,19	0,32
25	0,05	0,11	0,17	0,26
30	0,06	0,14	0,18	0,26
35	0,05	0,1	0,16	0,25
40	0,07	0,16	0,19	0,26
45	0,05	0,13	0,17	0,2
50	0,07	0,17	0,2	0,26
60	0,08	0,18	0,2	0,27
80	0,09	0,19	0,21	0,28
100	0,09	0,2	0,21	0,29

Selain selisih nilai frequency ratios, juga akan dibandingkan antara nilai T_1 hasil dari rumus 3.28b, yaitu $T_1 = 0,06 H^{3/4}$, dengan nilai T_1 dari hasil perhitungan ProgSIP 2001, yang dipakai adalah struktur dengan kekakuan berbeda. Hasil perbandingan T_1 tersebut dapat dilihat pada tabel 5.32, kemudian dari hasil tersebut dibuat grafik plot antara tinggi total dengan nilai T_1 . Grafiknya dapat dilihat pada gambar 5.12. Jika pada rumus 3.28b nilai 0,06 adalah koefisien yang dinamakan C, maka dari nilai T_1

pada ProgSIP 2001 dapat dihitung nilai C tersebut. Dan akan dibandingkan antara nilai C dengan rumus 3.28b dan nilai C dari hasil ProgSIP 2001. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.31, dan grafiknya dapat dilihat pada gambar 5.13.

Tabel 5.32 Hasil T_1 dan Koefisien C

Tingkat	Jumlah H	$T_1=0,06 H^{3/4}$	T_1 Hasil ProgSIP 2001	$C=0,06$	$C=T_1/H^{3/4}$
6	22,8	0,62604	0,84	0,06	0,080506
12	45,6	1,05287	1,44	0,06	0,082061
18	68,4	1,427064	1,116	0,06	0,046922
20	76	1,544406	1,4	0,06	0,05439
25	95	1,825761	1,25	0,06	0,041079
30	114	2,093292	1,2	0,06	0,034396
35	133	2,349849	1,4	0,06	0,035747
40	152	2,597371	2	0,06	0,046201
45	171	2,837255	1,8	0,06	0,038065
50	190	3,070552	2	0,06	0,039081
60	228	3,520484	3	0,06	0,051129
80	304	4,368239	4	0,06	0,054942
100	380	5,164032	4,8	0,06	0,05577

Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Nilai T_1 

Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Koefisien C

Dalam menghitung *modeshape*, untuk menguji bahwa hasil dari *modeshape* tersebut benar, dipakai rumus $[\phi_i]^T [M] [\phi_j] = 0$, syaratnya $i \neq j$. Pada program ProgSIP 2001, nilai *modeshape*-nya juga akan diuji dengan rumus di atas. Berikut contoh perhitungan pengujian hasil *modeshape* untuk struktur 3 lantai. Hasil *modeshape* dan massa struktur diambil dari data dan hasil yang dipakai pada verifikasi.

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}, \quad \phi = \begin{matrix} \phi_i & \phi_j \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1,42074 & 0,307411 & -1,14482 \\ 1,588626 & -0,52093 & 0,453138 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Pada perhitungan ini dipakai $\phi_i = \phi_1$ dan $\phi_j = \phi_2$.

$$[\phi_i]^T [M] [\phi_j] = [1 \quad 1,42074 \quad 1,588626] \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0,307411 \\ -0,52093 \end{bmatrix} \\ = 0,0000015437 \approx 0$$

Berikut pengujian untuk struktur 20, 40, 60, 80, dan 100 lantai, hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.32 di bawah ini.

Tabel 5.33 Pengujian Nilai *modeshape*

Tingkat	Mode yang dipakai	$[\phi_i]^T [M] [\phi_j]$
20	1 dan 19	0,00003
40	2 dan 34	0,258
60	5 dan 56	0,01
80	3 dan 10	0,0034
100	2 dan 14	0,028

5.10. Perhitungan *Modal Effective Height* (h_i^*)

Modal effective height dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_j^* = \frac{\sum_{j=1}^N h_j m_j \phi_j}{m_j \phi_j} \dots \dots \dots (5.11)$$

Berikut tabel hasil perhitungan *modal effective height* untuk 6 tingkat.

Tabel 5.34 Hasil perhitungan *Modal Effective Height* 6 tingkat

Mode	<i>Modal Effective Height</i> ($h_i^*(m)$)
1	12,5357
2	1,63178
3	2,38575
4	-1,41718
5	2,0947
6	-1,31954

5.11. Pembahasan

Pada penelitian ini lebih ditekankan pada pengaruh *mode* terhadap gedung-gedung bertingkat banyak. Pengaruh *mode* tersebut dapat dilihat pada hasil *modal effective mass*, pada tabel 5.27 terlihat batas-batas prosentase *modal effective mass* yang mencapai 90% dari struktur yang mempunyai 6 lantai sampai struktur yang mempunyai 100 lantai. Dari tabel 5.27 tersebut kemudian dibuat grafik yaitu pada gambar 5.7. Dari grafik tersebut diperoleh bahwa untuk struktur yang mempunyai kekakuan tingkat yang berbeda-beda, *modal effective mass* yang mencapai 90% berkisar pada *mode* yang ke-37% sampai *mode* yang ke-50%, serta grafiknya

menurun dari struktur 6 lantai sampai struktur 100 lantai, hal itu disebabkan oleh kekakuan untuk masing-masing tingkat tidak seluruhnya sama. Sedangkan untuk struktur yang mempunyai kekakuan seluruh tingkat sama, prosentasenya berkisar antara 31% sampai 35%, grafiknya berupa garis horisontal. Berbeda dengan struktur yang mempunyai kekakuan berbeda, pada struktur jenis ini dari 6 tingkat sampai 100 tingkat prosentasenya hampir sama, hal itu disebabkan oleh kekakuan masing-masing tingkat sama.

5.12. VERIFIKASI

Verifikasi untuk struktur 3 lantai antara perhitungan secara manual dan perhitungan dengan program ProgSIP 2001.

5.12.1. Data Struktur

Data struktur pada perhitungan secara manual dan perhitungan dengan program ProgSIP 2001 tidak kami hitung, tetapi sudah ditentukan. Data struktur tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 5.35 Data Struktur Gedung 3 Tingkat

Tingkat	Tinggi (H)	Massa (M)	Kekakuan (K)
1	4	2	100
2	4	3	200
3	5,2	4	300

5.12.2. Perhitungan Manual

Dalam perhitungan secara manual, untuk mencari nilai omega (ω) dipakai metode Secan. Setelah nilai omega didapat, maka nilai modeshape pun didapat. Kemudian setelah nilai modeshape didapat, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung *modal effective mass*, *modal effective height*, *modal seismic force*, *modal shear force*, *modal overtuning moment*, *modal lateral displacement*, dan *modal story drift*.

Penyelesaian :

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_1 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 300 & -200 & 0 \\ -200 & 500 & -300 \\ 0 & -300 & 300 \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 5,2 \end{bmatrix}, I = 1,0 ; K = 1$$

Dari matriks di atas, maka persamaan eigen problem dapat disusun sebagai berikut :

$$\left\{ \begin{bmatrix} 300 & -200 & 0 \\ -200 & 500 & -300 \\ 0 & -300 & 300 \end{bmatrix} - \omega^2 \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Persamaan matriks di atas dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 300 - 2\omega^2 & -200 & 0 \\ -200 & 500 - 3\omega^2 & -300 \\ 0 & -300 & 300 - 4\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa, $\lambda = \omega^2$

Maka persamaan matriksnya dapat ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} 300 - 2\lambda & -200 & 0 \\ -200 & 500 - 3\lambda & -300 \\ 0 & -300 & 300 - 4\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Apabila persamaan di atas disederhanakan, maka akan menjadi :

$$(300 - 2\lambda)\phi_1 - 200\phi_2 = 0 \dots\dots\dots (5.12a)$$

$$-200\phi_1 + (500 - 3\lambda)\phi_2 - \phi_3 = 0 \dots\dots\dots (5.12b)$$

$$-300\phi_2 + (300 - 4\lambda)\phi_3 = 0 \dots\dots\dots (5.12c)$$

Dengan mengambil nilai,

$$\phi_1 = 1 \dots\dots\dots (5.13)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 5.13 pada persamaan 5.12a, maka didapat :

$$\phi_2 = (1,5 - 0,01\lambda) \dots\dots\dots (5.14)$$

Kemudian persamaan 5.13 dan persamaan 5.14 disubstitusi kepersamaan 5.12b, maka akan diperoleh :

$$\phi_3 = 0,0001\lambda^2 - 0,03167\lambda + 1,8333 \dots\dots\dots (5.15)$$

Selanjutnya substitusi persamaan 5.14 dan persamaan 5.15 kedalam persamaan 5.12c, setelah disusun maka akan diperoleh :

$$\lambda^3 - 1566,8\lambda^2 + 138342\lambda - 999900 = 0 \dots\dots\dots (5.16)$$

Sesuatu yang akan dicari pada persamaan (5.16) adalah nilai-nilai ϕ_i yang memenuhi persamaan tersebut. Hal ini berarti bahwa yang akan dicari adalah akar-akar dari persamaan tersebut. Dengan memperhatikan persamaan (5.16) di atas maka dapatlah diketahui bahwa pangkat terbesar dari persamaan polinomial pada persamaan (5.16) tersebut sama dengan jumlah derajat kebebasan. Oleh karena itu struktur yang mempunyai 3-derajat kebebasan atau struktur 3-tingkat akan menghasilkan persamaan polinomial pangkat 3. Dengan demikian untuk struktur yang bertingkat banyak, maka akan menghasilkan persamaan polinomial pangkat banyak pula. Hal inilah yang menjadi kelemahan pada metode polinomial.

Pada hitungan manual ini, untuk mencari akar-akar pada persamaan (5.16) dipakai metode Secant. Setelah didapat akar-akarnya, maka percepatan sudutnya akan didapat pula. Nilai akar-akar dari persamaan dan percepatan sudutnya adalah :

$$\lambda_1 = 7,9377 \quad \text{maka } \omega = \sqrt{7,9377} = 2,81739 \dots \dots \dots (5.17a)$$

$$f_1 = 0,44822 \quad T_1 = 2,23104 \text{ dt}$$

$$\lambda_2 = 119,2588 \quad \text{maka } \omega = \sqrt{119,2588} = 10,92056 \dots \dots \dots (5.17b)$$

$$f_2 = 1,73736 \quad T_2 = 0,57559 \text{ dt}$$

$$\lambda_3 = 264,4819 \quad \text{maka } \omega = \sqrt{264,4819} = 16,26289 \dots \dots \dots (5.17c)$$

$$f_3 = 2,587278 \quad T_3 = 0,38651 \text{ dt}$$

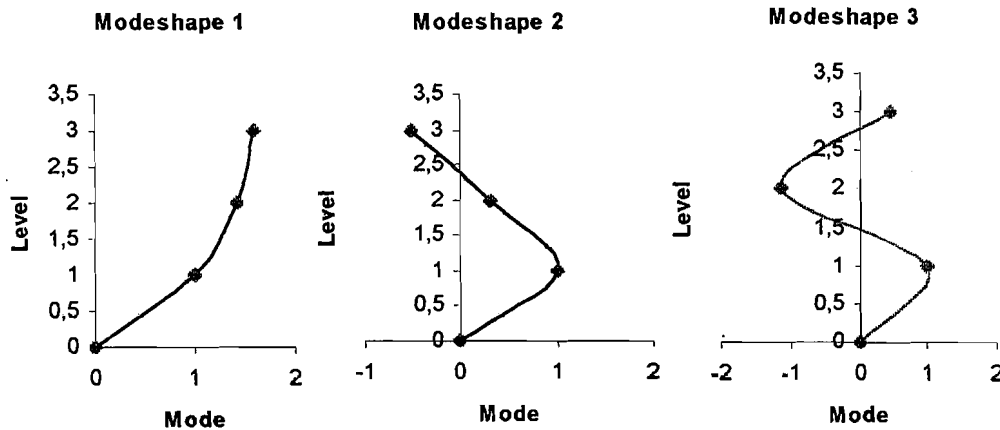
Dari nilai T_1 di atas, dengan data wilayah gempa 4, dan jenis tanahnya adalah tanah lunak, maka dapat ditentukan nilai koefisien gempa dasar (C) yaitu $C = 0,025$.

Nilai-nilai ordinat tiap pola/ragam goyangan/*mode* ϕ_i dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5.13), (5.14), (5.15). Agar proses perhitungan lebih sistematis maka untuk mencari ϕ_i ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 5.36 Hasil Modeshape (ϕ_{ij})

No	Fungsi ϕ_i	Nilai ϕ_{ij}		
		Mode ke-1 $\lambda_1 = 7,9377$	Mode ke-2 $\lambda_2 = 119,2588$	Mode ke-3 $\lambda_3 = 264,4819$
1	$\phi_1 = 1$	1	1	1
2	$\phi_2 = (1,5 - 0,01 \lambda)$	1,42062	0,3074	-1,144819
3	$\phi_3 = 0,0001 \lambda^2 - 0,03167 \lambda + 1,8333$	1,5882	-0,5214	0,4522

Selanjutnya nilai-nilai ordinat *normal modes* ϕ_{ij} digambar seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5.14 Grafik *Modeshape* Struktur 3 tingkat

Setelah modeshape didapat, kemudian dilanjutkan dengan *modal effective mass* dan perhitungan-perhitungan yang lainnya.

5.12.2. Modal Effective Mass

Modal effective mass dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_m = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \phi_{im} M_i \right]^2}{\sum_{i=1}^N \phi_{im}^2 M_i} \dots \dots \dots (5.18)$$

Dari data struktur dan hasil modeshape di atas, dengan menggunakan rumus M_m pada persamaan (5.17), maka *modal effective mass* dapat dicari :

➤ Mode 1 :

$$M_1 = \frac{\begin{bmatrix} (1,00 & 1,42062 & 1,5882) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}^2}{\begin{bmatrix} (1,00^2 & 1,42062^2 & 1,5882^2) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}} = 8,77037 \text{ kg} \frac{dt^2}{cm}$$

➤ Mode 2 :

$$M_2 = \frac{\begin{bmatrix} (1,00 & 0,3074 & -0,5214) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}^2}{\begin{bmatrix} (1,00^2 & 0,3074^2 & -0,5214^2) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}} = 0,20763 \text{ kg} \frac{dt^2}{cm}$$

➤ Mode 3 :

$$M_3 = \frac{\begin{bmatrix} (1,00 & -1,144819 & 0,4522) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}^2}{\begin{bmatrix} (1,00^2 & -1,144819^2 & 0,4522^2) & \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \end{bmatrix}} = 0,02076 \text{ kg} \frac{dt^2}{cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= M_1 + M_2 + M_3 \\ &= 8,77037 + 0,20763 + 0,02076 \\ &= 8,99876 \text{ kg} \frac{dt^2}{cm} \end{aligned}$$

Presentase modal effective mass pada masing-masing mode :

➤ Mode 1 :

$$\% M_1 = \frac{8,77037}{8,99876} \times 100\% = 97,45 \%$$

➤ Mode 2 :

$$\% M_2 = \frac{0,20763}{8,99876} \times 100\% = 2,31 \%$$

➤ Mode 3 :

$$\% M_3 = \frac{0,02076}{8,99876} \times 100\% = 0,23 \%$$

5.12.3. Modal Base Shear (V_m)

Modal base shear dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Sebelum menghitung V_m , dihitung dahulu besarnya gaya geser dasar dengan metode beban statik ekuivalen V . Rumus untuk menghitung V adalah $V = C I K W_t$. Setelah V didapat, kemudian V dikalikan dengan prosentase masing-masing mode dari M_m dan didapatkan nilai V_m untuk masing-masing mode.

$$\begin{aligned} V &= C * I * K * W_t \\ &= 0,025 * 1,0 * 1,0 * (9 * 0,981) \\ &= 0,220725 \text{ ton} \end{aligned}$$

➤ Mode 1 :

$$V_1 = 97,45 \% \times 0,220725 = 0,215097 \text{ ton}$$

➤ Mode 2 :

$$V_2 = 2,31 \% \times 0,220725 = 0,005099 \text{ ton}$$

➤ Mode 3 :

$$V_3 = 0,23 \% \times 0,220725 = 0,0005077 \text{ ton}$$

Untuk lebih lengkapnya nilai *modal effective mass* dan *modal base shear* dapat dilihat pada tabel 5.34 dibawah ini :

Tabel 5.37 Modal Effective Mass (M_m) dan Modal Base Shear (V_m)

Mode (m)	Modal Effective Mass			Modal Base Shear V_m (ton)
	M_m (kg)	%	% Kumulatif	
1	8,77037	97,45	97,45	0,215097
2	0,20763	2,31	99,76	0,005099
3	0,02076	0,23	99,99	0,0005077

$$\Sigma = 8,99876$$

5.12.4. Modal Effective Height (h_j^*)

Modal effective height dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_j^* = \frac{\sum_{j=1}^N h_j m_j \phi_j}{m_j \phi_j} \dots \dots \dots (5.19)$$

Perhitungan modal effective height dapat dilihat di bawah ini :

➤ Mode 1 :

$$h_1^* = \frac{(h_1 x m_1 x \phi_{11}) + (h_2 x m_2 x \phi_{21}) + (h_3 x m_3 x \phi_{31})}{(m_1 x \phi_{11}) + (m_2 x \phi_{21}) + (m_3 x \phi_{31})}$$

$$h_1^* = \frac{(4x2x1,0) + (8x3x1,42062) + (13,2x4x1,5882)}{(2x1,0) + (3x1,42062) + (4x1,5882)}$$

$$h_1^* = 9,9846 \text{ m}$$

➤ Mode 2 :

$$h_2^* = \frac{(h_1 x m_1 x \phi_{12}) + (h_2 x m_2 x \phi_{22}) + (h_3 x m_3 x \phi_{32})}{(m_1 x \phi_{12}) + (m_2 x \phi_{22}) + (m_3 x \phi_{32})}$$

$$h_2 = \frac{(4 \times 2 \times 1,0) + (8 \times 3 \times 0,3074) + (13,2 \times 4 \times (-0,5214))}{(2 \times 1,0) + (3 \times 0,3074) + (4 \times (-0,5214))}$$

$$h_2^* = -14,5258 \text{ m}$$

➤ Mode 3 :

$$h_3^* = \frac{(h_1 \times m_1 \times \phi_{13}) + (h_2 \times m_2 \times \phi_{23}) + (h_3 \times m_3 \times \phi_{33})}{(m_1 \times \phi_{13}) + (m_2 \times \phi_{23}) + (m_3 \times \phi_{33})}$$

$$h_3^* = \frac{(4 \times 2 \times 1,0) + (8 \times 3 \times (-1,144819)) + (13,2 \times 4 \times 0,4522)}{(2 \times 1,0) + (3 \times (-1,144819)) + (4 \times 0,4522)}$$

$$h_1^* = 11,75527 \text{ m}$$

Tabel 5.38 Modal Effective Height

Mode	Modal Effective Height (h_i^* (m))
1	9,9846
2	-14,5258
3	11,75527
$\Sigma = 7,21407$	

5.12.5. Modal Seismic Force (F_{im})

$$F_{im} = C_{im} \times V_m \dots \dots \dots (5.20)$$

$$C_{im} = \frac{\phi_{im} W_i}{\sum_{j=1}^N \phi_{jm} W_j} \dots \dots \dots (5.21)$$

➤ Mencari C_{im} :

➤ Mode 1 :

$$\sum_{j=1}^N \phi_{j1} m_j = (1,00 \quad 1,42062 \quad 1,5882) \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} = 12,61466$$

$$C_{11} = \frac{(1,00 \times 2)}{12,61466} = 0,1585$$

$$C_{21} = \frac{(1,42062 \times 3)}{12,61466} = 0,3378$$

$$C_{31} = \frac{(1,5882 \times 4)}{12,61466} = 0,5036$$

➤ Mode 2 :

$$\sum_{j=1}^N \phi_{j2} m_j = (1,00 \quad 0,3074 \quad -0,5214) \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} = 0,8366$$

$$C_{12} = \frac{(1,00 \times 2)}{0,8366} = 2,3906$$

$$C_{22} = \frac{(0,3074 \times 3)}{0,8366} = 1,1023$$

$$C_{32} = \frac{(-0,5214 \times 4)}{0,8366} = -2,4929$$

➤ Mode 3 :

$$\sum_{j=1}^N \phi_{j3} m_j = (1,00 \quad -1,144819 \quad 0,4522) \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} = 0,3743$$

$$C_{13} = \frac{(1,00 \times 2)}{0,3743} = 5,3433$$

$$C_{23} = \frac{(-1,144819 \times 3)}{0,3743} = -9,1757$$

$$C_{33} = \frac{(0,4522 \times 4)}{0,3743} = 4,8325$$

➤ Mencari F_{im} :

$$F_{im} = C_{im} \times V_m$$

➤ Mode 1 :

$$F_{11} = 0,1585 \times 0,215097 = 0,03409$$

$$F_{21} = 0,3378 \times 0,215097 = 0,07266$$

$$F_{31} = 0,5036 \times 0,215097 = 0,10832$$

➤ Mode 2 :

$$F_{12} = 2,3906 \times 0,005099 = 0,012189$$

$$F_{22} = 1,1023 \times 0,005099 = 0,005621$$

$$F_{32} = -2,4929 \times 0,005099 = -0,012711$$

➤ Mode 3 :

$$F_{13} = 5,3433 \times 0,0005077 = 0,002713$$

$$F_{23} = -9,1757 \times 0,0005077 = -0,004659$$

$$F_{33} = 4,8325 \times 0,0005077 = 0,002454$$

➤ SRSS :

$$F_1 = \sqrt{F_{11}^2 + F_{12}^2 + F_{13}^2} = \sqrt{0,03409^2 + 0,012189^2 + 0,002713^2} = 0,036305$$

$$F_2 = \sqrt{F_{21}^2 + F_{22}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{0,07266^2 + 0,005621^2 + (-0,004659)^2} = 0,073026$$

$$F_3 = \sqrt{F_{31}^2 + F_{32}^2 + F_{33}^2} = \sqrt{0,10832^2 + (-0,012711)^2 + 0,002454^2} = 0,109091$$

Untuk lebih memudahkan dalam melihat nilai-nilai *modal seismic coefficient* dan *modal seismic force*, maka nilai-nilai tersebut dimasukkan kedalam tabel 5.36 dan tabel 5.37 berikut :

Tabel 5.39 Modal Seismic Coefficient (C_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	0,5036	-2,4929	4,8325
2	0,3378	1,1023	-9,1757
1	0,1585	2,3906	5,3433

Tabel 5.40 Modal Seismic Force (F_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3	F_i (ton)
3	0,10832	-0,012711	0,002454	0,109091
2	0,07266	0,005621	-0,004659	0,073026
1	0,03409	0,012189	0,002713	0,036305

5.12.6. Modal Shear Force (V_{im})

Modal shear force pada suatu tingkat merupakan jumlah gaya gempa F_{im} diatas tingkat tersebut. Persamaan matematisnya seperti rumus dibawah ini :

$$V_{im} = \sum_{j=1}^N F_{jm} \dots\dots\dots (5.22)$$

Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.41 berikut ini :

Tabel 5.41 Modal ShearForce (V_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3	V_j (ton)
3	0,10832	-0,012711	0,002454	0,109091
2	0,18098	-0,007095	-0,002215	0,181135
1	0,21508	0,005095	0,00051	0,215135

5.12.7. Modal Overtuning Moment

Modal overtuning moment dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{im} = \sum_{j=i+1}^N F_{jm} (h_j - h_i) \dots\dots\dots (5.23)$$

➤ Mode 1 :

$$M_{31} = 0$$

$$\begin{aligned} M_{21} &= (F_{31} \times (h_3 - h_2)) \\ &= 0,10832 \times (13,2 - 8) \\ &= 0,563264 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{11} &= (F_{31} \times (h_3 - h_1)) + (F_{21} \times (h_2 - h_1)) \\ &= (0,10832 \times (13,2 - 4)) + (0,07266 \times (8 - 4)) \\ &= 1,287185 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Base} &= (F_{31} \times (h_3 - h_0)) + (F_{21} \times (h_2 - h_0)) + (F_{11} \times (h_1 - h_0)) \\
 &= (0,10832 \times (13,2 - 0)) + (0,07266 \times (8 - 0)) + (0,03409 \times (4 - 0)) \\
 &= 2,14748 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

➤ Mode 2 :

$$\begin{aligned}
 M_{32} &= 0 \\
 M_{22} &= (F_{32} \times (h_3 - h_2)) \\
 &= (-0,012711 \times (13,2 - 8)) \\
 &= -0,06612 \text{ tm} \\
 M_{12} &= (F_{32} \times (h_3 - h_1)) + (F_{22} \times (h_2 - h_1)) \\
 &= (-0,012711 \times (13,2 - 4)) + (0,005621 \times (8 - 4)) \\
 &= -0,094495 \text{ tm} \\
 \text{Base} &= (F_{31} \times (h_3 - h_0)) + (F_{21} \times (h_2 - h_0)) + (F_{11} \times (h_1 - h_0)) \\
 &= (-0,012711 \times (13,2 - 0)) + (0,005621 \times (8 - 0)) + (0,012189 \times (4 - 0)) \\
 &= -0,07412 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

➤ Mode 3 :

$$\begin{aligned}
 M_{33} &= 0 \\
 M_{23} &= (F_{33} \times (h_3 - h_2)) \\
 &= (0,002454 \times (13,2 - 8)) \\
 &= 0,01282 \text{ tm} \\
 M_{13} &= (F_{33} \times (h_3 - h_1)) + (F_{23} \times (h_2 - h_1)) \\
 &= (0,002454 \times (13,2 - 4)) + (-0,004659 \times (8 - 4)) \\
 &= 0,00396 \text{ tm} \\
 \text{Base} &= (F_{33} \times (h_3 - h_0)) + (F_{23} \times (h_2 - h_0)) + (F_{13} \times (h_1 - h_0)) \\
 &= (0,002454 \times (13,2 - 0)) + (-0,004659 \times (8 - 0)) + (0,002713 \times (4 - 0)) \\
 &= 0,005995 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

➤ SRSS :

$$\begin{aligned}
 M_3 &= 0 \\
 M_2 &= \sqrt{M_{21}^2 + M_{22}^2 + M_{23}^2} = \sqrt{0,563264^2 + (-0,06612)^2 + 0,01282^2} = 0,56728 \\
 &\text{tm}
 \end{aligned}$$

$$M_1 = \sqrt{M_{11}^2 + M_{12}^2 + M_{13}^2} = \sqrt{1,287185^2 + (-0,094495)^2 + 0,00396^2} = 1,29065$$

tm

$$\text{Base} = \sqrt{M_{b1}^2 + M_{b2}^2 + M_{b3}^2} = \sqrt{2,14748^2 + (-0,07412)^2 + 0,005995^2} = 2,14876$$

tm

Tabel 5.42 Modal Overtuning Moment (M_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3	M_i (tm)
3	0	0	0	0
2	0,563264	-0,06612	0,01282	0,56728
1	1,287185	-0,094495	0,00396	1,29065
Base	2,14748	-0,07412	0,005995	2,14876

5.12.8. Modal Story Drift (Δ_{im})

Modal story drift dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta_{im} = \frac{V_{im}}{0,9Kk_i} \dots \dots \dots (5.24)$$

Dimana :

V_{im} adalah modal shear force

K adalah faktor jenis struktur = 1

k_i adalah kekakuan struktur

Dari rumus dan data-data di atas, maka didapat :

➤ Mode 1 :

$$\begin{aligned} \Delta_{31} &= \left(\frac{V_{31}}{(0,9 \times K \times k_3)} \right) \\ &= \left(\frac{0,10832}{(0,9 \times 1,0 \times 300)} \right) \\ &= 0,0004012 \text{ m} = 0,4012 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{21} &= \left(\frac{V_{21}}{(0,9xKxk_2)} \right) \\ &= \left(\frac{0,18098}{(0,9x1,0x200)} \right) \\ &= 0,00100545 \text{ m} = 1,00545 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{11} &= \left(\frac{V_{11}}{(0,9xKxk_1)} \right) \\ &= \left(\frac{0,21508}{(0,9x1,0x100)} \right) \\ &= 0,0023897 \text{ m} = 2,3897 \text{ mm}\end{aligned}$$

➤ Mode 2 :

$$\begin{aligned}\Delta_{32} &= \left(\frac{V_{32}}{(0,9xKxk_3)} \right) \\ &= \left(\frac{-0,012711}{(0,9x1,0x300)} \right) \\ &= -0,000047095 \text{ m} = -0,0471 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{22} &= \left(\frac{V_{22}}{(0,9xKxk_2)} \right) \\ &= \left(\frac{-0,007095}{(0,9x1,0x200)} \right) \\ &= -0,0000394 \text{ m} = -0,0394 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{12} &= \left(\frac{V_{12}}{(0,9xKxk_1)} \right) \\ &= \left(\frac{0,005095}{(0,9x1,0x100)} \right) \\ &= 0,0000566 \text{ m} = 0,0566 \text{ mm}\end{aligned}$$

➤ Mode 3 :

$$\begin{aligned}\Delta_{33} &= \left(\frac{V_{33}}{(0,9 \times K \times k_3)} \right) \\ &= \left(\frac{0,002454}{(0,9 \times 1,0 \times 300)} \right) \\ &= 0,00000913 \text{ m} = 0,00913 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{23} &= \left(\frac{V_{23}}{(0,9 \times K \times k_2)} \right) \\ &= \left(\frac{-0,002215}{(0,9 \times 1,0 \times 200)} \right) \\ &= -0,00001203 \text{ m} = -0,01203 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{13} &= \left(\frac{V_{13}}{(0,9 \times K \times k_1)} \right) \\ &= \left(\frac{0,00051}{(0,9 \times 1,0 \times 100)} \right) \\ &= 0,00000567 \text{ m} = 0,00567 \text{ mm}\end{aligned}$$

➤ SRSS :

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta_{31}^2 + \Delta_{32}^2 + \Delta_{33}^2} = \sqrt{0,4012^2 + (-0,0471)^2 + 0,00913^2} = 0,4041 \text{ mm}$$

$$\Delta_2 = \sqrt{\Delta_{21}^2 + \Delta_{22}^2 + \Delta_{23}^2} = \sqrt{1,00545^2 + (-0,0394)^2 + (-0,01203)^2} = 1,0063 \text{ mm}$$

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{11}^2 + \Delta_{12}^2 + \Delta_{13}^2} = \sqrt{2,3897^2 + 0,0566^2 + 0,00567^2} = 2,3904 \text{ mm}$$

Tabel 5.43 Modal Story Drift (Δ_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Δ_i (mm)
3	0,4012	-0,0471	0,00913	0,4041
2	1,00545	-0,0394	-0,01203	1,0063
1	2,3897	0,0566	0,00567	2,3904

5.12.9. Modal Lateral Displacement (d_{im})

Modal lateral displacement pada tingkat gedung kc-i dihitung dengan :

$$d_{im} = \sum_{j=1}^i \Delta_{jm} \dots\dots\dots (5.25)$$

Modal lateral displacement merupakan jumlah dari modal story drift yang berada di bawahnya. Hasilnya dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 5.44 Modal Lateral Displacement (d_{im})

Level	Mode 1	Mode 2	Mode 3	d_i (mm)
3	3,7964	-0,0299	0,00277	3,7965
2	3,3952	0,0172	-0,00636	3,3954
1	2,3897	0,0566	0,00567	2,3904

5.13. Perbandingan Hasil ProgSIP 2001 dengan Hasil Manual

Pada perbandingan kedua hasil ini dipakai hasil 3 tingkat.

5.13.1. Modeshape

Tabel 5.45 Modeshape

Level	Modeshape					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	1,5882	-0,5214	0,4522	1,588626	-0,52093	0,453138
2	1,42062	0,3074	-1,144819	1,42074	0,307411	-1,14482
1	1,0	1,0	1,0	1	1	1

5.13.2. Modal Effective Mass (M_{im})

Tabel 5.46 Modal Effective Mass (M_{im})

Mode	Modal Effective Mass (M_{im})	
	Manual	ProgSIP 2001
1	8,77037	8,770132
2	0,20763	0,208699
3	0,02076	0,021169

5.13.3. Modal Effective Height (h_j^*)

Tabel 5.47 Modal Effective Height (h_j^*)

Mode	Modal Effective Height (h_j^*)	
	Manual	ProgSIP 2001
1	9,9846	9,98494
2	-14,5258	-14,4628
3	11,75527	11,76956

5.13.4. Modal Seismic Force (F_{im})

Tabel 5.48 Modal Seismic Force (F_{im})

Level	Modal Seismic Force (F_{im})					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	0,10832	-0,01271	0,002454	0,108330	-0,01272	0,002489
2	0,07266	0,005621	-0,004659	0,072662	0,005629	-0,00472
1	0,03409	0,012189	0,002713	0,034096	0,012208	0,002746

5.13.5. Modal Shear Force (V_{im})

Tabel 5.49 Modal Shear Force (V_{im})

Level	Modal Shear Force (V_{im})					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	0,10832	-0,01271	0,002454	0,108330	-0,01272	0,002489
2	0,18098	-0,00709	-0,002215	0,180992	-0,00709	-0,00223
1	0,21508	0,005095	0,00051	0,215087	0,005118	0,000519

5.13.6. Modal Overtuning Moment (M_{im})

Tabel 5.50 Modal Overtuning Moment (M_{im})

Level	Modal Overtuning Moment (M_{im})					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	0	0	0	0	0	0
2	0,563264	-0,0661	0,01282	0,563318	-0,06614	0,012942
1	1,287185	-0,0945	0,00396	1,287285	-0,0945	0,004034
Base	2,14748	-0,0741	-0,07412	2,147635	-0,07403	0,00611

5.13.7. Modal Story Drift (Δ_{im})

Tabel 5.51 Modal Story Drift (Δ_{im})

Level	Modal Story Drift (Δ_{im})					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	0,4012	-0,0471	0,00913	0,401224	-0,04711	0,009218
2	1,00545	-0,0394	-0,01203	1,00551	-0,03939	-0,01237
1	2,3897	0,0566	0,00567	2,389861	0,056871	0,005769

5.13.8. Modal Lateral Displacement (d_{im})

Tabel 5.52 Modal Lateral Displacement (d_{im})

Level	Modal Lateral Displacement (d_{im})					
	Manual			ProgSIP 2001		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 1	Mode 2	Mode 3
3	3,7964	-0,0299	0,00277	3,796595	-0,02963	0,002614
2	3,3952	0,0172	-0,00636	3,395371	0,017483	-0,0066
1	2,3897	0,0566	0,00567	2,389861	0,056871	0,005769

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Investigasi Derajat Kontribusi *Mode* Pada Bangunan Bertingkat Banyak adalah sebagai berikut.

1. Pada bangunan bertingkat dengan kekakuan yang berbeda-beda, akan menghasilkan prosentase *Modal Effective Mass* yang lebih besar dibandingkan dengan bangunan yang mempunyai kekakuan yang seluruh tingkatnya sama.
2. Prosentase pada bangunan bertingkat yang kekakuannya berbeda-beda, akan menghasilkan prosentase yang berbeda-beda yaitu antara 37% sampai 50%, grafiknya mulai dari bangunan 6 tingkat sampai bangunan 100 tingkat menurun.
3. Pada perhitungan prosentase *Modal Effective Mass* sangat tergantung dengan besarnya kekakuan dan variasi kekakuan untuk masing-masing tingkat.

6.2. Saran

Dari hasil penelitian dan kesimpulan-kesimpulan yang didapat, saran yang dapat disampaikan peneliti adalah :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan kekakuan yang sangat bervariasi untuk masing-masing tingkat.
2. Selain kekakuan yang sangat bervariasi, juga perlu diadakan penelitian tentang pengaruh variasi massa.
3. Perlu diadakan penelitian terhadap pengaruh kekakuan balok.
4. Perlu diadakan penelitian pada striuktur dinding.
5. Perlu diteliti pada hasil grafik yang terdapat pada gambar 5.12 dan gambar 5.13, mengapa pada struktur 6 dan 12 lantai nilai koefisien C lebih besar dari 0,06 , sedangkan pada struktur 20 sampai 50 lantai grafiknya tidak beraturan naik turun dibawah nilai 0,06. Tetapi mulai struktur 60 sampai 100 lantai, grafiknya mulai naik mendekati nilai 0,06.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Febriarto dan Yesri Elrian, 2000. **Respon Seismic Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Integrasi Persamaan Differensial Secara Langsung**, *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Dhani. P, dan Jayadi. W. A, 2000. **Respon Seismik Struktur Beton Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa**. *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Ditjen Cipta Karya, 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. **Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung**. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Famularsih,E, dan H .S. Wirogo, 1999. **Pengaruh Perubahan Kekakuan Terhadap Besarnya Gaya Geser Dasar Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak**. *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Paz, M, 1987. **Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan**. Edisi kedua. Jakarta: Erlangga.
- Supartitno, Munadi, 1994. **Perhitungan Matriks dengan Quick Basic**. Andi Offset, Yogyakarta
- Widodo, 1997a. **Pengantar Teknik Gempa**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
- _____ (1997b). **Analisa Dinamika Struktur**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

(1996). **Derajat Pengaruh "Normal Mode" Terhadap Respon Struktur "Multi Degree of Freedom" Akibat Beban Gempa Bumi.** *Jurnal Teknisia*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.

LAMPIRAN

ProgSIP 2001

Versi 1.0 for Windows

1. **Pengenalan** program

ProgSIP 2001 adalah program untuk melihat pengaruh *mode* pada bangunan bertingkat banyak

2. **Sistem Hardware** yang Dibutuhkan

2.a. Konfigurasi Minimum

Win95 atau yang lebih tinggi
IBM PC dengan Processor Pentium 100 Mhz
RAM 32 MB
VGA monitor
Mouse
Harddisk space 20 MB

2.b. Konfigurasi Optimum

WIN98 atau yang lebih tinggi
PC dengan Processor Pentium PRO atau Pentium II /III
RAM 64 MB
SVGA Monitor
Microsoft Mouse
100 MB harddisk space

3. **Instalasi** Program

3.1. Kebutuhan

Program ProgSIP 2001 memerlukan 3 disket master program untuk diinstall ke komputer PC

3.2. Cara menginstal ProgSIP 2001

Siapkan 3 disket master program. Masukkan disket #1 ke dalam floppy disk, selanjutnya ikuti petunjuk pada tampilan di layar monitor komputer sampai selesai.

4. Pengetahuan Dasar

Untuk memahami program ini, perlu dipelajari sebelumnya teori-teori analisis dinamik, sehingga apa yang ada dalam program ini cepat dimengerti.

4.1. Perjanjian nama file

Dalam program ProgSIP 2001 terdapat beberapa nama file hasil analisis. Oleh karena itu ProgSIP 2001 memakai perjanjian penamaan file sebagai berikut :

File Input :

*.TXT = Input file (baik input data struktur maupun data percepatan gempa)

File Output:

*.EGN = Hasil perhitungan Frekuensi Sudut, Frekuensi.
 *.MDS = Hasil perhitungan Mode Shape.
 *.MEH = Hasil perhitungan Modal Effective Height
 *.MEM = Hasil perhitungan Modal Effective Mass.
 *.MLD = Hasil perhitungan Modal Lateral Displacement.
 *.MOM = Hasil perhitungan Modal Overtuning Moment.
 *.MSC = Hasil perhitungan Modal Seismic Coefficient.
 *.MSF = Hasil perhitungan Modal Seismic Force.
 *.MShF = Hasil perhitungan Modal Shear Force.
 *.MSD = Hasil perhitungan Modal Story Drift.

4.2. Cara Menjalankan ProgSIP 2001

4.2.1. Cara Memasukkan Input Data

4.2.1.1. INPUT DATA STRUKTUR

Contoh Penulisan Input Data Struktur 18 Lantai, sebagai berikut:

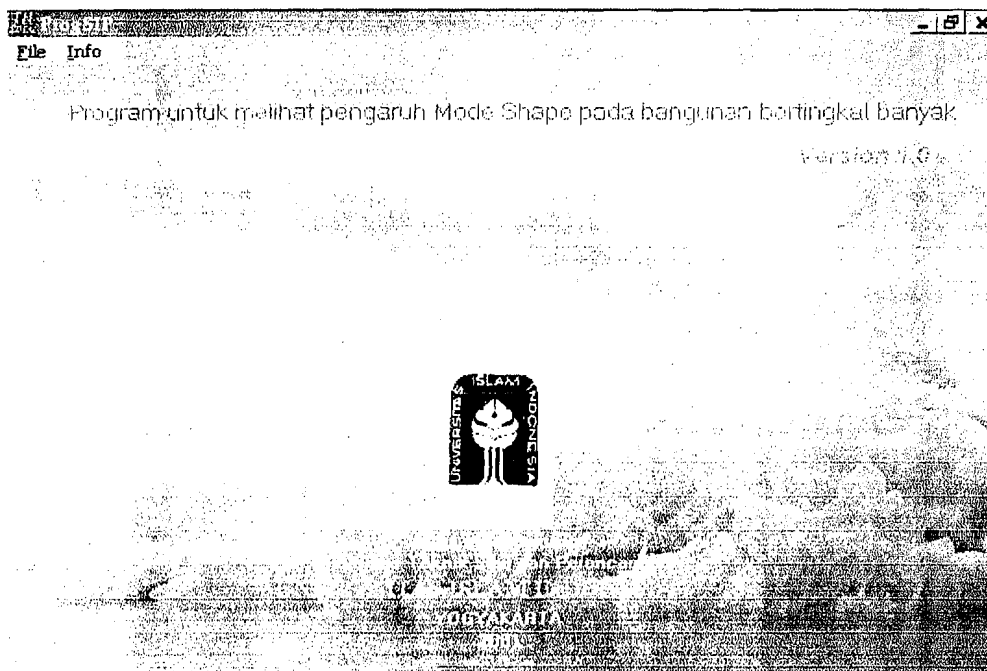
Penulisan input dapat dilakukan dengan aplikasi NOTEPAD. Format penulisan harus sama persis dengan gambar di bawah ini, yaitu:

Tingkat	H	MASSA	KEKAKUAN
1	3.8	129.716245	604734.656
2	3.8	136.20506	604734.656
3	3.8	136.20506	604734.656
4	3.8	136.20506	604734.656
5	3.8	136.20506	604734.656
6	3.8	136.20506	604734.656
7	3.8	129.716245	478276.717
8	3.8	129.716245	478276.717
9	3.8	129.716245	478276.717
10	3.8	129.716245	478276.717
11	3.8	129.716245	478276.717
12	3.8	122.145959	335909.024
13	3.8	122.145959	335909.024
14	3.8	122.145959	335909.024
15	3.8	122.145959	335909.024
16	3.8	122.145959	335909.024
17	3.8	122.145959	335909.024
18	3.8	80.3294200	335909.024

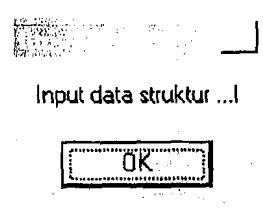
- ProgSIP 2001 jangan diubah.
- Kolom NDOF adalah jumlah tingkat.
- Kolom Tingkat adalah tingkat ke-?.
- Kolom H adalah tinggi tingkat.
- Kolom Massa adalah massa tiap lantai dengan prinsip lumped mass .
- Kolom Kekakuan adalah kekakuan kolom tingkat yang dihitung dengan prinsip shear building.

4.2.2. Menjalankan Aplikasi

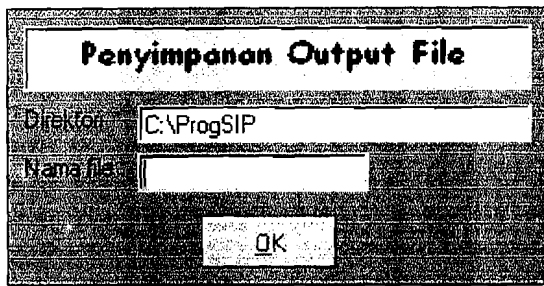
Klik aplikasi ProgSIP 2001 dimana shortcut berada, kemudian akan muncul tampilan seperti di bawah ini :



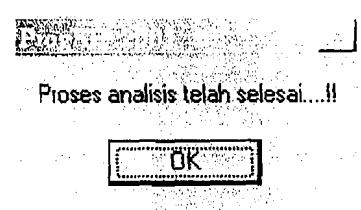
Setelah itu klik file – Input data dan akan keluar pesan seperti di bawah ini :



Klik “OK” lalu keluar tampilan explorer untuk mencari dan memasukkan file input data struktur yang sudah kita buat ataupun kita edit sebelumnya, kemudian kita klik “open”, setelah itu klik menu Proses dan klik menu Analisis, maka akan muncul form untuk menyimpan output seperti dibawah ini :

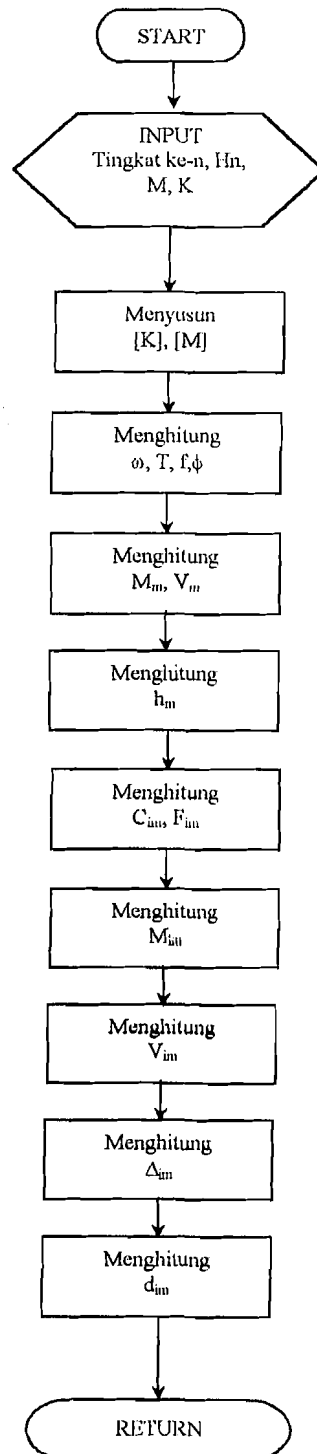


Lalu klik “OK” Tunggu beberapa saat. Pada saat itu akan ada waktu menunggu yang lamanya sesuai dengan banyaknya data yang akan dianalisis ataupun kemampuan komputer itu sendiri. Setelah proses analisis selesai akan muncul keterangan bahwa analisis telah selesai dilakukan seperti dibawah ini :



klik “OK” untuk melihat hasil klik ”analisis” dan anda dapat melihat pada layar monitor. File-file hasil analisis tersimpan dalam direktori C:\Progsip dan dapat dilihat dengan aplikasi Wordpad atau MS-WORD.

Untuk membuat grafik anda dapat membuka file-file tersebut dengan aplikasi MS-EXCEL.

5. **Bagan Alir** Global Program ProgSIP 2001

6. Source Code Program

Form ProgSIP

```

Option Base 1
' u/ penukaran dr InputOmega
Public N dof As Integer
Public DtxtInput1 As Integer
Public DtxtInput2 As Integer
Public pilihan As Integer
Public wess$
Private Const LINES = 37
Private A$()
Dim Y, DeltaY, DeltaR, R As Integer, G As Byte, m As
Byte ' Declare variables.
Private Sub Analisa_Struktur()
    Dim StiffSQ As Single, CMass() As Single
    Kekakuan_dan_Matrik_massa CMass(), N dof, StiffSQ
    Dim Decomposed, CMassU() As Single, u() As Single
    Simetrik_standar CMassU(), CMass(), Decomposed,
    N dof, StiffSQ, u()
    Dim CEigenVal() As Single, ModeShp() As Single
    Cari_Eigen CMassU(), N dof, CEigenVal(),
    ModeShp()
    EigenVector_Transformasi CEigenVal(),
    Decomposed, N dof, ModeShp(), u()
    "C:\ProgSIP"
sip:
    Select Case Err
        Case 75
            GoTo 8:
        Case 76
            MkDir frmSave.Text2.Text
    End Select
8:    wess$ = frmSave.Text1
    ReDim ModeShp1(N dof, N dof) As Single
    Cetak_Hasil CMass(), CEigenVal(), Decomposed,
    Filenumber, N dof, ModeShp(), ModeShp1()
End Sub

Private Sub Form_Unload(CANCEL As Integer)
    End
End Sub

Private Sub mnuAbout_Click()
    frmAbout.Show
End Sub
Private Sub mnuanimasi_Click()
    frmAnimasi.Show
End Sub
Private Sub mnuBukaFile_Click()
    If bRubahsetalu Then frmOptions.Show 1
    mnu_lasil.Visible = False
    mnuanimasi.Visible = False
    cmdNRMDofS.Filter = "ProgSIP Data Struktur
    (*.TXT)*.TXT|All Files (*.*)*.*"
    cmdNRMDofS.FilterIndex = 1
    cmdNRMDofS.Flags = (OFN_FILEMUSTEXIST Or
    OFN_PATHMUSTEXIST) And
    OFN_OVERWRITEPROMPT
    Dim FName As String
    Dim pilihan As String
    mnuAnalyze.Enabled = False
    mnuProses.Visible = True
    cmdNRMDofS.DialogTitle = "Masukkan File
    Data Struktur"
    cmdNRMDofS.CancelError = False
    mnu_lasil.Visible = False
    cmdNRMDofS.Action = 1 'DLG_FILE_OPEN
    If cmdNRMDofS.FileTitle <> "" Then

```

```

        kmnt = Mid(cmdNRMDofS.FileTitle, 1,
        Len(cmdNRMDofS.FileTitle) - 4)
    End If
    If cmdNRMDofS.FileName = FName Then Exit
Sub
    FileName = cmdNRMDofS.FileName
    frmProgressBar.Show
    OpenFile FileName, N dof, Dampratio, Dt, Tmax,
    Sg, h(), MaSs(), KK(), Pt()
    mnuAnalyze.Enabled = True
    frmProgressBar.Hide
    Unload frmProgressBar
End Sub
Private Sub mnuCetak_Click()
    cmdNRMDofS.Action = DLG_PRINT
    frmNRMDofS.Caption = "Print " &
    cmdNRMDofS.FileName
    If cmdNRMDofS.FileName = "" Then
        MsgBox "No file selected."
    Else
        FName = cmdNRMDofS.FileName
    End If
    frmProgSIP.Caption = "Print " &
    cmdNRMDofS.FileName
End Sub
Private Sub mnuExit_Click()
    pilihan = MsgBox("Anda yakin akan keluar ?",
    vbOKCancel + vbQuestion, "Pesan")
    If pilihan = 1 Then
        mnuFile.Visible = True
        mnuAnalyze.Visible = False
        txtInfo1.Visible = False
    Else
        frmProgSIP.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub OpenFile(FileName As String, N dof As
    Integer, Dampratio As Single, Dt As Single, Tmax As
    Single, Sg, h() As Single, MaSs() As Single, KK() As
    Single, Pt() As Single)
    If FileName = "" Then
        mnuAnalyze.Visible = False
        Exit Sub
    End If
    ChDir App.Path
    Filenumber = FreeFile
    Dim Temp As String
    Open FileName For Input As #Filenumber
    Input #Filenumber, Temp$
    Select Case UCase$(Left$(Temp$, 12))
        Case "PROGSIP 2001"
            Line Input #Filenumber, Titles$
            Input #Filenumber, Titles$
            Input #Filenumber, N dof, Dampratio, Dt, Tmax,
            Sg
            ReDim h(N dof) As Single, MaSs(N dof) As Single,
            KK(N dof) As Single
            Line Input #Filenumber, Temp$
            Input #Filenumber, Titles$
            ' Read Joint Coordinates.
            frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
            For i = 1 To N dof
                frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
                Input #Filenumber, n
                Input #Filenumber, h(n), MaSs(n), KK(n)
            Next i
            frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
        Case Else
            FileName = ""

```

```

Close #Filenumber
End Sub

Private Sub OpenFile1(FileName As String, N dof As Integer, D ampratio As Single, D t As Single, T max As Single, S g, h() As Single, M aSs() As Single, K K() As Single, P t() As Single)
If FileName = "" Then
    mnuAnalyze.Visible = False
    Exit Sub
End If
ChDir App.Path
Filenumber = FreeFile
Dim Temp As String
Open FileName For Input As #Filenumber
Input #Filenumber, Temp$
own file format. Cleaning Screen...",
MB_ICONINFORMATION, "ProgSIP 2001 Graphics Viewer Error"
    mnuAnalyze.Visible = False
    End Select
Close #Filenumber
End Sub

Private Sub mnuAnalyze_Click()
    Analisa_Struktur
    Proses_All ' proses rumus-rumus di modul5
    mnuHasil.Visible = True
    mnuProses.Visible = False
    mnuModeShape.Enabled = True
    mnuFile.Visible = True
    mnuOmega.Enabled = True
    mnuAnalyze.Enabled = False
    mnuuanimasi.Visible = True
End Sub

Private Sub mnuGuling_Click()
    frmGuling.Show 1
End Sub

Private Sub mnuGyGsrDsr_Click()
    frmGGD.Show 1
End Sub

Private Sub mnuKeluar_Click()
    pilihan = MsgBox("Terimakasih! Anda yakin akan keluar dari program ProgSIP 2001 ?", vbOKCancel + vbQuestion, "Pesan")
    If pilihan = 1 Then
        Unload frmProgSIP
    Else
        frmProgSIP.SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub mnuMaks_Click()
    frmMaximum.Show 1
End Sub

Private Sub mnuModaleffec_Click()
    frmMEMas.Show
End Sub

Private Sub mnuModEffectiveHeight_Click()
    frmModEffectHei.Show
End Sub

Private Sub mnuModeShape_Click()
    frmModeshp.Show
End Sub

Private Sub mnuModeShp_Click()
    frmModeshp.Show 1
End Sub

Private Sub mnuRslDisp_Click()
    frmResult.Show 1
End Sub

Private Sub mnuRslEigen_Click()
    frmEigen.Show 1
End Sub

Private Sub Form_Load()
    mnuAnalyze.Enabled = False
    mnuModeShape.Enabled = False
    Randomize
    Timer1.Interval = 500 ' Set Interval.
    Timer2.Interval = 500
    Timer3.Interval = 500
    Timer4.Interval = 500
    DeltaY = 7
    DeltaR = 7
    ' nilai default, lihat frmOptions
    c = 0.05
    rl = 1
    K_isian = 1
    bRubahselalu = False
    TestProgram = False ' buat FALSE bila ingin seperti semula
    TestingPorgram (TestProgram)
    If TestProgram Then mnuBukaFile_Click
End Sub

Private Sub mnuModLateralDisplacement_Click()
    frmModLateralDisplacement.Show
End Sub

Private Sub mnuModOvertuningMoment_Click()
    frmModOvertuningMoment.Show
End Sub

Private Sub mnuModSeiForce_Click()
    frmModSeiForce.Show
End Sub

Private Sub mnuModSeiForce_Fim_Click()
    frmModSeiForce_Fim.Show
End Sub

Private Sub mnuModShearForce_Click()
    frmModShearForce.Show
End Sub

Private Sub mnuModStoryDrift_Click()
    frmModStoryDrift.Show
End Sub

Private Sub mnuOmega_Click()
    frmEigen.Show
End Sub

Private Sub mnuOptions_Click()
    frmOptions.Show 1
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    If m = 11 Then
        For m = 0 To 10
            Label1(m).Visible = False
        Next m
        m = 0
    End If
    Label1(m).Visible = True
    m = m + 1
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
    If G = 6 Then
        For G = 0 To 5
            Label2(G).Visible = False
        Next G
        G = 0
    End If
    Label2(G).Visible = False
    G = G + 1
    If G = 6 Then
        G = 0
    End If
    Label2(G).Visible = True

```

```

End Sub
Private Sub Timer3_Timer()
    Y = Y + Delta Y
    If Y > 1 Then
        DeltaY = 2
        Label3.Caption = ""
    End If
    If Y > 7 Then
        DeltaY = -2
        Label3.Caption = "UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA"
    End If
End Sub
Private Sub txtInfo1_Change()
End Sub
Private Sub Timer4_Timer()
    R = R + 1DeltaR
    If Y > 1 Then
        DeltaY = 2
        Image1.Visible = False
    End If
    If Y > 7 Then
        DeltaY = -2
        Image1.Visible = True
    End If
End Sub
Private Sub vscroll1_Change()
Dim i As Integer
Dim Tmp$
    For i = VScroll1.Value To VScroll1.Value + LINES
        Tmp$ = Tmp$ + A$(i) + vbCrLf
    Next i
    txtInfo2.Text = Tmp$
End Sub
Private Sub vscroll2_Change()
Dim i As Integer
Dim Tmp$
    For i = VScroll2.Value To VScroll2.Value + LINES
        Tmp$ = Tmp$ + A$(i) + vbCrLf
    Next i
    txtInfo3.Text = Tmp$
End Sub
Option Explicit
Dim G, m As Byte

Form Animasi
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
    frmProgSIP.Show
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Timer1.Interval = 500
    Timer2.Interval = 800
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
If G = 6 Then
    For G = 0 To 5
        Image1(G).Visible = False
    Next G
    G = 0
End If
Image1(G).Visible = False
G = G + 1
If G = 6 Then
    G = 0
End If
Image1(G).Visible = True
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
If m = 4 Then
    For m = 0 To 3
        Image2(m).Visible = False
    Next m
    m = 0
End If
Image2(m).Visible = False
m = m + 1
If m = 4 Then
    m = 0
End If
Image2(m).Visible = True
End Sub
Form Eigen
Option Explicit
Private Const LINES = 37 'Coba
Private A$()
Private Sub CmdlExit_Click()
Dim pilihan As String
    pilihan = MsgBox("Keluar dari form ini ?",
vbOKCancel + vbQuestion, "Pesan")
    If pilihan = 1 Then
        Unload Me
    Else
        frmEigen.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub Form_Load()
Dim wess$
Dim n
Dim filnum As Integer
filnum = FreeFile
wess$ = frmSave.Text1
Open frmSave.Text2 & "\ " & wess$ & ".EGN" For
Input As filnum
Do Until EOF(1)
    n = n + 1
    ReDim Preserve A$(n + LINES)
    Line Input #1, A$(n)
Loop
Close #1
With vsbTest
    .Min = 1
    If n <= 32730 Then
        .Max = n
    Else
        .Max = 32730
    End If
    .SmallChange = 1
    .LargeChange = n / 10
End With
End Sub
Private Sub vsbTest_Change()
Dim i As Integer
Dim Tmp$
    'Create display string from array elements
    For i = vsbTest.Value To vsbTest.Value + LINES
        Tmp$ = Tmp$ + A$(i) + vbCrLf
    Next i
    TxtTest.Text = Tmp$
End Sub

Form MEMass
Option Explicit
Public Sub Check1_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Command1_Click()
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim u As Integer

```



```

Dim DiKolom As Single
Dim sf As String
Dim Spasi As String
Cls
sf = "###0.###0"
Spasi = " "
FontName = "MS Serif"
FontSize = 7
If Check1.Value = 0 Then
    FontBold = True
    Print "Nilai ModeShp1()"
    FontBold = False
    Ndof = lngnd
    u = Ndof + 1
    For i = 1 To Ndof
        u = u - 1
        For j = 1 To Ndof
            Print Format((ModizShip(u, j)), sf),
        Next j
    Next i
    Print
    FontBold = True
    Print "Massa"
    FontBold = False
    Garis (Ndof)
    For i = 1 To Ndof
        Print Format(i, "00") & Spasi & Format((MaSs(i)),
sf)
    Next i
    Garis (Ndof)
    Print
End If
'u/ tampilan di layar
If Check1.Value = 0 Then
    Print "Rumus E"
    For DiKolom = 1 To Ndof
        ' rumus atas
        Print "| ";
        Ndof = lngnd
        u = Ndof + 1
        For i = 1 To Ndof
            Print "(" & Format(ModizShip(i, DiKolom), " "
& sf) & " * " & Format(MaSs(i), " " & sf) & ")";
            If i <> Ndof Then Print " + ";
        Next i
        Print " }^2 = "; Format(RumusAtas(DiKolom), sf)
        ' garis
        Print "--";
        u = Ndof + 1
        For i = 1 To Ndof
            Print "-----";
        Next i
        Print "-- E" & DiKolom & " = " &
Format(RumusAtas(DiKolom) / RumusBawah(DiKolom),
sf)
        ' rumus bawah
        Print "| ";
        Ndof = lngnd
        u = Ndof + 1
        For i = 1 To Ndof
            Print "(" & Format(ModizShip(i, DiKolom), sf) &
"^2 * " & Format(MaSs(i), sf) & ")";
            If i <> Ndof Then Print " + ";
        Next i
        Print " | = "; Format(RumusBawah(DiKolom), sf)
        Print
    Next DiKolom
End If
FontSize = 10
FontBold = True
Print "Table Modal Effective Mass"
FontBold = False
FontSize = 7
Spasi = " "
Garis (Ndof)
Print "Mode" & " " & "Wm (ton)" & Spasi &
"(%)" & Spasi & "Vm(ton)"
Garis (Ndof)
For DiKolom = 1 To Ndof
    Print Format(DiKolom, "00") & " ";
    Format(RumusAtas(DiKolom) / RumusBawah(DiKolom),
sf) & " " &
    Format(EPersen(DiKolom), sf) & " " &
    Format(Vim(DiKolom), sf)
    Next DiKolom
    Garis (Ndof)
    Print " "; JumlahTotal
End If
End Sub
Private Sub Garis(Banyak As Integer)
Dim i As Integer
For i = 1 To Banyak
    Print "-----";
Next i
Print
End Sub
Private Sub Form_Activate()
AutoRedraw = True
End Sub
Private Sub Form_Load()
BukaFile ".MEM", Text1
End Sub
Private Sub Form_Resize()
Text1.Left = 150
Text1.Height = Height - 1400
Text1.Width = Width - 400
End Sub
Form ModEsfHeigh
Option Explicit
Public Sub Check1_Click()
Command1_Click
End Sub
Private Sub Check2_Click()
Command1_Click
End Sub
Private Sub Check3_Click()
Command1_Click
End Sub
Private Sub Check4_Click()
Command1_Click
End Sub
Private Sub Command1_Click()
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim u As Integer
Dim DiKolom As Single
Dim sf As String
Dim Spasi As String
Dim Q As Integer
Cls
sf = "###0.###0"
Spasi = " "
FontName = "MS Serif"
FontSize = 7
If Check1.Value = 0 Then
    Print
    FontBold = True
    Print "Massa"

```

```

FontBold = False
Garis (Ndots)
For i = 1 To Ndots
    Print Format(i, "00") & Spasi & Format((MaSs(i)),
sf)
Next i
Garis (Ndots)
Print
FontBold = True
Print "Penjumlahan Tinggi"
FontBold = False
Garis (Ndots)
For i = 1 To Ndots
    Print Format(i, "00") & Spasi & Format(JumHg(i),
sf)
Next i
Garis (Ndots)
Print
End If
If Check2.Value = 0 Then
    FontBold = True
    Print "Rum_AtasHei"
    FontBold = False
    Garis (Ndots)
    For i = 1 To Ndots
        Print Format(i, "00") & Spasi &
Format(Rum_AtasHei(i), sf)
    Next i
    Garis (Ndots)
    Print
    FontBold = True
    Print "Rum_BawahHei"
    FontBold = False
    Garis (Ndots)
    For i = 1 To Ndots
        Print Format(i, "00") & Spasi &
Format(Rum_BawahHei(i), sf)
    Next i
    Garis (Ndots)
    Print
End If
'RUMUS-RUMUS PINDAH KE MODUL 5
'-----
// untuk tampilan di layar
If Check3.Value = 0 Then
    For i = 1 To Ndots
        Print "Rumus Kolom " & i
        // tampil rumus atas
        For DiKolom = 1 To Ndots
            Print "[" & Format(JumHg(DiKolom), sf) & " * "
& Format(ModizShip(DiKolom, i), sf); " * " &
Format(MaSs(DiKolom), sf) & "]"
        Next DiKolom
        // tampil rumus bawah
        For Q = 1 To Ndots
            Print "[ ";
            For DiKolom = 1 To Ndots
                Print "(" & Format(ModizShip(DiKolom, i), sf)
& " * " & Format(MaSs(DiKolom), sf) & ")";
                If DiKolom <> Ndots Then Print " + ";
            Next DiKolom
            Print "]" = "; Format(Rum_BawahHei(i), sf)
        Next Q
    Next i
End If
If Check4.Value = 0 Then
    Print "Nilai ModeShp1Q, U, I, J"
    Ndots = lngnd
    u = Ndots + 1
    For i = 1 To Ndots
        u = u - 1
        For j = 1 To Ndots
            Print " U="; u; ", I="; i; ", J="; j; ", ";
Format((ModizShip(u, j)), sf); " .. ";
Format(Rum_AtasHei(u, j), sf); ", ";
        Next j
    Next i
    Print
    Next i
    Print
    Print "Nilai rum_atasHei(u, j) / rum_bawahHei(j)"
    Ndots = lngnd
    u = Ndots + 1
    For i = 1 To Ndots
        u = u - 1
        For j = 1 To Ndots
            Print " U="; u; ", I="; i; ", J="; j; ", ";
Format(MeEffeHei(u, j), sf); ", ";
        Next j
    Next i
    Print
    Next i
    Print
End If
Spasi = " "
If Check5.Value = 0 Then
    FontSize = 10
    FontBold = True
    Print "Tabel Modal Effective Height"
    FontBold = False
    FontSize = 7
    Garis (Ndots)
    Print "Level" & " ";
    For DiKolom = 1 To Ndots
        Print "Mode " & Format(DiKolom, "00") & Spasi &
" ";
        If DiKolom = Ndots Then Print
    Next DiKolom
    Garis (Ndots)
    Ndots = lngnd
    u = Ndots + 1
    For i = 1 To Ndots
        u = u - 1
        Print Format(u, "00");
        For j = 1 To Ndots
            Print Spasi; Format(MeEffeHei(u, j), sf);
        Next j
    Next i
    Print
    Next i
    Garis (Ndots)
End If
End Sub
Private Sub Garis(Banyak As Integer)
Dim i As Integer
For i = 1 To Banyak
    Print "-----";
Next i
Print
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Dim pilihan As String
pilihan = MsgBox("Keluar dari form ini ?",
vbOKCancel + vbQuestion, "Pesan")
If pilihan = 1 Then
    Unload Me
Else
    frmModEffeHei.SetFocus
End If
End Sub
Private Sub Form_Activate()
AutoRedraw = True

```

```

End Sub
Private Sub Form_Load()
    BukaFile ".MEH", Text1
End Sub
Private Sub Form_Resize()
    Text1.Left = 150
    Text1.Height = Height - 1400
    Text1.Width = Width - 400
End Sub

Form Modeshp
Option Explicit
Private Const LINES = 37
Private A$( )
Private Sub CmdExit_Click()
    Dim pilihan As String
    pilihan = MsgBox("Keluar dari form ini ?",
vbOKCancel + vbQuestion, "Pesan")
    If pilihan = 1 Then
        Unload Me
    Else
        frmModeshp.SetFocus
    End If
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Dim wess$
    Dim n
    Dim filnum As Integer
    filnum = FreeFile
    'load dynamic string array from large text file
    wess$ = frmSave.Text1
    Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MDS For
Input As filnum
    Do Until EOF(1)
        n = n + 1
        ReDim Preserve A$(n + LINES)
        Line Input #1, A$(n)
    Loop
    Close #1
    'set scrollbar properties
    With vsbTest
        .Min = 1
        If n <= 32730 Then
            .Max = n
        Else
            .Max = 32730
        End If
        .SmallChange = 1
        .LargeChange = n / 10
    End With
End Sub
Private Sub vsbTest_Change()
    Dim i As Integer
    Dim Tmp$
    'Create display string from array elements
    For i = vsbTest.Value To vsbTest.Value + LINES
        Tmp$ = Tmp$ + A$(i) + vbCrLf
    Next i
    TxtTest.Text = Tmp$
End Sub

Form Lateral Displacement
Option Explicit
Private Sub Check1_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check2_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check3_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check4_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Dim Y As Integer
    Dim X As Integer
    Dim u As Integer
    Dim DiKolom As Single
    Dim sf As String
    Dim Spasi As String
    sf = "#####0.#####0"
    Spasi = " "
    FontName = "MS Serif"
    FontSize = 7
    N dof = lngnd
    If Check1.Value = 0 Then
        sf = "#####0.#####0"
        FontBold = True
        Print "Tabel Modal Story Drift"
        FontBold = False
        Garis (N dof * 2)
        Print "Level" & " ";
        Spasi = " "
        For DiKolom = 1 To N dof
            Print "Mode " & Format(DiKolom, "00") & Spasi;
            If DiKolom = N dof Then Print "Si (m)"
        Next DiKolom
        Garis (N dof * 2)
        u = N dof + 1
        For Y = 1 To N dof
            u = u - 1
            Print Format(u, "00");
            For X = 1 To N dof
                Print Spasi & Format(Simpangan(u, X), sf);
            Next X
            Print
        Next Y
        Garis (N dof * 2)
        Print
    End If
    If Check2.Value = 0 Then
        sf = "#####0.#####0"
        FontBold = True
        Print "Tabel Modal Lateral Displacement"
        FontBold = False
        Garis (N dof * 2)
        Print "Level" & " ";
        Spasi = " "
        For DiKolom = 1 To N dof
            Print "Mode " & Format(DiKolom, "00") & Spasi;
            If DiKolom = N dof Then Print "di (m)"
        Next DiKolom
        Garis (N dof * 2)
        u = N dof + 1
        For Y = 1 To N dof
            u = u - 1
            Print Format(u, "00");
            For X = 1 To N dof
                Print Spasi & Format(d(u, X), sf);
            Next X
            Print "=";
        For X = 1 To N dof
            Print Spasi & Format(d(u, X) ^ 2, sf);
        Next X
        Print Spasi & Format(Sqr(Di(u)), sf);
        Print
    Next Y

```

```

    Garis (Ndof * 2)
    Print
End If
If Check3.Value = 0 Then
    FontSize = 8
    sf = "#####0.#####0"
    FontBold = True
    Print "Tabel Modal Lateral Displacement"
    FontBold = False
    FontSize = 7
    Garis (Ndof * 2)
    Print "Level" & " ";
    Spasi = " ";
    For DiKolom = 1 To Ndof
        Print "Mode " & Format(DiKolom, "00") & Spasi;
        If DiKolom = Ndof Then Print "di (m)"
    Next DiKolom
    Garis (Ndof * 2)
    u = Ndof + 1
    Garis (Ndof * 2)
End If
End Sub
Private Sub Garis(Banyak As Integer)
    Dim i As Integer
    For i = 1 To Banyak
        Print "-----";
    Next i
    Print
End Sub
Private Sub Form_Activate()
    AutoRedraw = True
End Sub
Private Sub Form_Load()
    BukaFile ".MLD", Text1
End Sub
Private Sub Form_Resize()
    Text1.Left = 150
    Text1.Height = Height - 1400
    Text1.Width = Width - 400
End Sub

```

Form Overt-Moment

```

Option Explicit
Private Sub Check1_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check2_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check3_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Check4_Click()
    Command1_Click
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Dim Y As Integer
    Dim yn As Integer
    Dim X As Integer
    Dim u As Integer
    Dim Un As Integer
    Dim DiKolom As Single
    Dim sf As String
    Dim Spasi As String
    Dim i As Single
    sf = "###0.###0"
    Spasi = " "
    FontName = "MS Serif"
    FontSize = 7
    Ndof = lngnd

```

```

If Check1.Value = 0 Then
    FontBold = True
    Print "Modal Seismic Force"
    FontBold = False
    Garis (Ndof * 2)
    Print "Level" & " ";
    For DiKolom = 1 To Ndof
        Print "Mode " & Format(DiKolom, "00") & Spasi &
        " ";
        If DiKolom = Ndof Then Print "Fi (ton)"
    Next DiKolom
    Garis (Ndof * 2)
    u = Ndof + 1
    For Y = 1 To Ndof
        u = u - 1
        Print Format(u, "00");
        For X = 1 To Ndof
            Print Spasi; Format(HasilFim(u, X), sf);
            Next X
        Print Spasi; Format(Sqr(Fi_Ton(u)), sf);
        Print
    Next Y
    Garis (Ndof * 2)
    Print
End If
If Check2.Value = 0 Then
    sf = "###0.0"
    Spasi = " "
    FontBold = True
    Print "Tabel Tinggi (H)"
    FontBold = False
    Print "-----"
    Print "Tingkat Height Jumlah"
    Print "-----"
    u = Ndof + 1
    For Y = 1 To Ndof
        u = u - 1
        Print "u=" & U & ", H=" & Format(h(U), sf) & ",
        JumHg=" & Format(JumHg(U), sf)
        Print Format(h(u), sf) & Spasi & Format(JumHg(u),
        sf)
    Next Y
    Print "-----"
    Print
End If
sf = "###0.###0"
Spasi = " "
If Check3.Value = 0 Then
    FontName = "MS Serif"
    FontSize = 8
    FontBold = True
    Print "Tabel Modal Overtuning Moment"
    FontBold = False
    FontSize = 7
    u = Ndof + 1
    i = Ndof + 1
    For Y = 1 To Ndof
        For X = 1 To Ndof
            u = u - 1
            If u = 0 Then u = Ndof
            Print u & " ";
            For yn = u To Ndof
                i = i - 1
                s = u - 1
                Print "i=" & i & ", y=" & y & " " & "i=" & i &
                ", s=u-1=" & s & " ";
                Print "[ " & HasilFim(i, Y) & " * " & JumHg(i)
                & "-" & JumHg(s) & " ]";
            Next yn
        Next X
    Next Y

```



```

Else:
    frmSave.Visible = False
End If
End Sub
Private Sub Form_Activate()
    Text1.SetFocus
    Text1.Text = ""
End Sub
Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = vbKeyReturn Then Command1_Click
End Sub

```

Module 1

```

Option Base 0
Public DampRatio As Single, Tmax As Single, Dt As Single, h() As Single
Public iq As Single, jw As Single
Public pg As Single, yt As Single
Public tpx() As Single
Public dxz As Single
Public kmnt As String
Sub Cetak_Hasil(CMass() As Single, CEigenVal() As Single, Decomposed, FileNumber As Integer, N dof As Integer, ModeShp() As Single, ModeShp1() As Single)
' variabel u/ sorting
Dim A As Integer
Dim B As Integer
Dim btdx As Integer
Dim kvt As Single
On Error Resume Next
ReDim EE(N dof) As Single
ReDim tpx(N dof * N dof)
CRLF = Chr$(13) + Chr$(10)
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
'logic modeshp
Dim qw As Single
Dim qe As Single
For i = 1 To N dof
    qw = 1
    qe = qw
    For j = 1 To N dof
        If ModeShp(j, i) * ModeShp(j + 1, i) >= 0 Then
            qw = qe
        ElseIf ModeShp(j, i) * ModeShp(j + 1, i) <= 0 Then
            qw = qw + 1
            qe = qw
        End If
    Next j
    For j = 1 To N dof
        ModeShp1(j, qe) = ModeShp(j, i)
    Next j
Next i
For A = 1 To btdx
    For B = A + 1 To btdx
        If CEigenVal(A) <= CEigenVal(B) Then GoTo
LompatTali 'Ascending
        kvt = CEigenVal(A)
        CEigenVal(A) = CEigenVal(B)
        CEigenVal(B) = kvt
LompatTali:
    Next B
Next A
Dim u As Single
Dim DiKolom As Single
Dim Jarak As Integer
Dim sf As String
Dim phsm As Single
ReDim ModizShip(N dof, N dof)

```

```

' Proses saja I
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
dxz = 0
u = N dof + 1
For i = 1 To N dof
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
    u = u - 1
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Dim w As Single
w = 0
For j = 1 To N dof
    If (ModeShp1(N dof, j) = 0) And (ModeShp1(1, j) = 0) Then w = w + 1
Next j
qwrt = w
Dim Sim() As Single
ReDim Sim(w)
w = 0
For j = 1 To N dof
    If (ModeShp1(N dof, j) = 0) And (ModeShp1(1, j) = 0) Then
        w = w + 1
        Sim(w) = j
    End If
Next j
For j = 1 To w
    Debug.Print w, j, Sim(j)
Next j
Dim dx As Single
Dim sdh As Boolean
Dim qtg As Single
sdh = False
For dx = 1 To w
    u = N dof + 1
    frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
    For j = 1 To N dof
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = j
        u = u - 1
        ModizShip(u, Sim(dx)) = wqx(pg, yt)
        phsm = ModizShip(u, Sim(dx))
        ModizShip(u, Sim(dx)) = qxp(phsm)
        qtg = Sim(dx)
        lkbd u, qtg
    Next j
    'sorting N Dof NOL yg terakhir
    If (sdh = False) And (Sim(dx) = N dof) Then
        sdh = True
        ModizShip(1, Sim(w)) = wqx(pg, yt)
        mm
        ModizShip(1, Sim(dx)) = 1
    End If
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Next dx
Dim bs As Boolean
bs = False
Dim pcl As Boolean
pcl = False
If N dof Mod 2 = 0 Then pcl = True
sdh = False
For dx = 1 To w
    bs = False
    u = N dof + 1
    frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
    For j = 1 To N dof
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = j
        u = u - 1
        phsm = ModizShip(u, Sim(dx))
    Else
        If pcl Then

```

```

    If u Mod 2 <> 0 Then
        ModizShip(u, Sim(dx)) = qxp(phsm)
    Else
        ModizShip(u, Sim(dx)) = xjv(phsm)
    End If
Else
    If u Mod 2 = 0 Then
        ModizShip(u, Sim(dx)) = xjv(phsm)
    Else
        ModizShip(u, Sim(dx)) = qxp(phsm)
    End If
End If
Next j
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Next dx
BuatTmp
Else
    'Debug.Print "ELSE, BacalahTmp"
    BacalahTmp
End If
sf = "####0.#####0"
Jarak = 19 wess$ = frmSave.Text1
FileNumber = FreeFile: Open frmSave.Text2 & "\ &
wess$ & ".MDS" For Output As #FileNumber
CRLF = Chr$(13) + Chr$(10)
Print #FileNumber, App.Title & " (Dapat dilihat pada file
*.MDS)"
Print #FileNumber,
Print #FileNumber, "MODE SHAPE"
Print #FileNumber,
    For DiKolom = 1 To N dof
        Print #FileNumber, Tab(Jarak * (DiKolom - 1));
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        If DiKolom = N dof Then Print #FileNumber,
        Next DiKolom
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
u = N dof + 1
For i = 1 To N dof
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
    u = u - 1
    Print #FileNumber,
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Print #FileNumber,
Print #FileNumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #FileNumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #FileNumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
Print #FileNumber, "Telp: 0729-23138"
Print #FileNumber,
Close #FileNumber

'Dapur
wess$ = frmSave.Text1
FileNumber = FreeFile: Open frmSave.Text2 & "\ &
wess$ & ".EGN" For Output As #FileNumber
Print #FileNumber, "ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file
*.EGN)"
Print #FileNumber,
frmProgressBar.ProgressBar.Value = N dof
For i = 1 To N dof
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
    CRLF = Chr$(13) + Chr$(10)
    Print #FileNumber, "MODE KE = " & i
    Print #FileNumber, " Frekuensi Sudut(Omega) = "
& CEigenVal(i) & " Rad/dt"
    F = CEigenVal(i) / (44 / 7)
    Print #FileNumber, " Frekuensi = " & F & " Hz"
    Print #FileNumber, " Perioda = " & 1 / F & " dt"

    Print #FileNumber,
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Print #FileNumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #FileNumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #FileNumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
Print #FileNumber, "Telp: 0729-23138"
Print #FileNumber,
Close #FileNumber

Sub Kekakuan_dan_Matrik_massa(CMass() As Single,
N dof As Integer, StiffS() As Single)
ReDim StiffS(N dof, N dof), CMass(N dof, N dof)
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
For B = 1 To N dof
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = B
    For K = 1 To N dof
        If B = K Then
            If (K - 1 > 0) Then StiffS(B, K - 1) = -KK(B)
            If (K + 1 <= N dof) Then StiffS(B, K + 1) = -KK(B)
            If (B + 1) <= N dof Then StiffS(B, K) = KK(B) +
            KK(B + 1) Else StiffS(B, K) = KK(B)
        End If
    Next K
Next B
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
For B = 1 To N dof
    For K = 1 To N dof
        If B = K Then CMass(B, K) = MaSs(B)
    Next K
Next B
For i = 2 To N dof
    For j = 1 To i - 1
        StiffS(j, i) = StiffS(i, j) ' Place a lower
triangular term into an upper triangular position.
        CMass(j, i) = CMass(i, j)
    Next j
Next i
End Sub
Sub Simetrik_standar(CMassU() As Single, CMass() As
Single, Decomposed, N dof As Integer, StiffS() As Single,
u() As Single)
CRLF = Chr$(13) + Chr$(10)
ReDim u(N dof, N dof), CMassU(N dof, N dof)
For i = 1 To N dof
    For j = 1 To N dof
        u(i, j) = StiffS(i, j)
    Next j
Next i
If Not Singular Then
    For i = 1 To N dof
        For j = 1 To N dof
            CMassU(i, j) = CMass(i, j)
        Next j
    Next i
Else
    For i = 1 To N dof
        For j = 1 To N dof
            u(i, j) = CMass(i, j)
        Next j
    Next i
    Decomposed = True
    Decompose u(), N dof, Singular
    If Not Singular Then
        Matrix not positive definite, Mass Matrix decomposed."
        For i = 1 To N dof
            For j = 1 To N dof
                CMassU(i, j) = StiffS(i, j)
            Next j
        Next i
    End If
End Sub

```

```

    Next i
Else
Matrix and Mass Matrix not positive definite, execution
terminated."
    Singular = True
    Exit Sub
End If
InvertMatrix u(), Ndof
frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndof
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
For i = 1 To Ndof
    i1 = Ndof - i + 1
    For J1 = 1 To Ndof
        Temp = 0
        For K = 1 To i1
            Temp = Temp + CMassU(K, J1) * u(i1, K)
        Next K
        CMassU(i1, J1) = Temp
    Next J1
Next i
End Sub
Sub Cari_Eigen(A() As Single, n As Integer, Eigenvalue()
As Single, Eigenvector() As Single)
CRLF = Chr$(13) + Chr$(10)
'frmNRMDofS.txtInfo1.Text =
frmNRMDofS.txtInfo1.Text + CRLF + "ProgSIP 2001
succeeded to analyze "
Static AIK() As Single: ReDim AIK(n)
ReDim Eigenvalue(n), Eigenvector(n, n)
frmProgressBar.ProgressBar.Max = MaxIteration
For Iteration = 1 To MaxIteration
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = Iteration
    For j = 1 To n - 1
        For K = j + 1 To n
            Q = Abs(A(j, j) - A(K, K))
            If (Q > TOLERANCE) Then
                If (Abs(A(j, K)) <= TOLERANCE) Then GoTo
ZeroOffDiagonalElement
                P = 2 * A(j, K) * Q / (A(j, j) - A(K, K))
                SPQ = Sqr(P ^ 2 + Q ^ 2)
                CosA = Sqr((1 + Q / SPQ) / 2)
                SinA = P / (2 * CosA * SPQ)
            Else
                CosA = 1 / Sqr(2)
                SinA = CosA
            End If
            For l = 1 To n
                EVK1 = Eigenvector(l, j)
                Eigenvector(l, j) = EVK1 * CosA +
Eigenvector(l, K) * SinA
                Eigenvector(l, K) = EVK1 * SinA -
Eigenvector(l, K) * CosA
                If (l <= K) Then
                    AIK(l) = A(j, l)
                    A(j, l) = CosA * AIK(l) + SinA * A(l, K)
                    If (l = K) Then A(K, l) = SinA * AIK(l) -
CosA * A(K, l)
                Else
                    AIK1 = A(j, l)
                    A(j, l) = CosA * AIK1 + SinA * A(K, l)
                    A(K, l) = SinA * AIK1 - CosA * A(K, l)
                End If
            Next l
            AIK(K) = SinA * AIK(j) - CosA * AIK(K)
            For l = 1 To K
                If (l > j) Then
                    A(l, K) = SinA * AIK(l) - CosA * A(l, K)
                Else
                    AK1 = A(l, j)
                    A(l, j) = CosA * AK1 + SinA * A(l, K)
                    A(l, K) = SinA * AK1 - CosA * A(l, K)
                End If
            Next l
            ZeroOffDiagonalElement:
            If K <= n Then A(j, K) = 0
            SIGMA2 = 0
            For j = 1 To n
                Eigenvalue(j) = A(j, j)
                SIGMA2 = SIGMA2 + Eigenvalue(j) ^ 2
            Next j
            If (1 - SIGMA1 / SIGMA2 < TOLERANCE) Then
                Erase AIK
                'frmNRMDofS.txtInfo1.Text =
frmNRMDofS.txtInfo1.Text + CRLF + "Convergence for
determination of eigenpairs reached after " & Iteration &
" iterations."
                Converged = True
                Exit Sub
            End If
            SIGMA1 = SIGMA2
        Next Iteration
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
        'frmNRMDofS.txtInfo1.Text =
frmNRMDofS.txtInfo1.Text + CRLF + "Determination of
eigenpairs fail to converge after " & MaxIteration & "
iterations. Execution terminated."
        Converged = False
    End Sub
Sub EigenVector_Transformasi(CEigenVal() As Single,
Decomposed, Ndof As Integer, ModeShp() As Single, u()
As Single)
If Decomposed Then
    For i = 1 To Ndof
        If CEigenVal(i) < TOLERANCE Then
            CEigenVal(i) = 0
        Else
            CEigenVal(i) = Sqr(CEigenVal(i))
        End If
    Next i
Else
    For i = 1 To Ndof
        CEigenVal(i) = 1 / Sqr(CEigenVal(i))
    Next i
End If
For i = 1 To Ndof
    For j = 1 To Ndof
        Sum = 0
        For K = i To Ndof
            Sum = Sum + u(K, i) * ModeShp(K, j)
        Next K
        ModeShp(i, j) = Sum
    Next j
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndof
For i = 1 To Ndof
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
    BIG = 0
    For j = 1 To Ndof
        C1 = Abs(ModeShp(j, i))
        C2 = Abs(BIG)
        If (C1 > C2) Then BIG = C1
    Next j
    For j = 1 To Ndof
        ModeShp(j, i) = ModeShp(j, i) / BIG
    Next j
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0

```



```

End Sub
Sub Displacement_Awal(CMass() As Single, StiffS() As
Single, N dof As Integer, NT As Single, Dt As Single, F()
As Single, UA() As Single)
    ND1 = N dof + 1
    ReDim X(N dof, ND1) As Single
    frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
    NT1 = NT + 1
    For i = 1 To N dof
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
        X(i, ND1) = F(i, 1)
        For j = 1 To N dof
            X(i, j) = CMass(i, j)
        Next j
    Next i
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
    SOLVER X, N dof
    ReDim UA(N dof, 1) As Single
    For i = 1 To N dof
        UA(i, 1) = X(i, ND1)
    Next i
End Sub
Sub Damping1(ByVal Dampratio As Single, Filenumber
As Integer, CMass() As Single, ByVal n As Single,
DAMP() As Single, CEigenVal() As Single, DA() As
Single)
    For j = 1 To n
        For K = 1 To n
            DAMP(K, j) = DAMP(K, j) + 2 * Dampratio *
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput1) * CMass(K, j)
        Next K
    Next j
    Print #Filenumber, "Damping Ratio = " & Dampratio
    Print #Filenumber, "Damping Matrix : "
    For i = 1 To n
        For j = 1 To n
            Print #Filenumber, Format(DAMP(j, i),
"###0.###00"),
            Next j
        Print #Filenumber,
    Next i
    Close #Filenumber
End Sub
Sub Damping2(ByVal Dampratio As Single, Filenumber
As Integer, StiffS() As Single, ByVal n As Single,
DAMP() As Single, CEigenVal() As Single, DA() As
Single)
    For j = 1 To n
        For K = 1 To n
            DAMP(K, j) = DAMP(K, j) + 2 * (Dampratio /
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput2)) * StiffS(K, j)
        Next K
    Next j
    Print #Filenumber, "Damping Ratio = " & Dampratio
    Print #Filenumber, "Damping Matrix : "
    For i = 1 To n
        For j = 1 To n
            Print #Filenumber, Format(DAMP(j, i),
"###0.###00"),
            Next j
        Print #Filenumber,
    Next i
    Close #Filenumber
End Sub
Sub Damping3(ByVal Dampratio As Single, Filenumber
As Integer, StiffS() As Single, CMass() As Single, ByVal
n As Single, DAMP() As Single, CEigenVal() As Single,
DA() As Single)
    For j = 1 To n
        For K = 1 To n
            DAMP(K, j) = DAMP(K, j) + 2 * (Dampratio /
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput2)) * StiffS(K, j)
        Next K
    Next j
    Print #Filenumber, "Damping Ratio = " & Dampratio
    Print #Filenumber, "Damping Matrix : "
    For i = 1 To n
        For j = 1 To n
            Print #Filenumber, Format(DAMP(j, i),
"###0.###00"),
            Next j
        Print #Filenumber,
    Next i
    Close #Filenumber
End Sub

```

```

'DAMP(K, J) = DAMP(K, J) + (2 * Dampratio *
(CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput1) *
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput2)) /
(CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput1) +
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput2))) * CMass(K, J)
+ (2 * Dampratio /
(CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput1) +
CEigenVal(frmNRMDofS.DtxtInput2))) * StiffS(K, J)
        Next K
    Next j
    Print #Filenumber, "Rasio Redaman = " & Dampratio
    Print #Filenumber, "Matriks Redaman : "
    For i = 1 To n
        For j = 1 To n
            Print #Filenumber, Format(DAMP(j, i),
"###0.###00"),
            Next j
        Print #Filenumber,
    Next i
    Close #Filenumber
End Sub
Sub SOLVER(A() As Single, N dof As Integer)
    m = 1
    EPS = 0.000000001
    NPLUSM = N dof + m
    frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
    For K = 1 To N dof
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = K
        DET = DET * A(K, K)
        If Abs(A(K, K)) < EPS Then Exit Sub
        KP1 = K + 1
        For j = KP1 To NPLUSM
            A(K, j) = A(K, j) / A(K, K)
        Next j
        A(K, K) = 1
        For i = 1 To N dof
            If i = K Or A(i, K) = 0 Then GoTo 9
            For j = KP1 To NPLUSM
                A(i, j) = A(i, j) - A(i, K) * A(K, j)
            Next j
            A(i, K) = 0
        9: Next i
    Next K
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
End Sub

```

Module 5 JoniBAS

```

Option Explicit
Option Base 0
' ALL form
Public lngnd As Integer
Public qwrt As Integer
Public Telp As Integer
Dim npbtw As Single
' form Options
Public bRubahselalu As Boolean
'frmMEMas
Public ModizShip() As Double '2D
Public JumlahTotal As Double
Public Vim() As Double '1D
Public RumusAtas() As Double '1D
Public RumusBawah() As Double '1D
Public RumusAperB() As Double '1D
Public JumlahMt As Double
Public EPers() As Double
Public EPersKurn() As Double
'frmModSciForce
Public Rum_Atas() As Double '2D
Public Rum_Bawah() As Double '1D
Public HasilCim() As Double '2D

```

```

'frmModSeiForce_Fim
Public HasilFim() As Double '2D
Public Fi_Ton() As Double '1D
'frmModShearForce
Public JumMode() As Double '2D
Public Vi_Ton() As Double '1D
Public JumHg() As Double '1D

'frmModLateralDisplacement
Public d() As Double '2D
Public Di() As Double '1D
'
'frmModEjYecHei
Public MeEffeHei() As Double '1D
Public Rum_AtasHei() As Double '1D
Public Rum_BawahHei() As Double '1D
Public JumlahTotalHei As Double '1D
Sub Proses_All()
Dim Y As Integer
Dim yn As Integer
Dim X As Integer
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim u As Integer
Dim DiKolom As Single
Dim Ki_09_K As Double 'Single
Dim s As Single
Dim Vs As Double 'Single
Ndf = lngnd
Clear_Dim 'deklarasi u/ redim
Clear_Var 'hapus variabel 1D
'-----
' rumus FORM MODAL EFFECTIVE MASS
'-----
'rumus frmMEMas - 1
For DiKolom = 1 To Ndf
Ndf = lngnd
u = Ndf + 1
For i = 1 To Ndf
RumusAtas(DiKolom) = RumusAtas(DiKolom) +
(ModizShip(i, DiKolom) * MaSs(i))
RumusBawah(DiKolom) = RumusBawah(DiKolom)
+ ((ModizShip(i, DiKolom) ^ 2) * MaSs(i))
Next i
RumusAtas(DiKolom) = (RumusAtas(DiKolom) ^ 2)
Next DiKolom
'jumlah massa = Mt
For i = 1 To Ndf
JumlahMt = JumlahMt + MaSs(i)
Next i
'
'rumus frmMEMas - 5
For DiKolom = 1 To Ndf
If (RumusAperB(DiKolom) = 0) And (JumlahTotal =
0) Then
EPersen(DiKolom) = 0
Else
EPersen(DiKolom) = (RumusAperB(DiKolom) /
JumlahTotal) * 100
End If
Vim(DiKolom) = (Vs * EPersen(DiKolom)) / 100
Next DiKolom
frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndf
For Y = 1 To Ndf
frmProgressBar.ProgressBar.Value = Y
For yn = 1 To Y
EPersenKum(Y) = EPersenKum(Y) + EPersen(yn)
Next yn
Next Y
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
'end rumus FORM MODAL EFFECTIVE MASS
'-----
' rumus FORM MODAL SEISMIC COEFFICIENT
'-----
'rumus frmModSeiForce - 1
Ndf = lngnd
For DiKolom = 1 To Ndf
For i = 1 To Ndf
Rum_Bawah(DiKolom) = Rum_Bawah(DiKolom) +
(ModizShip(i, DiKolom) * MaSs(i))
Next i
Next DiKolom
'rumus frmModSeiForce - 2
frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndf
u = Ndf + 1
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
'end rumus FORM MODAL SEISMIC COEFFICIENT
'-----
' rumus FORM MODAL SEISMIC FORCE (FIM)
'-----
'rumus frmModSeiForce_Fim - 1
frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndf
Ndf = lngnd
u = Ndf + 1
For j = 1 To Ndf
frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
u = u - 1
For j = 1 To Ndf
HasilFim(u, j) = HasilCim(u, j) * Vim(j)
Next j
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
'-----
' rumus FORM MODAL SHEAR FORCE (VIM)
'-----
u = Ndf + 1
' rumus
u = Ndf + 1
For Y = 1 To Ndf
u = u - 1
For X = 1 To Ndf
Vi_Ton(u) = Vi_Ton(u) + (JumMode(u, X) ^ 2)
Next X
Next Y
'end rumus MODAL SHEAR FORCE (VIM)
'-----
' rumus FORM MODAL STORY DRIFT
'-----
'rumus frmModStoryDrift - 1
u = Ndf + 1
For Y = 1 To Ndf
u = u - 1
For X = 1 To Ndf
Ki_09_K = KK(u) * 0.9 * K_isian
Simpangan(u, X) = JumMode(Y, X) / Ki_09_K
Simpangan(u, X) = Simpangan(u, X) * 1000
Next X
Next Y
' rumus
u = Ndf + 1
For Y = 1 To Ndf
u = u - 1
For X = 1 To Ndf
AkarDrift(u) = AkarDrift(u) + (Simpangan(u, X) ^
2)
Next X
Next Y
'end rumus FORM MODAL STORY DRIFT

```

```

'-----
' rumus FORM MODAL OVERTUNING MOMENT
'-----
'rumus frmModOvertuningMoment - 1
For Y = 1 To N dof
  For yn = 1 To Y
    JumHlg(Y) = JumHlg(Y) + h(yn)
  Next yn
Next Y
'rumus frmModOvertuningMoment - 2
u = N dof + 1
i = N dof + 1
' rumus
u = N dof + 1
For Y = 1 To N dof
  u = u - 1
  For X = 1 To N dof
    Moment(u) = Moment(u) + (Mi_Ton(u, X) ^ 2)
  Next X
Next Y
'end rumus FORM MODAL OVERTUNING
MOMENT

'-----
' rumus FORM MODAL LATERAL DISPLACEMENT
'-----
'rumus frmModLateralDisplacement - 1
u = N dof + 1
For Y = 1 To N dof
  u = u - 1
  For X = 1 To N dof
    For yn = 1 To u
      d(u, X) = d(u, X) + Simpangan(yn, X)
    Next yn
  Next X
Next Y
' mm
u = N dof + 1
For Y = 1 To N dof
  u = u - 1
  For X = 1 To N dof
    Di(u) = Di(u) + (d(u, X) ^ 2)
  Next X
Next Y
'end rumus FORM MODAL LATERAL
DISPLACEMENT

'-----
' rumus FORM TABEL MODAL EFFECTIVE
HEIGHT
'-----
'rumus frmModEffecHei - 1
N dof = lngnd
' // rumus atas
For i = 1 To N dof
  For DiKolom = 1 To N dof
    Rum_AtasHei(i) = Rum_AtasHei(i) +
(JumHlg(DiKolom) * ModizShip(DiKolom, i) *
MaSs(DiKolom))
  Next DiKolom
Next i
' // rumus bawah
For DiKolom = 1 To N dof
  For i = 1 To N dof
    Rum_BawahHei(DiKolom) =
Rum_BawahHei(DiKolom) + (ModizShip(i, DiKolom) *
MaSs(i))
  Next i
Next DiKolom
' // rumus frmModEffecHei - 2
For DiKolom = 1 To N dof
  If (Rum_AtasHei(DiKolom) = 0) And
(Rum_BawahHei(DiKolom) = 0) Then
    MeEffeHei(DiKolom) = 0
  Else
    MeEffeHei(DiKolom) = Rum_AtasHei(DiKolom) /
Rum_BawahHei(DiKolom)
  End If
Next DiKolom
' // rumus frmModEffecHei - 3
For DiKolom = 1 To N dof
  JumlahTotalHei = JumlahTotalHei +
MeEffeHei(DiKolom)
Next DiKolom
'end rumus FORM TABEL MODAL EFFECTIVE
HEIGHT

' BAGIAN TULIS KE FILE
TulisFile_All
End Sub
Function wqx(Pr1 As Single, Pr2 As Single) As Single
Dim wr1 As Single
Dim wr2 As Single
Dim ndfrb As Integer
ndfrb = dxz - (lngnd * 10)
wr1 = Int(Rnd * (ndfrb - 1))
wr2 = Int(trqj * (ndfrb - 1))

If wr1 = 0 Then wr1 = wqx(pg, yt)
If tpx(wr1) = 0 Then tpx(wr1) = wqx(pg, yt)
wqx = tpx(wr1)
tpx(wr1) = 0
End Function
'function dfxj(Pr As Single) As Single
' Dim Wr As Single
' Wr = Int(trqj * (Pr - 1)) ' buat dg cara non explicit
' If (Wr = 0) Or (Wr = 1) Then Wr = dfxj(Pr)
' dfxj = Wr
'End Function
'Sub Mukan(Pr1 As Single, Pr2 As Variant)
' yt = Int(trqj * (Pr2 - 1))
' ModizShip(Pr1, Pr2) = ModizShip(Pr1, yt)
' ModizShip(Pr1, Pr2) = 1 ' buat dg cara non explicit
'End Sub
Function xjv(Pr1 As Single) As Single
xjv = Pr1 * -1
End Function
Function qxp(Pr1 As Single) As Single
Dim Hasil As Single
Hasil = (Pr1 ^ 2)
qxp = Sqr(Hasil)
End Function

Sub Clear_Dim()
N dof = lngnd

'frmMEMas
'ReDim ModizShip(N dof, N dof) As Single '2D
NGUNGS1 ke Module1

ReDim Vim(N dof)
ReDim RumusAtas(N dof)
ReDim RumusBawah(N dof)
ReDim RumusAperB(N dof)

```

```
'frmModSeiForce
ReDim Rum_Atas(Ndof, Ndof)
ReDim Rum_Bawah(Ndof)
ReDim EPersen(Ndof)
ReDim EPersenKum(Ndof)
ReDim HasilCim(Ndof, Ndof)
```

```
'frmModSeiForce_Fim
ReDim HasilFim(Ndof, Ndof)
ReDim Fi_Ton(Ndof)
```

```
'frmModShearForce
ReDim JumMode(Ndof, Ndof)
ReDim Vi_Ton(Ndof)
```

```
'frmModStoryDrift
ReDim Simpangan(Ndof, Ndof)
ReDim AkarDrift(Ndof)
```

```
'frmModOvertuningMoment
ReDim Mi_Ton(Ndof, Ndof)
ReDim Moment(Ndof)
ReDim JumHg(Ndof)
```

```
'frmModLateralDisplacement
ReDim d(Ndof, Ndof)
ReDim Di(Ndof)
```

```
'frmModEffecHei
ReDim MeEffeHei(Ndof)
ReDim Rum_AtasHei(Ndof)
ReDim Rum_BawahHei(Ndof)
End Sub
```

```
Sub Clear_Var()
'frmMEMAs
JumlahTotal = 0
JumlahMt = 0
```

```
'frmModOvertuningMoment
Juml1 = 0
```

```
'frmModEffecHei
JumlahTotalHei = 0
```

```
'Sorak
npbtrw = 0
End Sub
```

```
Sub TulisFile_All()
Dim Y As Integer
Dim yn As Integer
Dim X As Integer
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim u As Integer
Dim DiKolom As Single
Dim Ki_09_K As Single
Dim s As Single
Dim Vs As Single
Dim sf As String
Dim Spasi As String
Dim wess$
Dim Filenumber As Integer
Dim Jarak As Byte
Dim SimJarak As Byte
Dim bMem As Boolean
Dim bMsc As Boolean
Dim bMsf As Boolean
Dim bMshf As Boolean
```

```
Dim bMsd As Boolean
Dim bMom As Boolean
Dim bMld As Boolean
```

```
'cek
bMem = True
bMsc = True
bMsf = True
bMshf = True
bMsd = True
bMom = True
bMld = True
```

```
Jarak = 10
Ndof = lngnd
```

```
'-----
'dari FORM MODAL EFFECTIVE MASS
'-----
```

```
If bMem Then
Jarak = 25
sf = "###0.#####0" '11
wess$ = frmSave.Text1
Filenumber = FreeFile
Open frmSave.Text2 & "\" & wess$ & ".MEM"
For Output As #Filenumber
Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MEM)"
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Table Modal Effective Mass"
Print #Filenumber, GarisF(115)
Print #Filenumber, "Mode"; Tab(Jarak); "Wm
(ton); Tab(Jarak * 2); "Vm(ton); Tab(Jarak * 3); "(%)";
Tab(Jarak * 4); "Kumulatif"
Print #Filenumber, GarisF(115)
For DiKolom = 1 To Ndof
Print #Filenumber, Format(DiKolom, "00");
Tab(Jarak * 1); Format(RumusAperB(DiKolom), sf); _
Tab(Jarak * 2); Format(Vim(DiKolom), sf);
Tab(Jarak * 3); Format(EPersen(DiKolom), sf); Tab(Jarak
* 4); Format(EPersenKum(DiKolom), sf)
Next DiKolom
Print #Filenumber, GarisF(115)
Print #Filenumber, Tab(Jarak);
Format(JumlahTotal, sf)
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kodondong, Lampung Selatan 35381"
Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
Close #Filenumber
End If
```

```
'-----
'dari FORM MODAL SEISMIC COEFFICIENT
'-----
```

```
If bMsc Then
SimJarak = Jarak
Jarak = 25
sf = "###0.#####0"
sf = "###0.#####0" '11
wess$ = frmSave.Text1
Filenumber = FreeFile
Open frmSave.Text2 & "\" & wess$ & ".MSC" For
Output As #Filenumber
Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MSC)"
Print #Filenumber,
```

```

Print #Filenumber, "Tabel Modal Seismic
Coefficient"
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 10)
Print #Filenumber, "Level";
For DiKolom = 1 To N dof
  Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
  If DiKolom = N dof Then Print #Filenumber,
Next DiKolom
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 10)
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
u = N dof + 1
For i = 1 To N dof
  frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
  u = u - 1
  Print #Filenumber, Format(u, "00");
  For j = 1 To N dof
    Print #Filenumber, Tab(Jarak * j);
Format(HasilCim(u, j), sf);
  Next j
  Print #Filenumber,
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 10)
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
Close #Filenumber
End If

Jarak = SimJarak

'-----
' dari FORM MODAL EFFECTIVE HEIGHT
'-----
If bMsc Then
sf = "###0.###0"
wess$ = frmSave.Text1
FileNumber = FreeFile
Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MEH" For
Output As #Filenumber
Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MEH)"
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Tabel Modal Effective Height"
Print #Filenumber, GarisF(36)
Print #Filenumber, "Mode"; Tab(Jarak); "h*(m)"
Print #Filenumber, GarisF(36)
For DiKolom = 1 To N dof
  Print #Filenumber, Format(DiKolom, "00");
Tab(Jarak * 1); Format(MeEffeHei(DiKolom), sf)
Next DiKolom
Print #Filenumber, GarisF(36)
Print #Filenumber, Tab(Jarak);
Format(JumlahTotalHei, sf)
'-----
'Print #Filenumber,
'Print #Filenumber, "Rumus Atas"
' For DiKolom = 1 To N dof
'   Print #Filenumber, Format(DiKolom, "00");
Tab(Jarak * 1); Format(Rum_AtasHei(DiKolom), sf)
' Next DiKolom
'Print #Filenumber, "Rumus Bawah"
' For DiKolom = 1 To N dof
'   Print #Filenumber, Format(DiKolom, "00");
Tab(Jarak * 1); Format(Rum_BawahHei(DiKolom), sf)
' Next DiKolom

'-----
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
Close #Filenumber
End If

'-----
' dari FORM MODAL SEISMIC FORCE (FIM)
'-----
If bMsf Then
SimJarak = Jarak
Jarak = 25
sf = "###0.#####0" '11
wess$ = frmSave.Text1
FileNumber = FreeFile
Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MSF" For
Output As #Filenumber
Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MSF)"
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Tabel Modal Seismic Force"
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
Print #Filenumber, "Level";
For DiKolom = 1 To N dof
  Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
  If DiKolom = N dof Then Print #Filenumber,
Tab((Jarak * DiKolom) + 10); "Fi (ton)"
Next DiKolom
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
frmProgressBar.ProgressBar.Max = N dof
u = N dof + 1
For i = 1 To N dof
  frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
  u = u - 1
  Print #Filenumber, Format(u, "00");
  For j = 1 To N dof
    Print #Filenumber, Tab(Jarak * j);
Format(HasilFim(u, j), sf);
  Next j
  Print #Filenumber, Tab((Jarak * N dof) + 22);
Format(Sqr(Fi_Ton(u)), sf);
  Print #Filenumber,
Next i
frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
Print #Filenumber,
Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
Close #Filenumber
End If

'-----
' dari FORM MODAL SHEAR FORCE (VIM)
'-----
If bMshl Then
Jarak = 22 'asli 25
sf = "###0.#####0" '11
wess$ = frmSave.Text1
FileNumber = FreeFile

```

```

    Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MShF"
For Output As #Filenumber
    Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MShF)"
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Modal Shear Force"
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
'asli 32
    Print #Filenumber, "Level";
    For DiKolom = 1 To N dof
        Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        If DiKolom = N dof Then Print #Filenumber,
Tab((Jarak * DiKolom) + 22); "V1 (ton)" 'asli 10
    Next DiKolom
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
'asli 32
    u = N dof + 1
    For Y = 1 To N dof
        u = u - 1
        Print #Filenumber, Format(u, "00");
        For X = 1 To N dof
            Print #Filenumber, Tab(Jarak * X);
Format(JumMode(Y, X), sf);
        Next X
        Print #Filenumber, Tab((Jarak * N dof) + 22);
Format(Sqr(V1_Ton(Y)), sf); 'asli 22
        Print #Filenumber,
        Next Y
        Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + 32)
'asli 32
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
    Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
    Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
    Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
    Close #Filenumber
End If

'-----
'dari FORM MODAL STORY DRIFT
'-----

If bMsd Then
    Jarak = 20
    sf = "#####0.#####0"
    wess$ = frmSave.Text1
    Filenumber = FreeFile
    Open frmSave.Text2 & "\ & woss$ & ".MSD" For
Output As #Filenumber
    Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MSD)"
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Tabel Modal Story Drift"
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + Jarak +
13)
    Print #Filenumber, "Level";
    For DiKolom = 1 To N dof
        If DiKolom = 1 Then
            Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        Else
            Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        End If
        If DiKolom = N dof Then Print #Filenumber,
Tab((Jarak * DiKolom) + Jarak); "Si (mm)"
        Next DiKolom

```

```

    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + Jarak +
13)
    u = N dof + 1
    For Y = 1 To N dof
        u = u - 1
        Print #Filenumber, Format(u, "00");
        For X = 1 To N dof
            If X = 1 Then
                Print #Filenumber, Tab(Jarak * X);
Format(Simpangan(u, X), sf);
            Else
                Print #Filenumber, Tab(Jarak * X);
Format(Simpangan(u, X), sf);
            End If
        Next X
        Print #Filenumber, Tab((Jarak * N dof) + Jarak);
Format(Sqr(AkarDrift(u)), sf);
        Print #Filenumber,
        Next Y
        Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + Jarak +
13)
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
    Print #Filenumber, "Teknik Sipil UII, 1996"
    Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
    Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
    Close #Filenumber
End If

'-----
'dari FORM MODAL OVERTUNING MOMENT
'-----

If bMom Then
    Jarak = 25
    sf = "#####0.#####0" '11
    wess$ = frmSave.Text1
    Filenumber = FreeFile
    Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MOM"
For Output As #Filenumber
    Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MOM)"
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Tabel Modal Overtuning
Moment"
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + Jarak +
7)
    Print #Filenumber, "Level";
    For DiKolom = 1 To N dof
        Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        If DiKolom = N dof Then Print #Filenumber,
Tab((Jarak * DiKolom) + Jarak); "Mi (tm)"
        Next DiKolom
        Print #Filenumber, GarisF((Jarak * N dof) + Jarak +
7)
    u = N dof + 1
    For Y = 1 To N dof + 1
        u = u - 1
        If u = 0 Then
            Print #Filenumber, "Base";
        Else
            Print #Filenumber, Format(u, "00");
        End If
        If u = N dof Then
            Else
                For X = 1 To N dof
                    Print #Filenumber, Tab(Jarak * X);
Format(Mi_Ton(u + 1, X), sf);

```

```

        Next X
    End If
    If u <> Ndot Then
        Print #Filenumber, Tab((Jarak * Ndot) + Jarak);
Format(Sqr(Moment(u + 1)), sf)
    Else
        Print #Filenumber,
    End If
    Next Y
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * Ndot) + Jarak +
7)
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
    Print #Filenumber, "Teknik Sipil U11, 1996"
    Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"
    Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
    Close #Filenumber
End If

```

```

'-----
' dari FORM MODAL LATERAL
DISPLACEMENT
'-----
If bMld Then
    Jarak = 26
    sf = "#####0.#####0"
    wess$ = frmSave.Text1
    Filenumber = FreeFile
    Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & ".MLD" For
Output As #Filenumber
    Print #Filenumber, App.Title & " (Dapat dilihat
pada file *.MLD)"
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Tabel Modal Lateral
Displacement"
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * Ndot) + Jarak +
21)
    Print #Filenumber, "Level";
    For DiKolom = 1 To Ndot
        Print #Filenumber, Tab(Jarak * DiKolom);
"Mode " & Format(DiKolom, "00");
        If DiKolom = Ndot Then Print #Filenumber,
Tab((Jarak * DiKolom) + Jarak); "di (mm)"
        Next DiKolom
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * Ndot) + Jarak +
21)
    frmProgressBar.ProgressBar.Max = Ndot
    u = Ndot + 1
    For i = 1 To Ndot
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = i
        u = u - 1
        Print #Filenumber, Format(u, "00");
        For j = 1 To Ndot
            Print #Filenumber, Tab(Jarak * j); Format(d(u,
j), sf);
            Next j
        Print #Filenumber, Tab((Jarak * Ndot) + Jarak);
Format(Sqr(Di(u)), sf);
        Print #Filenumber,
        Next i
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
    Print #Filenumber, GarisF((Jarak * Ndot) + Jarak +
21)
    Print #Filenumber,
    Print #Filenumber, "Oleh: Joni Irawan"
    Print #Filenumber, "Teknik Sipil U11, 1996"
    Print #Filenumber, "Alamat : Kota Jawa I / 01,
Kedondong, Lampung Selatan 35381"

```

```

        Print #Filenumber, "Telp: 0729-23138"
        Close #Filenumber
    End If
End Sub

```

```

Function GarisF(Banyak As Integer) As String
Dim sGaris As String
Dim i As Integer
    For i = 1 To Banyak
        sGaris = sGaris & "-"
    Next i
    GarisF = sGaris
End Function

```

```

Sub BukaFile(sExt As String, KeText As TextBox)
Dim A$()
Dim wess$
    Dim n
    Dim filnum As Integer
    Dim i
    Dim Tmp$
    filnum = FreeFile

```

```

    frmProgressBar.Show
    wess$ = frmSave.Text1
    Open frmSave.Text2 & "\ & wess$ & sExt For Input
As #filnum
    Do Until EOF(1)
        n = n + 1
        frmProgressBar.ProgressBar.Max = n
        frmProgressBar.ProgressBar.Value = n
        ReDim Preserve A$(n + 37)
        Line Input #1, A$(n)
    Loop
    Close #1
    frmProgressBar.ProgressBar.Value = 0
    Unload frmProgressBar

    For i = 0 To n
        Tmp$ = Tmp$ + A$(i) + vbCrLf
    Next i
    KeText.Text = Tmp$
End Sub

```

```

Function NoNOL(Par As Byte) As Byte
Dim w As Integer
    w = Int(trj * (Par - 1))
    If w = 0 Then w = NoNOL(Par)
    If w = 1 Then w = NoNOL(Par)
    NoNOL = w
End Function

```

```

Public Sub Itkbd(A As Single, B As Single)
    If A = 1 Then ModizShip(A, B) = 1
End Sub

```

```

Public Sub mrm()
Dim A As Integer
Dim B As Integer
Dim Ndot As Single
Dim btdx As Integer
Dim kvt As Single
    Ndot = lngnd
    btdx = Ndot
    For A = 1 To btdx
        For B = A + 1 To btdx
            If ModizShip(A, Ndot) <> 0 Then
                If ModizShip(A, Ndot) <= ModizShip(B, Ndot)
Then GoTo TaliSepatu
                    kvt = ModizShip(A, Ndot)

```

```

    ModizShip(A, N dof) = ModizShip(B, N dof)
    ModizShip(B, N dof) = kvt
Else
    ModizShip(A, N dof) = wqx(pg, yt)
End If
TaliSepatu:
    Next B
    Next A
End Sub

Public Sub tdqpy()
Dim A As Integer
Dim B As Integer
Dim kvt As Single
Dim btdx As Integer
    btdx = dxz
    For A = 1 To btdx
        For B = A + 1 To btdx
            If tpx(A) >= tpx(B) Then GoTo MakanTali
'Descending
            kvt = tpx(A)
            tpx(A) = tpx(B)
            tpx(B) = kvt
MakanTali:
            Next B
            Next A
End Sub

Public Sub Sorak_X(ak As Single, nx As Single)
Dim N dof As Single
Dim i As Single
Dim j As Single
Dim c As Single
Dim d As Single
Dim Ngitung As Single
Dim bStop As Boolean
Dim bSdhDualPasang As Boolean
Dim phsm As Single
Dim u As Single
Dim mn As Single
Dim bPositif As Boolean
Dim KucingkuSdhTiada As Integer
    ' u/ cek dobelnya
    Dim n As Single
    Dim NilaiA As Single
    Dim NilaiB As Single
    Dim Nilai_A() As Single
    Dim Nilai_B() As Single
    Dim PosA() As Single
    Dim PosB() As Single
    Dim bDobelPositif As Boolean
    ReDim Nilai_A(N dof)
    ReDim Nilai_B(N dof)
    ReDim PosA(N dof)
    ReDim PosB(N dof)
    'debug.Print "Hai"; ak, nx
    N dof = lngnd
    mn = ak
    For j = ak To mn
        'debug.Print "For j = ak To mn"; ak, nx
        bSdhDualPasang = False
        bStop = False
        c = 0
        Ngitung = 0
        bPositif = True
        bDobelPositif = False
        KucingkuSdhTiada = 0
        n = 0
        d = d_nonol_2(N dof, npbtrw)
        npbtrw = d 'public var

```

```

    u = N dof + 1
    For i = 2 To N dof
        'debug.Print "For i = 2 To N dof"; ak, nx
        u = u - 1
        bPositif = Not bPositif
        If bStop = False Then
            c = c + 1
            If c = d + KucingkuSdhTiada Then
                c = 0
                KucingkuSdhTiada = KucingkuSdhTiada + 1
                bPositif = Not bPositif
                bStop = True
            End If
        End If
        If bStop Then
            Ngitung = Ngitung + 1
            If Ngitung = 2 Then
                bStop = False
                Ngitung = 0
            End If
        End If
        If u = 3 Then bPositif = True
        'phsm = ModizShip(i, u)
        phsm = 13
        If bPositif Then
            ModizShip(j, u) = qxp(phsm)
        Else
            ModizShip(j, u) = xjv(phsm)
        End If
        ' test doang
        NilaiA = ModizShip(j, u - 1)
        NilaiB = ModizShip(j, u)
        If (((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB)) Or
            ((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) <> NilaiB) Then
            n = n + 1
        End If
        If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB) Then
            Nilai_A(n) = NilaiA
            Nilai_B(n) = NilaiB
            bDobelPositif = True
            PosA(n) = u - 1
            PosB(n) = u
        End If
        If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) <> NilaiB) Then
            Nilai_A(n) = NilaiA
            Nilai_B(n) = NilaiB
            bDobelPositif = False
            PosA(n) = u - 1
            PosB(n) = u
        End If
        ' test doang
    Next i
Next j
' test doang
'debug.Print "----"; N dof; ak; npbtrw; "---- Dobelnya ";
n; " ---"
    For j = 1 To n
        'debug.Print "Nilai_A(" & j & ")"; Nilai_A(j); PosA(j)
        'debug.Print "Nilai_B(" & j & ")"; Nilai_B(j); PosB(j)
    Next j
' test doang
End Sub
'=

Public Sub Sorak_XXX(ak As Single, nx As Single)
Dim N dof As Single

```



```

NilP2_2 = 0
NilN1 = 0
NilN2 = 0
NilN1_2 = 0
NilN2_2 = 0
PosP = 0
PosN = 0
PosP_2 = 0
PosN_2 = 0
bPosBerurutan = False
bNegBerurutan = False
bPosBerurutan_2 = False
bNegBerurutan_2 = False
bPosSudah = False
bNegSudah = False
If N dof > 7 Then
  For i = 3 To N dof
    NilaiA = ModizShip(i - 1, j)
    NilaiB = ModizShip(i, j)
    If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB) And bPosBerurutan = False Then
      bPosBerurutan = True
      NilP1 = NilaiA
      NilP2 = NilaiB
      PosP = i
      bPosSudah = True
      SudahP = i
      'debug.Print "PosP = i"
    End If
    If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB
^ 2)) <> NilaiB) And bNegBerurutan = False Then
      bNegBerurutan = True
      NilN1 = NilaiA
      NilN2 = NilaiB
      PosN = i
      bNegSudah = True
      SudahN = i
      'debug.Print "PosN = i"
    End If
    If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB) And bPosBerurutan_2 = False
      And bPosSudah And i <> SudahP Then
      bPosBerurutan_2 = True
      NilP1_2 = NilaiA
      NilP2_2 = NilaiB
      PosP_2 = i
      'debug.Print "PosP_2 = i"
    End If
    If ((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB
^ 2)) <> NilaiB) And bNegBerurutan_2 = False
      And bNegSudah And i <> SudahN Then
      bNegBerurutan_2 = True
      NilN1_2 = NilaiA
      NilN2_2 = NilaiB
      PosN_2 = i
      'debug.Print "PosN_2 = i"
    End If
  Next i
End If
'-----
' BISA DIHAPUS
' cetak
If N dof > 7 Then
  'debug.Print j; bPosBerurutan; " "; NilP1; NilP2;
PosP
  'debug.Print j; bNegBerurutan; " "; NilN1; NilN2;
PosN
  'debug.Print j; bPosBerurutan_2; " "; NilP1_2;
NilP2_2; PosP_2
  'debug.Print j; bNegBerurutan_2; " "; NilN1_2;
NilN2_2; PosN_2
  'atur
  If (PosP <> 0) And (PosP_2 <> 0) Then
    If (Sqr(ModizShip(PosP_2, j) ^ 2)) =
ModizShip(PosP_2, j) Then '+'
      'ModizShip(PosP_2, j) = ModizShip(PosP_2, j) * -
1
      ModizShip(PosP_2, j) = -1 * 7
    Else
      'ModizShip(PosP_2, j) = Sqr (ModizShip(PosN_2,
j) ^ 2)
      ModizShip(PosP_2, j) = 7
    End If
  End If
  If (PosN <> 0) And (PosN_2 <> 0) Then
    If (Sqr(ModizShip(PosN_2, j) ^ 2)) =
ModizShip(PosN_2, j) Then '+'
      'ModizShip(PosN_2, j) = ModizShip(PosN_2, j) *
-1
      ModizShip(PosN_2, j) = -1 * 7
    Else
      'ModizShip(PosN_2, j) = Sqr (ModizShip(PosN_2,
j) ^ 2)
      ModizShip(PosN_2, j) = 7
    End If
  End If

  If bPosBerurutan = False And bNegBerurutan And
bPosBerurutan_2 = False And bNegBerurutan_2 = False
Then
    phsm = ModizShip(N dof, ak)
    phsm = 13
    If (Sqr (ModizShip(N dof, ak) ^ 2)) <>
ModizShip(N dof, ak) Then '+'
      ModizShip(N dof, ak) = xqp(phsm) '+'
    Else
      ModizShip(N dof, ak) = xjv(phsm) '-'
    End If
    phsm = ModizShip(N dof - 1, ak)
    If (Sqr (ModizShip(N dof - 1, ak) ^ 2)) <>
ModizShip(N dof - 1, ak) Then '+'
      ModizShip(N dof - 1, ak) = xqp(phsm) '+'
    Else
      ModizShip(N dof - 1, ak) = xjv(phsm) '-'
    End If
  End If
  If bPosBerurutan And bNegBerurutan = False And
bPosBerurutan_2 = False And bNegBerurutan_2 = False
Then
    'BELUM DI CEK LAGI LHO..... 24-JULI, 22-40-40
    phsm = ModizShip(N dof, ak)
    phsm = 13
    If (Sqr (ModizShip(N dof, ak) ^ 2)) <>
ModizShip(N dof, ak) Then '+'
      ModizShip(N dof, ak) = xjv(phsm) '-'
    Else
      ModizShip(N dof, ak) = xqp(phsm) '+'
    End If
    phsm = ModizShip(N dof - 1, ak)
    If (Sqr (ModizShip(N dof - 1, ak) ^ 2)) <>
ModizShip(N dof - 1, ak) Then '+'
      ModizShip(N dof - 1, ak) = xjv(phsm) '-'
    Else
      ModizShip(N dof - 1, ak) = xqp(phsm) '+'
    End If
  End If
End If

```

```

'1-Aug-2001
'If kqt <> Ndof Then
  phsm = ModizShip(Ndof, ak)
  phsm = 13
  If pcl Asli Then
    If (Sqr(ModizShip(Ndof - 1, ak) ^ 2)) =
ModizShip(Ndof - 1, ak) Then '+'
      ModizShip(Ndof, ak) = qxp(phsm) '+'
    Else
      ModizShip(Ndof, ak) = xjv(phsm) '-'
    End If
  Else
    If (Sqr(ModizShip(Ndof - 1, ak) ^ 2)) =
ModizShip(Ndof - 1, ak) Then '+'
      ModizShip(Ndof, ak) = qxp(phsm) '+'
    Else
      ModizShip(Ndof, ak) = xjv(phsm) '-'
    End If
  End If
'End If
Next j
End Sub

Public Sub Sorak(ak As Single, nx As Single)
Dim Ndof As Single
Dim i As Single
Dim j As Single
Dim c As Single
Dim d As Single
Dim Ngitung As Single
Dim bStop As Boolean
Dim bSdhDuaPasang As Boolean
Dim phsm As Single
Dim u As Single
Dim mn As Single
Dim bPositif As Boolean
Dim KucingkuSdhTiada As Integer
  Dim n As Single
  Dim NilaiA As Single
  Dim NilaiB As Single
  Dim Nilai_A0 As Single
  Dim Nilai_B0 As Single
  Dim PosA0 As Single
  Dim PosB0 As Single
  Dim bDobelPositif As Boolean
  Ndof = lngnd
  ReDim Nilai_A(Ndof)
  ReDim Nilai_B(Ndof)
  ReDim PosA(Ndof)
  ReDim PosB(Ndof)
  '-----
  Dim Suaka As Boolean
  Suaka = False
  mn = ak
  For j = ak To mn
    'Debug.Print " For j ="; ak; "To "; mn & ", " & j; ak;
nx
    bSdhDuaPasang = False
    bStop = False
    c = 0
    Ngitung = 0
    bPositif = True
    bDobelPositif = False
    KucingkuSdhTiada = 0
    n = 0
    d = d_nonol_2(Ndof, npbtrw)
    npbtrw = d
    u = Ndof + 1
    For i = 2 To Ndof

```

```

      'Debug.Print " For i = 1 To "; Ndof & ", " & i; ak;
nx
      u = u - 1
      bPositif = Not bPositif
      If Suaka = False Then
        If bStop = False Then
          c = c + 1
          If c = d + KucingkuSdhTiada Then
            c = 0
            KucingkuSdhTiada = KucingkuSdhTiada + 1
            bPositif = Not bPositif
            bStop = True
          End If
        End If
      End If
    End If
  If bStop Then
    Ngitung = Ngitung + 1
    If Ngitung = 2 Then
      bStop = False
      Ngitung = 0
    End If
  End If
  If i = 3 Then bPositif = True
  phsm = ModizShip(i, j)
  'phsm = 13
  If bPositif Then
    ModizShip(i, j) = qxp(phsm)
  Else
    ModizShip(i, j) = xjv(phsm)
  End If
  '-----
  '0 dobel 0, 1 dobel 1, 2 dobel 2, 3 dobel 3,
  '4 dobel 3 dan 4, 5 dobel 3, 4 dan 5
  If n >= Telp Then Suaka = True
  '-----
  ' test doang
  NilaiA = ModizShip(i - 1, j)
  NilaiB = ModizShip(i, j)
  If (((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB)) Or _
((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) <> NilaiB) Then
    n = n + 1
  End If
  If (((Sqr(NilaiA ^ 2)) = NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) = NilaiB) Then
    Nilai_A(n) = NilaiA
    Nilai_B(n) = NilaiB
    bDobelPositif = True
    PosA(n) = i - 1
    PosB(n) = i
  End If
  If (((Sqr(NilaiA ^ 2)) <> NilaiA) And ((Sqr(NilaiB ^
2)) <> NilaiB) Then
    Nilai_A(n) = NilaiA
    Nilai_B(n) = NilaiB
    bDobelPositif = False
    PosA(n) = i - 1
    PosB(n) = i
  End If
  ' test doang

  Next i
Next j
' test doang
'debug.Print "---- "; Ndof; ak; npbtrw; " ---- Dobelnya ";
n; " ----"
For j = 1 To n
  'debug.Print "Nilai_A(" & j & ") "; Nilai_A(j); PosA(j)
  'debug.Print "Nilai_B(" & j & ") "; Nilai_B(j); PosB(j)

```

```

Next j
'test doang
End Sub

Function NoNOL_2(Par As Integer) As Integer
Dim w As Integer
Randomize
w = Int(trqj * (Par - 1))
If w = 0 Then w = NoNOL_2(Par)
If w = 1 Then w = NoNOL_2(Par)
If w = 2 Then w = NoNOL_2(Par)
If w = 3 Then w = NoNOL_2(Par)
NoNOL_2 = w
End Function

Public Function d_nonol_2(tg As Single, rwq As Single)
As Single
Select Case tg
Case 1 To 20
d_nonol_2 = NoNOL_2(5)
Case 21 To 40
d_nonol_2 = NoNOL_2(10)
Case 41 To 60
d_nonol_2 = NoNOL_2(15)
Case 61 To 80
d_nonol_2 = NoNOL_2(20)
Case 81 To 100
d_nonol_2 = NoNOL_2(25)
End Select
If d_nonol_2 = rwq Then d_nonol_2 = d_nonol_2(tg,
rwq)
End Function

Public Function TanpaTmp() As Boolean
Dim sCek As String
Dim sC As String
sC = kmnt & ".tmp"
sCek = Dir(App.Path + "\" + sC)
If sCek = "" Then
TanpaTmp = True
Else
TanpaTmp = False
End If
End Function

Public Sub BacalahTmp()
Dim u As Integer
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim N dof As Integer
Dim V As Variant
N dof = lngnd
Filenumber = FreeFile
Open App.Path & "\" & kmnt & ".tmp" For Input As
#Filenumber
u = N dof + 1
For i = 1 To N dof
u = u - 1
For j = 1 To N dof
Line Input #Filenumber, V
ModizShip(u, j) = V
Next j
Next i
Close #Filenumber
End Sub

Public Sub BuatTmp()
Dim u As Integer
Dim i As Integer
Dim j As Integer

```

rogSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MDS)

MODE SHAPE

Mode 01	Mode 02	Mode 03
,588626246753	-0,520930157248	0,453137520970
,420740233904	0,307410935856	-1,144817465245
,000000000000	1,000000000000	1,000000000000

Diboleh: Joni Irawan
 Teknik Sipil UII, 1996
 Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381
 Telp: 0729-23138

rogSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MEM)

Table Modal Effective Mass

Mode	Wm (ton)	Vm(ton)	(%)	Kumulatif
1	8,770131794640	4,301749719255	97,445909053216	97,445909053216
2	0,208699138452	0,102366929171	2,318879321466	99,764788374681
3	0,021169046230	0,010383417354	0,235211625319	100,000000000000
8,999999979323				

Diboleh: Joni Irawan
 Teknik Sipil UII, 1996
 Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381
 Telp: 0729-23138

rogSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MEH)

Table Modal Effective Height

Mode	h*(m)
	9,98494
	-14,46282
	11,76956
7,29168	

Diboleh: Joni Irawan
 Teknik Sipil UII, 1996
 Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381
 Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MSC)

Tabel Modal Seismic Coefficient

Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03
03	0,503657220089	-2,485021305872	4,793867142589
02	0,337823045921	1,099844261219	-9,083505409941
01	0,158519733990	2,385177044653	5,289638267352

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MSF)

Tabel Modal Seismic Force

Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03	Fi (ton)
03	2,166607305120	-0,254384000008	0,049776723283	2,182057780225
02	1,453230192948	0,112587679588	-0,094317827713	1,460633366699
01	0,681912221188	0,244163249591	0,054924521784	0,726386035761

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MShF)

Tabel Modal Shear Force

Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03	Vi (ton)
	2,166607305120	-0,254384000008	0,049776723283	2,182057780225
	3,619837498068	-0,141796320420	-0,044541104429	3,622887469807
	4,301749719255	0,102366929171	0,010383417354	4,302980066263

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MOM)

Tabel Modal Overtuning Moment

Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03	Mi (tm)
03				
02	11,266357573376	-1,322796751521	0,258838951578	11,346700040974
01	25,745707565647	-1,889982033200	0,080674533861	25,815111824705
Base	42,952706442668	-1,480514316514	0,122208203278	42,978388153075

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MSD)

Tabel Modal Story Drift

Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03	Si (mm)
3	8,02447150044	-0,94216296299	0,18435823438	8,08169548231
2	20,11020832260	-0,78775733567	-0,24745058016	20,12715261004
1	47,79721910284	1,13741032413	0,11537130394	47,81088962514

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

ProgSIP 2001 (Dapat dilihat pada file *.MLD)

Tabel Modal Lateral Displacement



Level	Mode 01	Mode 02	Mode 03	di (mm)
	75,9318989258788	-0,5925099745305	0,0522789581566	75,9342286169370
	67,9074274254348	0,3496529884611	-0,1320792762255	67,9084560396439
	47,7972191028363	1,1374103241275	0,1153713039381	47,8108896251444

Oleh: Joni Irawan

Teknik Sipil UII, 1996

Alamat : Kota Jawa I / 01, Kedondong, Lampung Selatan 35381

Telp: 0729-23138

NO. TANGGAL	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
	25/8/2011	<p>Barak belah? kemasukan silks Barak</p>	
	25/8/11	<p>Barak belah? kemasukan silks Barak</p>	

CATATAN KONSULTASI TERAS AKHIR



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 30 / Kajur.TS 20/Bg.Pn/TGA/III/2001
Lamp. :
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

101 UJL-AA-RPLI-09
Yogyakarta, 08 Maret 2001

Kepada Yth :
Bpk /Ibu . : **Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D**

DI-
YOGYAKARTA.

Assalamu alaikum Wr. Wb.

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

1. Nama : **Joni Irawan**
No. Mhs : **96 310 156**
Bid. Studi : **Teknik Struktur**
Tahun Akademik : **2000/2001 (Genap)**
2. Nama :
No. Mhs :
Bid. Studi :
Tahun Akademik : **2000/2001 (Genap)**

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

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D**

Dosen Pembimbing II : **Ir. Helmi Akbar Hale, MT**


Dengan mengambil topik :

INVESTIGASI DERAJAT KONTRIBUSI MOBE PADA BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Ye k a n.
Ket. Jurusan Teknik Sipil


IR. H. Tadjuddin BM Aris, MS

Tembusan :

- Mahasiswa Yth
- Aris



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 30 / Kajar.TS.ZO/Bg.Pr/TGA/III/2001
Lamp. :
(1 a) : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

FM-UII-AA-FPU-09
Yogyakarta, 08 Maret 2001

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

di-
YOGYAKARTA.

Assalamu alaikum Wr. Wb.

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

1. Nama : **Joni Irawan**
No. Mhs : **96 310 156**
Bid. Studi : **Teknik Struktur**
Tahun Akademi : **2000/2001 (Genap)**
2. Nama :
No. Mhs :
Bid. Studi :
Tahun Akademi : **2000/2001 (Genap)**

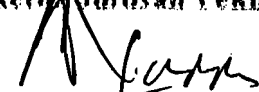
Dapat diberikan petunjuk - petunjuk , pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas akhir
Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Widodo, MScE, Ph.D**
Dosen Pembimbing II : **Ir. Helmi Akbar Bale, MT**
Dengan mengambli tugas.

UNDUKAN PERKATAAN KONTRIBUSI BERTUAS BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK.
Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

M. N. & a. n.
Ketua Jurusan Teknik Sipil


IR. H. Tadjuddin BM Aris, MS

Tembusan :

- Mahasiswa Yth
- Arap

