

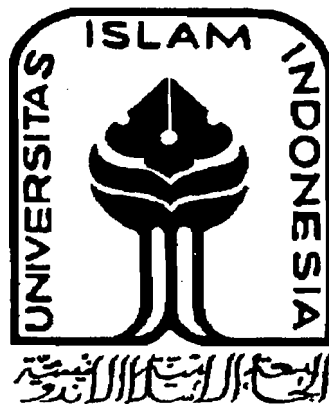
PERPUSTAKAAN FTSP U
HADIAH/BELE
TGL. TERIMA : 19-4-2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : 506/TA/JTS
NO. INDIK. :

Tugas Akhir

512.0003314001

**PENGARUH VARIASI MASSA TINGKAT TERHADAP
SIMPANGAN, GAYA GESER DASAR, DAN MOMEN GULING
PADA BANGUNAN BERTINGKAT 5 AKIBAT
RIWAYAT WAKTU GOYANGAN GEMPA EL CENTRO**

*The Influence of Storey Mass Variation To The Displacements, Base Shear Forces,
and Overturning Moments in a Five Storey Structure Excited By Time History of
El Centro Earthquake*



TA
624.176 2
RES
P
01

Disusun Oleh:

Nama : Kurniawan Deni Respati
No. Mhs : 95 310 005

Nama : Adi Argo Soewendo
No. Mhs : 95 310 087

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

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

Lembar Pengesahan

PENGARUH VARIASI MASSA TINGKAT TERHADAP SIMPANGAN, GAYA GESER DASAR, DAN MOMEN GULING PADA BANGUNAN BERTINGKAT 5 AKIBAT RIWAYAT WAKTU GOYANGAN GEMPA EL CENTRO


Oleh:

Nama : Kurniawan Deni Respati
No. Mhs : 95 310 005


Nama : Adi Argo Soewendo
No. Mhs : 95 310 087

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. H. A. Halim Hasmar, MT
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 5 April 2001

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


Tanggal : 06/04/2001

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ilmiahku ini buat :

ALMAMATERKU

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA khususnya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, dan juga buat dosen-dosen yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat

TEMAN-TEMANKU:

Joko (jalan kita masih panjang.....), Andi (aku penasaran karo belalang gorengmu nich...), Diana (Andi jangan dikasih sayur asem terus dong...), Eko (ayo ke Tarwangmangu), Roni (jaga emosimu), Ilabib (kapan fitness, udah semakin gendut aja kamu), Eka "gendut" (makasih doanya), Siswoyo, Eka "Wakji" (makasih buku Bergnya), Fanny, Fuad (piye mbok nome), Adit (ayo cepetan...), Angga, Bagus, Robing, Heru, Rahmadi, Otong, Andri, Wahyu, Tomy, Deni (ayo ngebant), Ayu (yang lalu biarlah berlalu), Rinda (ayo jalan-jalan), dan teman-temanku yang lain yang tak sempat disebutkan

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan ini.

Kegiatan ini sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, yaitu setiap mahasiswa wajib membuat tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program strata-1 (S1). Dalam tugas akhir ini penulis mengambil topik tentang ***Pengaruh Variasi Massa Lantai Terhadap Simpangan, Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada Bangunan Bertingkat 5 Akibat Getaran Gempa Berupa Riwayat waktu (El Centro).***

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan masukan yang berharga, sehingga penulis memiliki kesempatan menambah pengetahuan yang tidak didapat pada waktu kuliah. Penyelesaian tugas akhir ini diberi waktu 1 bulan untuk membuat proposal dan 3 bulan untuk menyusun laporan. Mengingat waktu yang relatif singkat penulis menyadari bahwa dalam penulisan

laporan ini sangat terbatas dan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dari berbagai pihak, karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Tadjudin BMA., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. A. Halim Hasmar, MT, selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II,
5. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Penguji,
6. seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. seluruh karyawan dan rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dan
8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulisan laporan ini.

Kepada semua pihak yang tersebut diatas penulis hanya dapat mendoakan dan berharap semoga segala bantuan baik moral dan spiritual serta amal kebajikan diterima oleh Allah SWT.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan pada umumnya, semoga Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kita semua. *Amin...*

Wasalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2001

Penulis

Kurniawan DR./Adi AS.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xx
ABSTRAK	xxii
<hr/>	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Pembahasan	6

BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1 Prinsip Bangunan Geser	7
3.2 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF)	8
3.3 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)	10
3.3.1 Nilai Karakteristik (<i>Eigen Problem</i>)	14
3.3.2 Frekuensi Sudut dan <i>Normal Mode</i>	16
3.4 Persamaan Gerak Akibat Beban Gempa	18
3.5 Persamaan Differensial Independen (<i>Uncoupling</i>)	20
3.6 Respon Terhadap Beban Gempa	24
3.7 Jenis-jenis Simpangan	26
3.7.1 Simpangan Relatif.....	27
3.7.2 Simpangan Antar Tingkat (<i>Inter-storey Drift</i>)	27
3.7.3 Simpangan Absolut.....	27
3.8 Gaya Horisontal Tingkat	29
3.9 Momen Guling	29
<hr/> BAB IV METODE PENELITIAN	30
4.1 Pengumpulan Data	30
4.2 Pengolahan Data	31
4.3 Hipotesis	33
4.4 Pengujian	33
BAB V ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN	34
5.1 Pembebanan Struktur	34
5.2 Perhitungan Variasi Distribusi Massa Lantai.....	36

5.3 Frekuensi struktur.....	36
5.4 Perhitungan Simpangan Relatif Lantai	37
5.5 Perhitungan Simpangan Antar Tingkat (<i>Inter-story Drift</i>)	48
5.6 Perhitungan Gaya Geser Dasar	56
5.7 Perhitungan Momen Guling	58
5.8 Pembahasan	59
5.8.1 Simpangan Struktur	60
5.8.2 Simpangan Relatif Lantai	63
5.8.3 Simpangan Antar Tingkat.....	66
5.8.4 Gaya Horisontal Lantai	69
5.8.5 Gaya Geser Dasar.....	72
5.8.6 Momen Guling	75
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	79
6.1 Kesimpulan	80
6.2 Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

3.1	Beban dinamik pada struktur SDOF.....	10
3.2	Beban dinamik pada struktur MDOF.....	12
3.3	Sistem derajat kebebasan tunggal dengan beban gempa	20
3.4	Sistem derajat kebebasan banyak dengan beban gempa	20
3.5	Model struktur dan jenis-jenis simpangannya.....	28
4.1	Bagan alir (<i>Flow chart</i>) pengolahan data.....	32
5.1	Struktur dan tipe pembebanannya	35
5.2	Pola goyangan atau <i>mode shapes</i>	39
5.3	Simpangan relatif struktur tipe 1 (tanpa variasi).....	41
5.4	Simpangan relatif struktur tipe 2.....	42
5.5	Simpangan relatif struktur tipe 3	43
5.6	Simpangan relatif struktur tipe 4	44
5.7	Simpangan relatif struktur tipe 5	45
5.8	Simpangan relatif struktur tipe 6	46
5.9	Simpangan relatif struktur tipe 7	47
5.10	Simpangan antar tingkat struktur tipe 1 (tanpa variasi).....	49
5.11	Simpangan antar tingkat struktur tipe 2.....	50

5.12 Simpangan antar tingkat struktur tipe 3.....	51
5.13 Simpangan antar tingkat struktur tipe 4.....	52
5.14 Simpangan antar tingkat struktur tipe 5.....	53
5.15 Simpangan antar tingkat struktur tipe 6.....	54
5.16 Simpangan antar tingkat struktur tipe 7.....	55
5.17 Gaya geser dasar struktur	57
5.18 Momen guling struktur	58
5.19 Grafik simpangan maksimum struktur	60
5.20 Grafik prosentase pengurangan simpangan model-model distribusi massa terhadap Tipe 1	61
5.21 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier simpangan maksimum struktur.....	61
5.22 Grafik simpangan lantai.....	64
5.23 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier simpangan relatif maksimum struktur.....	65
5.24 Grafik simpangan antar tingkat.....	67
5.25 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat maksimum struktur.....	68
5.26 Grafik gaya horisontal lantai.....	70
5.27 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai maksimum struktur.....	70
5.28 Grafik gaya geser dasar maksimum.....	73
5.29 Grafik prosentase pengurangan gaya geser dasar model-model distribusi	

massa rantai terhadap tipe 1.....	73
5.30 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier gaya geser dasar maksimum struktur.....	74
5.31 Grafik momen guling maksimum struktur.....	76
5.32 Grafik prosentase pengurangan momen guling model-model distribusi massa rantai terhadap tipe 1.....	76
5.33 Grafik nilai kontanta regresi linier dan non linier momen guling maksimum struktur.....	77

DAFTAR TABEL

5.1 Simpangan maksimum struktur.....	60
5.2 Konstanta regresi simpangan maksimum.....	61
5.3 Simpangan relatif lantai.....	63
5.4 Prosentase penurunan simpangan relatif model struktur terhadap tipe 1...	63
5.5 Koefisien regresi simpangan relatif linier dan non linier.....	64
5.6 Simpangan antar tingkat maksimum struktur.....	66
5.7 Prosentase penurunan simpangan antar tingkat model struktur terhadap tipe 1.....	67
5.8 Konstanta regresi simpangan antar tingkat maksimum.....	67
5.9 Gaya horisontal lantai.....	69
5.10 Prosentase penurunan gaya horisontal lantai model struktur terhadap tipe 1.....	69
5.11 Konstanta regresi gaya horisontal lantai maksimum.....	70
5.12 Gaya geser dasar maksimum.....	72
5.13 Konstanta regresi gaya geser dasar maksimum.....	73
5.14 Momen guling maksimum.....	75
5.15 Konstanta regresi momen guling maksimum.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lembar konsultasi.....	Lampiran 1
Grafik percepatan tanah gempa El Centro.....	Lampiran 2
Contoh program <i>matlab</i> untuk perhitungan frekuensi sudut, <i>mode shape</i> , faktor partisipasi dan nilai a , b , dan k	Lampiran 3
Contoh perhitungan frekuensi sudut, <i>mode shape</i> , faktor partisipasi dan nilai a , b , dan k pada pembebanan tipe1.....	Lampiran 4
Tabel L.1 Contoh perhitungan mencari nilai g_I pada tipe 1	Lampiran 8
Tabel L.2 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 1	Lampiran 9
Tabel L.3 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 1...	Lampiran 10
Tabel L.4 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 1	Lampiran 11
Tabel L.5 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 1 ...	Lampiran 12
Tabel L.6 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 1	Lampiran 13
Tabel L.7 Contoh perhitungan mencari nilai g_I pada tipe 2	Lampiran 14
Tabel L.8 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 2	Lampiran 15
Tabel L.9 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 2...	Lampiran 16
Tabel L.10 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 2	Lampiran 17

Tabel L.11 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 2 ...	Lampiran 18
Tabel L.12 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 2	Lampiran 19
Tabel L.13 Contoh perhitungan mencari nilai g_I pada tipe 3	Lampiran 20
Tabel L.14 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 3	Lampiran 21
Tabel L.15 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 3.	Lampiran 22
Tabel L.16 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 3	Lampiran 23
Tabel L.17 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 3 ...	Lampiran 24
Tabel L.18 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 3	Lampiran 25
Tabel L.19 Contoh perhitungan mencari nilai g_I pada tipe 4	Lampiran 26
Tabel L.20 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 4.....	Lampiran 27
Tabel L.21 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 4..	Lampiran 28
Tabel L.22 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 4	Lampiran 29
Tabel L.23 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 4...	Lampiran 30
Tabel L.24 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 4	Lampiran 31
Tabel L.25 Contoh perhitungan mencari nilai g_I pada tipe 5.....	Lampiran 32
Tabel L.26 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 5	Lampiran 33
Tabel L.27 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 5..	Lampiran 34
Tabel L.28 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 5	Lampiran 35
Tabel L.29 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 5 ...	Lampiran 36
Tabel L.30 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 5.	Lampiran 37

Tabel L.32 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 6	Lampiran 39
Tabel L.33 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 6..	Lampiran 40
Tabel L.34 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 6	Lampiran 41
Tabel L.35 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 6...	Lampiran 42
Tabel L.36 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 6	Lampiran 43
Tabel L.37 Contoh perhitungan mencari nilai g_l pada tipe 7.....	Lampiran 44
Tabel L.38 Contoh perhitungan nilai modal amplitudo pada tipe 7	Lampiran 45
Tabel L.39 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif pada tipe 7..	Lampiran 46
Tabel L.40 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat pada tipe 7	Lampiran 47
Tabel L.41 Contoh perhitungan mencari gaya geser dasar pada tipe 7...	Lampiran 48
Tabel L.42 Contoh perhitungan mencari momen guling pada tipe 7	Lampiran 49
Tabel L.43 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk simpangan maksimum struktur	Lampiran 50
Gambar L.2 Grafik regresi linier-non linier simpangan maksimum	Lampiran 50
Tabel L.44 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk gaya geser dasar maksimum.....	Lampiran 51
Gambar L.3 Grafik regresi linier-non linier gaya geser dasar maksimum	Lampiran 51
Tabel L.45 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk momen guling maksimum.....	Lampiran 52
Gambar L.4 Grafik regresi linier-non linier momen guling maksimum	Lampiran 52
Tabel L.46 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier	

simpangan relatif lantai 1.....	Lampiran 53
Tabel L.47 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 2.....	Lampiran 53
Tabel L.48 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 3.....	Lampiran 53
Tabel L.49 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 4.....	Lampiran 54
Tabel L.50 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 5.....	Lampiran 54
Tabel L.51 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 1.....	Lampiran 55
Tabel L.52 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 2.....	Lampiran 55
Tabel L.53 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 3.....	Lampiran 55
Tabel L.54 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 4.....	Lampiran 56
Tabel L.55 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 5.....	Lampiran 56
Tabel L.56 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 1.....	Lampiran 57
Tabel L.57 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 2.....	Lampiran 57

Tabel L.58 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 3.....	Lampiran 57
Tabel L.59 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 4.....	Lampiran 58
Tabel L.60 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 5.....	Lampiran 58
Gambar L.5 Grafik regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 1.....	Lampiran 59
Gambar L.6 Grafik regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 2.....	Lampiran 59
Gambar L.7 Grafik regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 3.....	Lampiran 59
Gambar L.8 Grafik regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 4.....	Lampiran 60
Gambar L.9 Grafik regresi linier dan non linier simpangan relatif lantai 5.....	Lampiran 60
Gambar L.10 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 1.....	Lampiran 61
Gambar L.11 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 2.....	Lampiran 61
Gambar L.12 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 3.....	Lampiran 61
Gambar L.13 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar	

tingkat lantai 4.....	Lampiran 62
Gambar L.14 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 5.....	Lampiran 62
Gambar L.15 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 1.....	Lampiran 63
Gambar L.16 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 2.....	Lampiran 63
Gambar L.17 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 3.....	Lampiran 63
Gambar L.18 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 4.....	Lampiran 64
Gambar L.19 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 5.....	Lampiran 64

DAFTAR NOTASI

a	= percepatan
c	= koefisien redaman
f	= frekuensi
F	= gaya
F_i	= gaya horisontal lantai ke- i
$F(t)$	= gaya horisontal pada saat t satuan waktu
F_D	= gaya redam
F_I	= gaya inersia
F_S	= gaya pegas
h	= tinggi lantai
k	= koefisien kekakuan
m	= koefisien massa
M_i	= momen Lantai ke- i
M_g	= momen guling
$P(t)$	= beban dinamik saat t satuan waktu
t	= waktu
Δt	= selisih waktu
T	= periode getar struktur
V	= gaya geser dasar
Z	= modal amplitudo
y	= simpangan
Δy	= simpangan antar tingkat
\dot{y}	= percepatan struktur
\ddot{y}	= kecepatan struktur
\ddot{y}_g	= percepatan tanah akibat gempa

- ϕ = *mode shape* atau pola goyangan
 ϕ^T = *transposed mode shape*
 ξ = rasio redaman
 ω = frekuensi sudut
 Γ = partisipasi faktor
 β = tetapan pada *Newmark's acceleration method* = $\frac{1}{4}$
 γ = tetapan pada *Newmark's acceleration method* = $\frac{1}{2}$

ABSTRAK

Indonesia termasuk negara yang rawan gempa, terutama di daerah-daerah tertentu, seperti Sukabumi, Bengkulu, Trenggalek, Blitar dan daerah-daerah lainnya. Pada tugas akhir ini penulis mencoba membahas tentang pengaruh variasi massa lantai tingkat terhadap respon struktur suatu bangunan bertingkat lima jika dikenai beban gempa. Pada tugas akhir ini menggunakan analisis beban dinamik dengan getaran gempa berupa riwayat waktu dari gempa El Centro. Penulis menggunakan 7 tipe pembebanan struktur 5 lantai dengan massa lantai yang bervariasi tetapi masing-masing struktur mempunyai massa total yang sama yaitu sebesar 1.555 kips ft^2/in , tinggi masing-masing tingkat adalah 140 in dan kekakuan kolom lantai 1 sampai 5 berturut-turut adalah 240 kip/in, 220 kip/in, 200 kip/in, 180 kip/in, 160 kip/in. Dalam perhitungannya penulis menggunakan program Matlab versi 5.3 dan Microsoft Exel 2000, kemudian hasilnya disajikan dalam bentuk grafik, tabel simpangan struktur, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar maksimum dan momen guling maksimum. Hasilnya kemudian dianalisa dan hasil dari pembahasan tersebut dapat disimpulkan ternyata semakin kecil massa lantai teratas semakin kecil pula simpangan, gaya geser dasar dan momen guling pada suatu struktur. Hal ini membuktikan bahwa pola pembebanan yang berbentuk kerucut (massa lantai bawah sampai massa lantai atas semakin mengecil) lebih tahan terhadap gempa .

BAB I

PENDAHULUAN

Banyaknya permasalahan yang ada dalam dinamika struktur yang diakibatkan oleh guncangan gempa yang terjadi sangat menarik untuk diteliti dan dipelajari. Salah satu permasalahan yang ada melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian. Latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian secara sistematis penulis diuraikan pada bab ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada daerah rawan gempa, beban gempa harus diperhitungkan dalam analisis struktur. Apabila terjadi gempa bumi, maka getaran gempa akan merambat ke permukaan tanah dan dapat dirasakan ke permukaan tanah. Getaran gempa dari lapisan tanah di bawah struktur akan merambat pada struktur dan mengakibatkan struktur bergetar. Getaran struktur tersebut terjadi secara acak dan ke segala arah. Getaran struktur akibat gempa bumi dapat dimanifestasikan dalam bentuk percepatan, kecepatan, dan simpangan struktur. Percepatan massa struktur akibat gempa akan menyebabkan beban pada struktur.

Menurut Newmark dan Rosenblueth, gempa bumi secara sistematis berakibat atas kesalahan yang dibuat dalam perancangan dan konstruksi sekalipun kesalahan

terkecil. Akibat kesalahan-kesalahan tersebut, maka untuk memenuhi tingkat layan struktur yang direncanakan, penempatan suatu beban mesti dipindah atau dirubah sehingga perhitungan awal masih dapat diakomodasi oleh struktur. Perubahan atau perpindahan beban tersebut menyebabkan berubahnya baik massa tingkat ataupun massa struktur.

Distribusi massa secara vertikal adalah salah satu aspek yang menentukan perilaku struktur akibat beban gempa. Secara sederhana dapat dibayangkan bahwa sebaiknya semakin keatas massa tingkat semakin kecil, hal ini agar gaya geser tingkat menjadi semakin kecil, sehingga momen guling terhadap dasar semakin kecil, dan juga sebaliknya

Massa dalam struktur bertingkat berperan penting terhadap perilaku gerakan struktur, oleh karena itu studi tentang pengaruh variasi distribusi massa lantai terhadap gaya geser, momen dan guling, beserta simpangan pada gedung bertingkat akan kami bahas dalam penulisan ini.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan ini dilakukan agar analisis menjadi lebih sederhana dan relatif mudah tetapi masih proporsional, adapun batasan masalah meliputi hal-hal berikut ini.

1. Massa lantai dianggap menggumpal pada satu titik ditengah bentang (*Lumped Mass*).
2. Kolom dianggap tidak bermassa.
3. Balok dan pelat lantai dianggap relatif sangat kaku dibanding kolom, *beam coloumn joint* mampu menahan rotasi.

4. Simpangan massa bergoyang kearah horizontal (tanpa puntiran).
5. Simpangan massa tidak dipengaruhi beban aksial kolom.
6. Kolom terbawah dianggap menyatu dengan tanah (jepit).
7. Getaran gempa arah vertikal sangat kecil ≈ 0 .
8. Analisis dinamika struktur dibatasi pada kondisi linear elastis.
9. Metode analisis dinamika menggunakan riwayat waktu (*time history*) dari gempa El Centro (1940).
10. Struktur bangunan yang ditinjau merupakan modifikasi bangunan lantai 5 yang diambil dari buku *Elements of Structural Dynamics* (Berg, 1988).
11. Struktur dianggap mempunyai rasio redaman sebesar 5%.
12. Struktur ditinjau 2 dimensi sehingga torsi diabaikan.
13. Analisis hitungan menggunakan program Matlab Version 5.3 dan Microsoft Excel 2000

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa besarnya pengaruh simpangan, gaya geser dasar dan momen guling dengan menggunakan beban gempa berupa riwayat waktu (*time history*) akibat adanya perubahan massa lantai dengan mempertahankan massa struktur tetap sama.✓

1.4 Manfaat

Manfaat penulisan dari laporan tugas akhir ini adalah:

- diharapkan dari penelitian ini diperoleh hasil yang nantinya bisa dijadikan sebagai bahan perbandingan dengan desain Spektra.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu kumpulan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Kumpulan teori tersebut akan dijabarkan pada tinjauan umum. Pada penelitian-penelitian sebelumnya (Gunadi dan Gusmadi, 1999; Arifin dan Khoir, 2000) telah diketahui bahwa variasi terhadap massa dan kekakuan sangat berpengaruh terhadap perilaku dinamika dari struktur.

2.1 Pendahuluan

Dalam analisis dinamika struktur, massa merupakan elemen yang sangat berpengaruh terhadap respon struktur (Paz, 1997). Massa lantai struktur dianggap terkonsentrasi pada satu titik (*lumped mass*). Apabila prinsip bangunan geser (*shear building*) dipakai, maka setiap massa lantai akan bergerak secara horizontal. Karena percepatan hanya terjadi pada struktur yang mempunyai massa, maka matrik massa merupakan matrik diagonal (Widodo, 1997).

Gaya geser dasar merupakan representasi dari gerakan tanah akibat beban gempa. Suatu sistem dalam keadaan kesetimbangan dinamik dapat diperoleh dengan menjumlahkan gaya luar dengan *fictitious force* yang biasanya disebut gaya inersia. Seperti yang telah diketahui bahwa gaya inersia akan bekerja pada suatu massa (m) yang bergerak dengan percepatan (a) adalah $F = m.a$ yang berlawanan arah dengan gerakan (Paz, 1987). Apabila gerakan tanah ekuivalen dengan gaya geser dasar (V) arah kiri, maka gaya inersia mempunyai arah kekanan begitupun sebaliknya. Gaya inersia yang bekerja akan mengakibatkan goyangan struktur karena arah gerakan tanah akibat beban gempa yang berubah-ubah secara acak sebagaimana ditunjukkan oleh *aselorogram* akan menimbulkan gaya inersia yang berlawanan dengan arah gerakan tanah.

Gaya geser dasar akan mempengaruhi besarnya momen guling (*Overturning Moment*). Momen guling juga dipengaruhi oleh kestabilan suatu bangunan, yang dimaksud kestabilan suatu bangunan adalah tingkat kelangsingan dari bangunan tersebut. Kelangsingan suatu bangunan merupakan perbandingan antara tinggi dengan lebar struktur utama bangunan, bangunan yang tinggi tetapi kurang lebar berarti mempunyai kelangsingan yang cukup besar sehingga menimbulkan momen guling yang besar pula (Chopra, 1995).

Pada penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian-penelitian sebelumnya (Gusmadi dan Gunadi, 1999 ; Arifin dan Khoir, 2000).

1. Penelitian Gusmadi dan Gunadi (1999)

Penelitian yang dilakukan oleh kedua peneliti ini berjudul *Pengaruh Pemindahan Massa Lantai Terhadap Gaya geser, Momen Guling dan Simpangan*

Pada Gedung Bertingkat. Pada penelitian tersebut peneliti meneliti pengaruh pemindahan massa lantai (*switch*) terhadap gaya geser, momen guling dan simpangan pada gedung bertingkat dengan asumsi beban gempa berupa *static lateral*. Hasil yang diperoleh ternyata pola momen guling tidak paralel dengan gaya geser.

2. Penelitian Arifin dan Khoir (2000)

Kedua peneliti mengambil topik bahasan mengenai *Pengaruh Perubahan Kekakuan Kolom Secara Serentak Terhadap Gaya Geser Dasar dan Momen Guling pada Gedung Bertingkat banyak dengan Beban Gempa Berupa Time History*. Hasil yang didapat pada penelitian tersebut adalah bahwa kapasitas gaya geser dasar dan momen guling yang terjadi akibat pembebanan dinamik *time history* tidak berbanding lurus dengan besarnya kekakuan tingkat. Hasil tersebut tidak seperti pada pembebanan dengan menggunakan desain spektra dan statik ekuivalen yang mana hasilnya akan berbanding lurus dengan perubahan kekakuan.

2.2 Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Tinjauan penelitian dengan asumsi beban gempa yang diekuivalenkan beban statik lateral adalah belum tepat, sehingga diperlukan penelitian dengan guncangan gempa sesungguhnya.
2. Perlu dilakukan penelitian pada respon struktur jika dilakukan variasi distribusi massa lantai (*global switch*).

BAB III

LANDASAN TEORI

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

3.1 Prinsip Bangunan Geser

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

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

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

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

3.2 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Tunggal (SDOF)

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

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

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

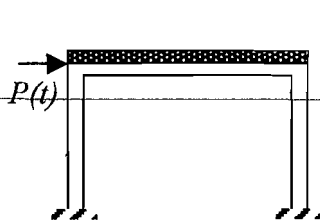
$$F = m a \quad (3.1)$$

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

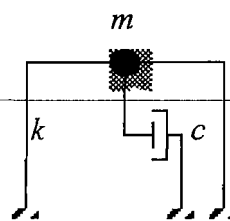
Salah satu pendekatan untuk menyusun persamaan gerak suatu massa (*differential equations of motion*) adalah dengan memakai prinsip *d'Alembert* yang berdasar pada Hukum Newton II. Prinsip *d'Alembert* mengatakan bahwa :

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

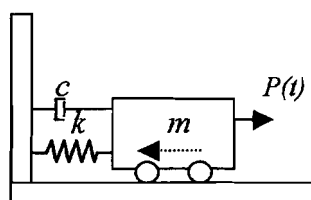
Penggunaan prinsip *d'Alembert* memungkinkan memakai persamaan kesetimbangan untuk mendapatkan persamaan gerak seperti pada struktur SDOF yang terlihat seperti pada Gambar 3.1.



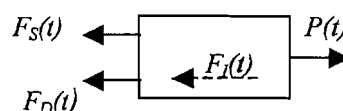
(a) Struktur SDOF



(b) Struktur SDOF yang disederhanakan



(c) Model Matematik



(d) Free Body Diagram

Gambar 3.1 Beban Dinamik Pada Struktur SDOF

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

$$F_I(t) + F_D(t) + F_S(t) = P(t) \quad (3.2)$$

dengan

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

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

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

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

persamaan diatas disebut juga persamaan differensial gerakan (*differential equation of motion*) pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$, $P(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan,

simpangan, dan beban gempa yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y} , \dot{y} , y , P , sehingga persamaan (3.4) dapat ditulis dengan

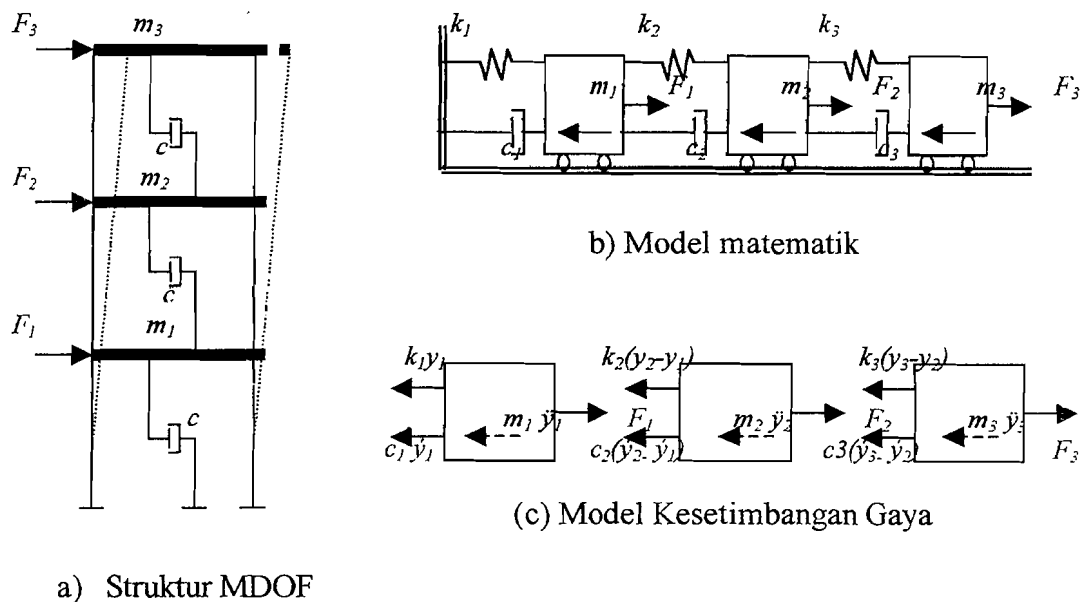
$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P \quad (3.5)$$

3.3 Persamaan Gerak Derajat Kebebasan Banyak (MDOF)

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

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

Pada struktur bangunan gedung bertingkat banyak, umumnya massa struktur dapat digumpalkan (*lumped mass*) pada tiap-tiap tingkatnya, dengan demikian struktur yang semula mempunyai derajat kebebasan tak terhingga akan dipandang sebagai struktur kebebasan terbatas. Untuk memperoleh persamaan differensial gerakan pada struktur kebebasan banyak, maka dapat digunakan anggapan *shear building*, selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$, $F(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, simpangan, dan beban gempa yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y} , \dot{y} , y , F sebagaimana penulisan pada struktur SDOF di muka.



Gambar 3.2 Struktur MDOF

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

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

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - k_2 (y_2 - y_1) - F_1 = 0 \quad (3.6a)$$

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

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

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

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

$$m_1 \ddot{y}_1 + (c_1 + c_2) \dot{y}_1 - c_2 \dot{y}_2 + (k_1 + k_2) y_1 - k_2 y_2 = F_1 \quad (3.7a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 - c_2 \dot{y}_1 + (c_2 + c_3) \dot{y}_2 - c_3 \dot{y}_3 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3) y_2 - k_3 y_3 = F_2 \quad (3.7b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 - c_3 \dot{y}_2 + c_3 \dot{y}_3 - k_3 y_2 + k_3 y_3 = F_3 \quad (3.7c)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3.1 Nilai Karakteristik (*Eigen Problem*)

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

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

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

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

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

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

$$[M]\{\ddot{y}\} + [K]\{y\} = 0 \quad (3.11)$$

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

$$Y = \omega(\phi)_i \sin(\omega t) \quad (3.12a)$$

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

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

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

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

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

persamaan (3.14) adalah persamaan *eigen problem*.

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

$$\{[K] - \omega^2[M]\} = 0 \quad (3.15)$$

Jumlah mode pada struktur dengan derajat kebebasan banyak biasanya dapat dihubungkan dengan jumlah massa. Mode ini sendiri adalah ragam goyangan suatu struktur bangunan. Apabila jumlah derajat kebebasan adalah n , maka persamaan (3.15) akan menghasilkan ω^2 untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Selanjutnya substitusi masing-masing frekuensi sudut (ω_i) kedalam persamaan (3.14) akan diperoleh nilai-nilai $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_n$.

3.3.2 Frekuensi Sudut dan Normal Mode

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

$$m_1 \ddot{y}_1 + k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1) = 0 \quad (3.16a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + k_2 (y_2 - y_1) - k_3 (y_3 - y_2) = 0 \quad (3.16b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + k_3 (y_3 - y_2) = 0 \quad (3.16c)$$

Persamaan (3.16) dapat ditulis dalam bentuk sederhana sebagai berikut :

$$m_1 \ddot{y}_1 + (k_1 + k_2) y_1 - k_2 y_2 = 0 \quad (3.17a)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3) y_2 - k_3 y_3 = 0 \quad (3.17b)$$

$$m_3 \ddot{y}_3 - k_3 y_2 + k_3 y_3 = 0 \quad (3.17c)$$

Persamaan (3.17) dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} (k_1 + k_2) & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.18)$$

Selanjutnya persamaan *eigen problem* adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} (k_1 + k_2) - \omega^2 m_1 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) - \omega^2 m_2 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 - \omega^2 m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.19)$$

ϕ_i adalah nilai atau ordinat yang berhubungan dengan massa ke- i pada ragam atau pola goyangan ke- i ., persamaan (3.19) akan ada penyelesaiannya apabila dipenuhi nilai determinan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} (k_1 + k_2) - \omega^2 m_1 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & (k_2 + k_3) - \omega^2 m_2 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 - \omega^2 m_3 \end{bmatrix} = 0 \quad (3.20)$$

Apabila persamaan (3.20) tersebut diteruskan maka nilai diterminannya adalah :

$$\begin{aligned} & (k_3(k_2 + k_3))\{(k_1 + k_2) - \omega^2\} - (k_1 + k_2)\{(k_3 m_2 \omega^2) - (m_2 m_3 \omega^4) + k_3^2\} \\ & - \omega^4 \{(k_3 m_1 m_2) - ((k_2 + k_3) m_1 m_3) + (m_1 m_2 m_3 \omega^2)\} \\ & + k_2^2 (k_3 - \omega^2 m_3) + m_1 \omega^2 k_3^2 = 0 \end{aligned} \quad (3.21)$$

Substitusi nilai ω_i yang diperoleh dari persamaan (3.21) kedalam persamaan (3.19) maka akan diperoleh nilai koordinat yang berhubungan dengan suatu massa pada setiap pola goyangan umumnya dapat dituliskan dalam bentuk baku yaitu ϕ_{ij} .

Dengan indeks- i menunjukkan massa dan indeks- j menunjukkan nomor ragam goyangan, dengan demikian ϕ_{ij} adalah ordinat yang berhubungan dengan massa ke- i pada pola goyangan ke- j . Substitusi ω_j kedalam persamaan (3.19) akan

diperoleh nilai-nilai koordinat untuk ragam atau pola goyangan ke-1, substitusi ω_2 akan diperoleh nilai-nilai koordinat untuk ragam atau pola goyangan ke-2, dan substitusi ω_3 akan diperoleh pola goyangan ke-3. Sehingga dapat ditulis dalam bentuk matriks yang umum disebut dengan modal matriks.

$$\phi_{ij} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

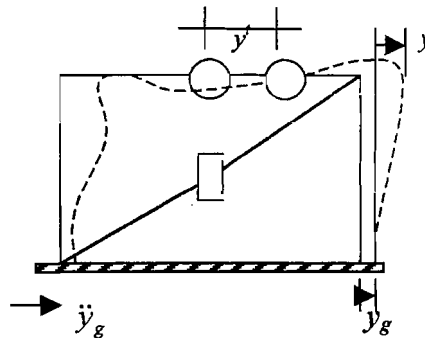
Nilai-nilai *mode shapes* ϕ_{ij} tidak tergantung pada beban luar, melainkan tergantung dari property fisik struktur, misalnya massa m_i dan kekakuan k_i . Selain itu nilai *mode shapes* tidak dipengaruhi waktu, artinya nilai itu akan tetap jika nilai massa dan kekakuan tidak berubah, nilai *mode shapes* juga tidak dipengaruhi oleh frekuensi beban. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai *mode shapes* adalah bebas dari pengaruh redaman, waktu, dan frekuensi beban serta hanya untuk struktur yang elastik.

3.4 Persamaan Gerak akibat Beban Gempa

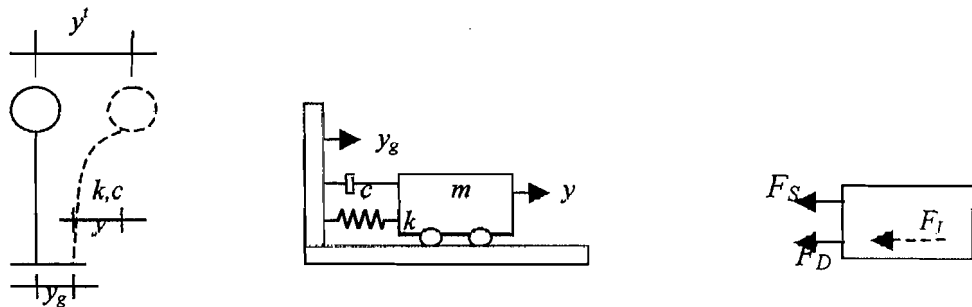
~~Beban gempa adalah beban yang merupakan fungsi dari waktu. Umumnya~~ beban yang bekerja pada struktur menggunakan satuan gaya, tetapi beban gempa berupa percepatan tanah, beban lain biasanya statis, tidak berubah pada periode waktu yang pendek. Tetapi beban gempa merupakan beban dinamis yang berubah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

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

$$y' = y + y_g \quad (3.23)$$



Gambar 3.3 Struktur SDOF dengan beban gempa



(a) Idealisasi SDOF

(b) Model Matematik

(c) Free Body Diagram

Gambar 3.4 Sistem Derajat Kebebasan Tunggal dengan Beban Gempa

Dengan menggunakan konsep keseimbangan dinamis dari *free body diagram* pada Gambar 3.4c akan didapatkan persamaan

$$F_I(t) + F_D(t) + F_S(t) = 0 \quad (3.24a)$$

$$F_I(t) = m\ddot{y}'(t), \quad F_D(t) = c\dot{y}(t) \quad \text{dan} \quad F_S(t) = ky(t) \quad (3.24b)$$

sedangkan $\ddot{y}'(t)$, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.3,

$$\ddot{y}'(t) = \ddot{y}(t) + \ddot{y}_g(t) \quad (3.25)$$

F_I adalah gaya inersia, F_D adalah gaya redam, F_S adalah gaya tarik/desak pegas yang mempresentasikan kekakuan kolom, $\ddot{y}_g(t)$ adalah percepatan tanah akibat gempa dan $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, dan simpangan, dan m, c, k masing-masing adalah massa, redaman, dan kekakuan kolom.

Substitusi persamaan (3.24b) dan (3.25) ke dalam persamaan (3.24a), maka persamaan (3.24a) dapat ditulis menjadi:

$$m\ddot{y}'(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.26a)$$

$$m(\ddot{y}(t) + \ddot{y}_g(t)) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.26b)$$

$$m\ddot{y}(t) + m\ddot{y}_g(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = 0 \quad (3.26c)$$

$$m\ddot{y}(t) + c\dot{y}(t) + ky(t) = -m\ddot{y}_g(t) \quad (3.26d)$$

Persamaan (3.26d) adalah persamaan differensial gerakan suatu massa dengan derajat kebebasan tunggal akibat *base motion*. Ruas kanan pada persamaan (3.26d) biasa disebut sebagai beban gempa. Untuk selanjutnya $\ddot{y}(t)$, $\dot{y}(t)$, $y(t)$ masing-masing adalah percepatan, kecepatan, dan simpangan yang merupakan fungsi dari waktu, penulisannya dapat disederhanakan menjadi \ddot{y} , \dot{y} , y sehingga persamaan (3.26d) dapat ditulis dengan:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g \quad (3.27)$$

3.5 Persamaan Differensial Independen (*Uncoupling*)

Pada kondisi standar, struktur yang mempunyai n derajat kebebasan akan mempunyai n *modes*. Pada prinsip ini, masing-masing mode akan memberikan kontribusi pada simpangan horisontal tiap massa. Simpangan massa ke- i tersebut

dinyatakan dalam produk antara ϕ_{ij} dengan suatu modal amplitudo Z_j yang dinyatakan dalam bentuk :

$$\{Y\} = [\phi]\{Z\} \quad (3.28a)$$

$$\{\dot{Y}\} = [\phi]\{\dot{Z}\} \quad (3.28b)$$

$$\{\ddot{Y}\} = [\phi]\{\ddot{Z}\} \quad (3.28c)$$

Substitusi persamaan (3.28) kedalam persamaan (3.27) akan diperoleh :

$$[M][\phi]\{\ddot{Z}\} + [C][\phi]\{\dot{Z}\} + [K][\phi]\{Z\} = -[M]\{1\}\ddot{y}_g \quad (3.29)$$

Apabila persamaan (3.29) dikalikan dengan transpose suatu mode $\{\phi\}^T$, maka

$$\{\phi\}^T [M][\phi]\{\ddot{Z}\} + \{\phi\}^T [C][\phi]\{\dot{Z}\} + \{\phi\}^T [K][\phi]\{Z\} = -\{\phi\}^T [M]\{1\}\ddot{y}_g \quad (3.30)$$

jika diambil struktur yang mempunyai 3 derajat kebebasan, maka suku pertama persamaan (3.30) berbentuk :

$$\left\{ \begin{matrix} \phi_{11} & \phi_{21} & \phi_{31} \end{matrix} \right\} \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \left\{ \begin{matrix} \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \ddot{Z}_1 \\ \ddot{Z}_2 \\ \ddot{Z}_3 \end{matrix} \right\} \quad (3.31)$$

Dengan catatan, persamaan diatas dalam hubungan *orthogonal* apabila $i=j$.

Sedangkan apabila i tidak sama dengan j maka perkalian matriks sama dengan nol.

$$\phi_i^T [M] \phi_j = 0 \quad (3.32a)$$

$$\phi_i^T [K] \phi_j = 0 \quad (3.32b)$$

$$\phi_i^T [C] \phi_j = 0 \quad (3.32c)$$

Untuk mode ke- j maka secara umum persamaan (3.32) dapat ditulis :

$$\phi_j^T [M] \{\phi\}_j \ddot{Z}_j \quad (3.33)$$

Analog persamaan (3.33) untuk suku ke-2 dan ke-3 persamaan (3.30) maka persamaan (3.30) akan menjadi :

$$\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j \{\ddot{Z}\}_j + \{\phi\}_j^T [C] \{\phi\}_j \{\dot{Z}\}_j + \{\phi\}_j^T [K] \{\phi\}_j \{Z\}_j = -\{\phi\}_j^T [M] \{1\} \ddot{y}_g \quad (3.34)$$

Persamaan (3.34) adalah persamaan diferensial yang bebas atau *independent* antara satu dengan yang lain. Persamaan tersebut diperoleh setelah diterapkan hubungan *orthogonal*, baik *orthogonal* matrik massa, redaman dan kekakuan. Dengan demikian untuk n -derajat dengan n -persamaan differensial yang dahulu bersifat *coupling* sekarang menjadi *uncoupling*. Dengan sifat-sifat tersebut maka persamaan differensial dapat diselesaikan untuk setiap pengaruh mode.

Berdasarkan persamaan (3.34) maka dapat didefinisikan suatu generalisasi massa (*generalied mass*), redaman dan kekakuan sebagai berikut :

$$M_j^* = \{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j \quad (3.35a)$$

$$C_j^* = \{\phi\}_j^T [C] \{\phi\}_j \quad (3.35b)$$

$$K_j^* = \{\phi\}_j^T [K] \{\phi\}_j \quad (3.35c)$$

Dengan definisi seperti persamaan (3.35) maka persamaan (3.34) akan menjadi :

$$M_j^* \ddot{Z}_j + C_j^* \dot{Z}_j + K_j^* Z_j = -P_j^* \ddot{y}_g \quad (3.36)$$

Dengan,

$$P_j^* = \{\phi\}_j^* [M] \{1\} \quad (3.37)$$

Terdapat suatu hubungan bahwa :

$$\xi_j = \frac{C_j^*}{C_{cr}^*} = \frac{C_j^*}{2M_j^* \omega_j} , \text{ maka } \frac{C_j^*}{M_j^*} = 2\xi_j \omega_j \quad (3.38)$$

$$\omega_j^2 = \frac{K_j^*}{M_j^*} \quad \text{dan} \quad \Gamma_j = \frac{P_j^*}{M_j^*} \quad (3.39)$$

Dengan hubungan-hubungan seperti pada persamaan (3.36) akan menjadi :

$$\ddot{Z}_j + 2\xi_j \omega_j \dot{Z}_j + \omega_j^2 Z_j = -\Gamma_j \ddot{y}_g \quad (3.40)$$

Dan persamaan (3.40) sering disebut dengan partisipasi setiap mode (*mode participation factor*).

$$\Gamma = \frac{P_j^*}{M_j^*} = \frac{\{\phi\}_j^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j} \quad (3.41)$$

Selanjutnya persamaan (3.41) juga dapat ditulis menjadi:

$$\frac{\ddot{Z}_j}{\Gamma} + 2\xi_j \omega_j \frac{\dot{Z}_j}{\Gamma} + \omega_j^2 \frac{Z_j}{\Gamma} = -\ddot{y}_g \quad (3.42)$$

Apabila diambil suatu notasi bahwa:

$$\ddot{g}_j = \frac{\ddot{Z}_j}{\Gamma_j} \quad (3.43)$$

Maka persamaan (3.38) menjadi :

$$\ddot{g}_j + 2\xi_j \omega_j \dot{g}_j + \omega_j^2 g_j = -\ddot{y}_g \quad (3.44)$$

Persamaan (3.44) adalah persamaan differensial yang independent karena persamaan tersebut hanya berhubungan dengan tiap-tiap mode.

Nilai partisipasi setiap mode akan dapat dihitung dengan mudah setelah koordinat setiap mode ϕ_{ij} telah diperoleh. Nilai g , \dot{g} dan \ddot{g} dapat dihitung dengan integrasi secara numerik. Apabila nilai tersebut telah diperoleh maka nilai Z_i dapat dihitung.

3.6 Respon Terhadap Beban Gempa

Dengan gerakan yang disebabkan adanya beban gempa dapat diselesaikan dengan persamaan (3.44). Nilai $g(t)$ dapat diperoleh dengan membandingkan antara persamaan (3.44) dengan persamaan gerakan mode ke- n system dari SDOF. System SDOF mempunyai frekuensi natural (*natural frekuensi*/ ω_i) dan rasio redaman (ζ) mode ke- i dari system MDOF, dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Nilai yang akan dicari adalah $g_i(t)$. dengan memakai *Newmark's Acceleration Method* dengan proses integrasi. Pada *Newmark's Acceleration Method* diperoleh hubungan awal :

$$\dot{g}_{j+1} = \dot{g}_j + [(1-\gamma)\Delta t]\ddot{g}_j + (\gamma \Delta t)\ddot{g}_{j+1} \quad (3.45a)$$

$$g_{j+1} = g_j + (\Delta t)\dot{g}_j + [(0.5 - \beta)(\Delta t)^2]\ddot{g}_j + [\beta(\Delta t)^2]\ddot{g}_{j+1} \quad (3.45b)$$

Dimana parameter γ dan β untuk metode *Newmark's Acceleration* adalah $\gamma = 1/2$ dan $\beta = 1/4$, persamaan 3.45 kemudian disubsitusikan ke persamaan berikut ini,

$$\Delta g_j = g_{j+1} - g_j \quad \Delta \dot{g}_j = \dot{g}_{j+1} - \dot{g}_j \quad \Delta \ddot{g}_j = \ddot{g}_{j+1} - \ddot{g}_j \quad (3.46a)$$

$$(\Delta \ddot{y}_g)_j = (\ddot{y}_g)_{j+1} - (\ddot{y}_g)_j \quad (3.46b)$$

Shingga persamaan (3.45) dapat ditulis menjadi :

$$\Delta \dot{g}_j = (\Delta t)\ddot{g}_j + (\gamma \Delta t)\Delta \ddot{g}_j \quad (3.47a)$$

$$\Delta g_j = (\Delta t)\dot{g}_j + \frac{(\Delta t)^2}{2}\ddot{g}_j + \beta(\Delta t)^2\Delta \ddot{g}_j \quad (3.47b)$$

Dari persamaan (3.47b) didapat,

$$\Delta \ddot{g}_j = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2}\Delta g_j - \frac{1}{\beta\Delta t}\Delta \dot{g}_j - \frac{1}{2\beta}\ddot{g}_j \quad (3.48)$$

Substitusi persamaan (3.48) dan persamaan (3.47a) didapat :

$$\Delta \dot{g}_j = \frac{\gamma}{\beta \Delta t} \Delta g_j - \frac{\gamma}{\beta} \dot{g}_j + \Delta t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \ddot{g}_j \quad (3.49)$$

Kemudian persamaan (3.48) dan persamaan (3.49) disubsitusikan ke persamaan (3.44)

$$\left(\omega^2 + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta\Delta t} + \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \right) \Delta g_j = \Delta \ddot{y}_g \left(\frac{1}{\beta\Delta t} + \frac{2\xi\omega\gamma}{\beta} \right) \dot{g}_j + \left(\frac{1}{2\beta} + \Delta t \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) 2\xi\omega \right) \ddot{g}_j \quad (3.50)$$

Persamaan (3.50) dapat ditulis menjadi ;

$$\Delta g_j = \frac{(\Delta \ddot{y}_g)_j + a \dot{g}_j + b \ddot{g}_j}{\hat{k}} \quad (3.51a)$$

dengan,

$$\begin{aligned} a &= \left[\frac{4}{\Delta t} + 4\xi\omega \right] \\ b &= [2] \\ \hat{k} &= \left[\omega^2 + \frac{4\xi\omega}{\Delta t} + \frac{4}{(\Delta t)^2} \right] \end{aligned} \quad (3.51b)$$

Pada umumnya,

$$\begin{aligned} g_0 &= 0 \\ \dot{g}_0 &= 0 \\ (\ddot{y}_g)_0 &= 0 \end{aligned} \quad (3.52)$$

maka,

$$g_{j+1} = g_j + \Delta g_j \quad (3.53a)$$

$$\dot{g}_{j+1} = \dot{g}_j + \Delta \dot{g}_j \quad (3.53b)$$

$$\ddot{g}_{j+1} = \ddot{g}_j + \Delta \ddot{g}_j \quad (3.53c)$$

Sehingga ,

$$\ddot{g}_0 = (\ddot{y}_g)_0 - \dot{g}_0 2\xi\omega - g_0\omega^2 = 0 \quad (3.54a)$$

$$\Delta\dot{g}_j = \frac{2\Delta g_j}{\Delta t} - 2\dot{g}_j \quad (3.54b)$$

$$\Delta\ddot{g}_j = \frac{4(\Delta g_j - \Delta\dot{g}_j\Delta t)}{\Delta t^2} \quad (3.54c)$$

Dengan persamaan-persamaan yang telah diketahui diatas, apabila percepatan tanah akibat gempa diketahui, maka nilai-nilai g_j dapat dicari. Setelah nilai tersebut diperoleh, dengan partisipasi setiap mode sudah dihitung sebelumnya, maka nilai faktor amplitudo Z_i dapat dihitung. Dengan diperolehnya nilai Z_i dan telah dihitungnya ϕ_{ij} maka nilai simpangan tiap mode $y_i(t)$ dapat diperoleh :

$$y_i(t) = 1 \cdot \phi_{ij} g_j(t) \quad (3.55)$$

Simpangan antar tingkat (*interstorey drift*) dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horisontal titik itu relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai dibawahnya. Perbandingan antara simpangan antar tingkat (*interstorey drift*) dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0.05%, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm (PPKGRG,1987).

3.7 Jenis-jenis Simpangan

Jenis-jenis simpangan yang terjadi pada struktur umumnya ada 3 macam, yaitu simpangan relatif, simpangan antar tingkat dan simpangan absolut. Jenis-jenis simpangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan dapat diuraikan sebagai berikut.

3.7.1 Simpangan Relatif

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

$$y_i = \sum \phi_{ij} Z_j \quad (3.56)$$

dimana: y_i = simpangan relatif lantai ke- i

ϕ_{ij} = mode shapes, dan

Z_j = modal amplitudo.

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

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

$$\Delta y_i = y_i - y_{i-1} \quad (3.57)$$

dimana: Δy_i = simpangan antar tingkat,

y_i = simpangan relatif lantai ke- i , dan

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

3.7.3 Simpangan Absolut

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

$$y_t = y_i + y_g \quad (3.58)$$

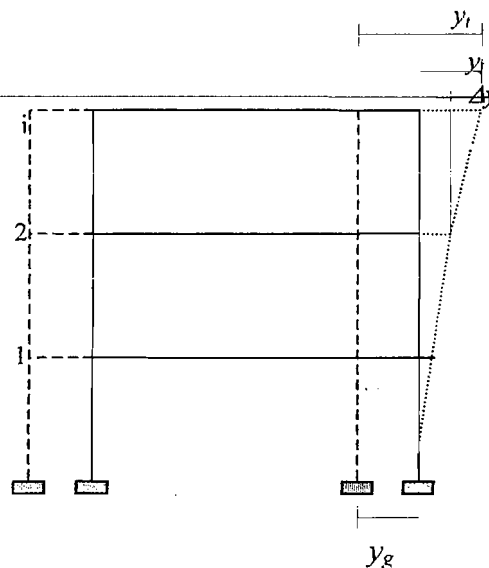
dimana: y_t = simpangan absolut

y_i = simpangan relatif lantai ke-i, dan

y_g = simpangan akibat tanah

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

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



Gambar 3.5 Model struktur dengan jenis-jenis simpangannya

3.8 Gaya Horisontal Tingkat

Gaya horisontal tingkat dapat diperoleh setelah simpangan horisontal tingkat diperoleh. Hal ini sesuai dengan prinsip elastik analisis untuk problema dinamika struktur bahwa simpangan horisontal tingkat, gaya horisontal tingkat, dan momen tingkat adalah elastik respon yang penting dicari.

Gaya horisontal tingkat atau gaya horisontal maksimum yang bekerja pada suatu massa sebagai kontribusi dari mode ke- j dapat dicari dari prinsip hubungan antara gaya, simpangan dan kekakuan yaitu :

$$F_j = K Y_j \quad (3.59)$$

dimana : F_j = gaya horisontal tingkat

K = kekakuan tingkat

Y_j = simpangan relatif

Sedangkan gaya geser dasar merupakan penjumlahan dari gaya horisontal tingkat.

$$V = - \left(\sum_{j=1}^n F_j \right) \quad (3.60)$$

3.9 Momen Guling

Momen guling pada gedung bertingkat banyak adalah merupakan perkalian antara gaya horisontal tingkat dengan tinggi bangunan.

$$M_b = \sum_{j=1}^n F_j h_j \quad (3.61)$$

dimana : M_b = Momen Guling

F_j = Gaya Horisontal Tingkat

h_j = Tinggi Bangunan

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data, pengolahan data, hipotesis dan pengujian.

4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan model struktur 5 lantai. Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut .

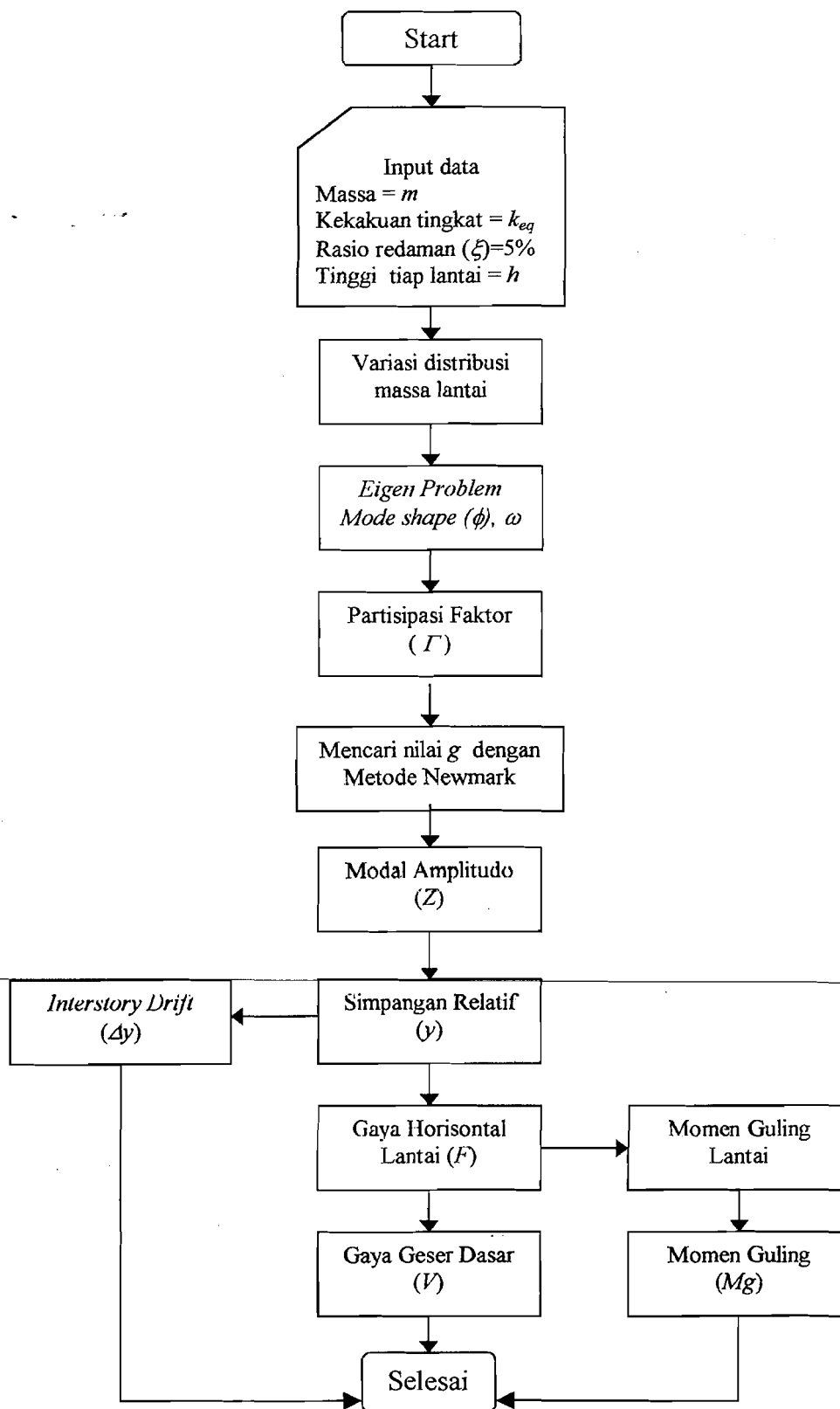
1. Struktur merupakan bangunan model.
2. Massa tiap lantai dan kekakuan tingkat diketahui.
3. Getaran gempa yang digunakan berupa *time history* dari gempa El Centro dengan kenaikan waktu (Δt) = 0.02 detik.
4. Analisis menggunakan program *Matlab version 5.3* dan *Microsof Excel 2000* .

Data yang dipakai mengacu pada buku-buku, pendapat dan teori-teori yang berhubungan. Sedangkan input data gedung yang ditinjau diperoleh dari buku *Elements of Structural Dynamics*. (Berg, 1988).

4.2 Pengolahan Data

Setelah data terkumpul maka pengolahan dan analisis data dilakukan dengan langkah-langkah :

1. menghitung variasi distribusi massa tiap lantai (m),
2. membuat persamaan eigen problem untuk menghitung mode shapes (ϕ),
3. menghitung frekuensi sudut (ω),
4. menghitung partisipasi faktor (Γ),
5. mencari nilai g dengan *Newmark's Acceleration Method*,
6. menghitung modal amplitudo (Z),
7. menghitung simpangan horisontal tingkat (y),
8. menghitung simpangan antar tingkat (Δy),
9. menghitung gaya geser dasar (F_j),
10. menghitung momen guling (M_b), dan
11. menganalisa hasil-hasil yang diperoleh.



Gambar 4.1 Bagan alir (Flow chart) pengolahan data

4.3 Hipotesis

Hipotesis yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. variasi massa lantai teratas akan mempengaruhi respon struktur secara dominan,
2. distribusi massa keatas semakin kecil akan menghasilkan respon struktur yang semakin kecil.

4.4 Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengaruh variasi distribusi massa lantai terhadap simpangan relatif lantai, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar dan momen guling. Cara yang dilakukan yaitu dengan memvariasi distribusi massa lantai dengan pembebanan yang semakin keatas semakin mengerucut dengan mempertahankan massa struktur tetap. Pada pengujian ini struktur dianggap mempunyai rasio redaman 5%.

Pengujian data dilakukan dengan menggunakan program Matlab. Pada pengujian ini digunakan getaran gempa berupa *time history* dari gempa El Centro sehingga didapat hasil berupa simpangan horisontal tingkat, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar dan momen guling.

BAB V

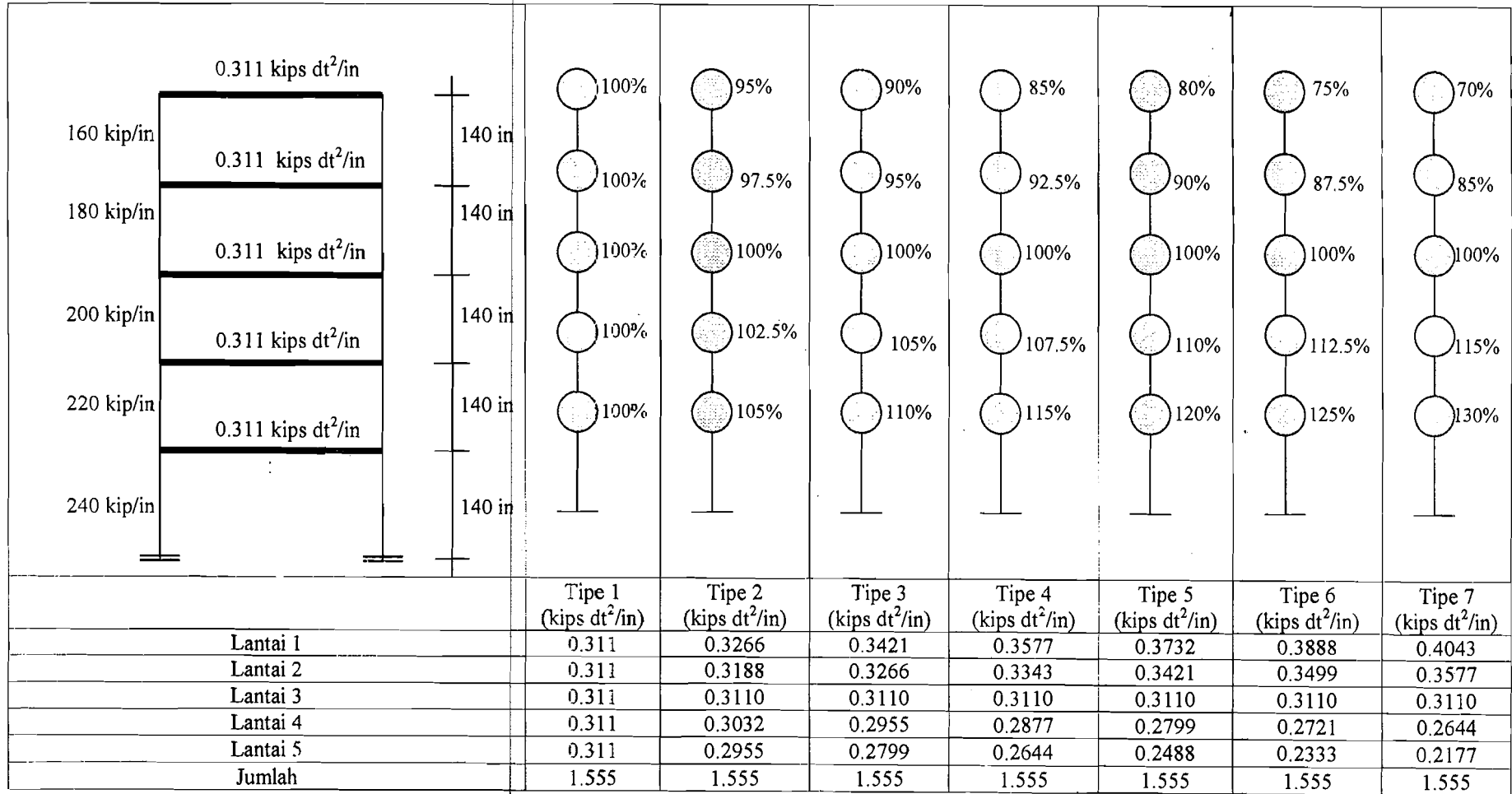
ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembebanan struktur dan kekakuan tingkat, variasi massa tiap lantai untuk setiap tipe pembebanan, kekakuan tingkat, frekuensi struktur, kandungan frekuensi beban gempa, perhitungan simpangan struktur, simpangan relatif lantai, perhitungan simpangan antar tingkat, perhitungan gaya geser dasar dan perhitungan momen guling yang akan diuraikan berikut ini. Program Matlab versi 5.3 digunakan untuk mencari frekuensi sudut dan *mode shape*, sedangkan untuk integrasi numerik digunakan program Microsoft Excel 2000.

5.1 Pembebanan struktur

Enam struktur yang dipakai berupa modifikasi dari bangunan model pada buku *Elements of Structural Dynamics* (Berg, 1988), sehingga kekakuan tingkat dan beban yang berupa massa lantai sudah diketahui dengan elevasi tingkat ditentukan.

Detail pembebanan, kekakuan tingkat dan model pembebanan untuk semua tipe dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Struktur dan tipe pembebanannya

5.2 Perhitungan Variasi Distribusi Massa Lantai

Anggapan yang dipakai dalam analisa perhitungan adalah massa tiap lantai dianggap mengumpal ditengah bentang (*lumped mass*) dan perhitungan kekakuan digunakan prinsip bangunan geser (*shear building*). Struktur yang akan dianalisa berjumlah 7 tipe pembebanan struktur dimana tipe pembebanan 1 adalah struktur yang distribusi massa lantainya belum divariasi. Tipe pembebanan 2 sampai tipe pembebanan 7 merupakan variasi distribusi massa lantai dari tipe pembebanan 1. Massa total untuk ketujuh tipe pembebanan struktur adalah sama sebesar 0.311 kips dt²/in. Massa tiap lantai untuk tipe pembebanan 2 sampai tipe pembebanan 7 tersebut divariasi sedemikian hingga pola pembebanannya semakin mengerucut (Gambar 5.1)

5.3 Frekuensi Struktur

Frekuensi struktur dihitung berdasarkan hasil dari persamaan *eigen problem*, dengan *input* matriks massa dan matrik kekakuan serta *output* berupa modal matrik struktur dan *eigenvalue* (λ). Nilai frekuensi sudut selanjutnya sapat dihitung dengan menggunakan *eigenvalue*. Rumus yang dipakai adalah:

$$\lambda = \omega^2 \text{ sehingga}$$

$$\omega = \sqrt{\lambda} \quad (5.1)$$

dimana ω adalah frekuensi sudut. Rumus untuk menghitung periode getar dan frekuensi getar struktur adalah:

$$T = 2\pi/\omega \text{ dan}$$

$$f = 1/T \quad (5.2)$$

dimana T dan f adalah periode getar dan frekuensi getar struktur. Contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 5.

5.4 Perhitungan Simpangan Relatif Lantai

Langkah pertama yang harus dikerjakan adalah menentukan matrik massa dan matrik kekakuan yang merupakan *input* persamaan *eigen problem*. Matrik massa dan matrik kekakuan untuk ketujuh tipe pembebanan adalah:

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_5 \end{bmatrix}$$

matrik massa untuk tipe 1 adalah $[M] = \begin{bmatrix} 0.311 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.311 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.311 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.311 \end{bmatrix}$

matrik massa untuk tipe 2 adalah $[M] = \begin{bmatrix} 0.3266 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3188 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3032 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2955 \end{bmatrix}$

matrik massa untuk tipe 3 adalah $[M] = \begin{bmatrix} 0.3421 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3266 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2955 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2799 \end{bmatrix}$

$$\text{matrik massa untuk tipe 4 adalah } [M] = \begin{bmatrix} 0.3577 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3343 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2877 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2644 \end{bmatrix}$$

$$\text{matrik massa untuk tipe 5 adalah } [M] = \begin{bmatrix} 0.3732 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3421 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2799 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2488 \end{bmatrix}$$

$$\text{matrik massa untuk tipe 6 adalah } [M] = \begin{bmatrix} 0.3888 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3499 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2721 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2333 \end{bmatrix}$$

$$\text{matrik massa untuk tipe 7 adalah } [M] = \begin{bmatrix} 0.4043 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3577 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.311 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2644 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2177 \end{bmatrix}$$

matrik kekakuan struktur adalah:

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

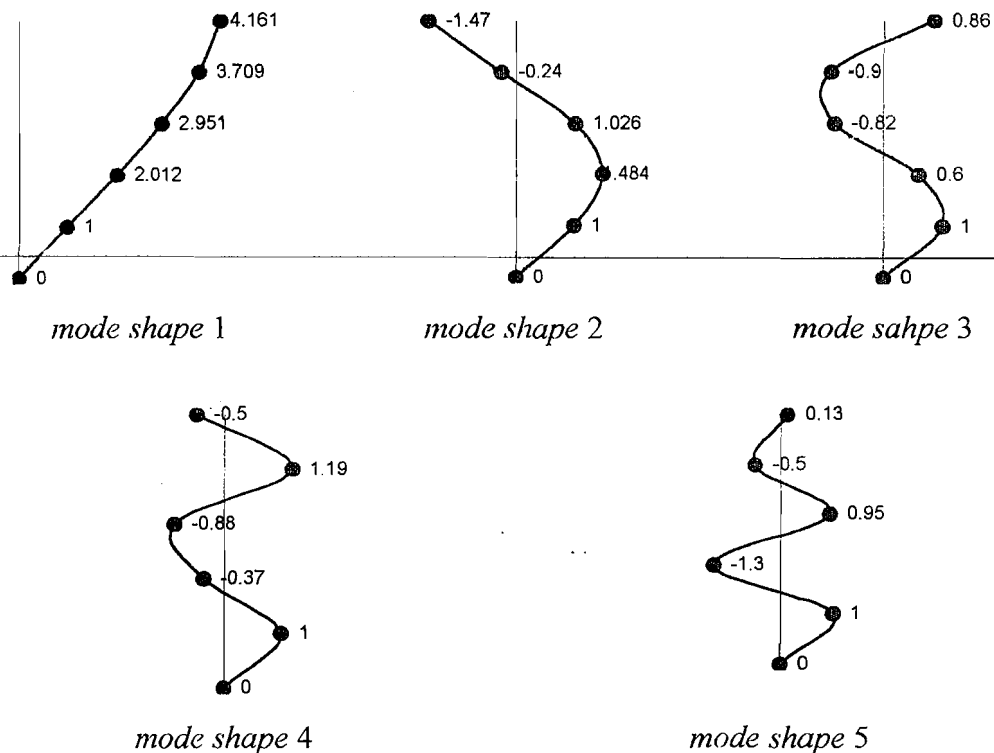
matrik kekakuan untuk ketiga struktur adalah:

$$[K] = \begin{bmatrix} 460 & -220 & 0 & 0 & 0 \\ -220 & 420 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 380 & -180 & 0 \\ 0 & 0 & -180 & 340 & -160 \\ 0 & 0 & 0 & -160 & 160 \end{bmatrix}$$

Penyelesaian selanjutnya digunakan aplikasi program *Matlab*. Hasilnya dapat diperoleh dari persamaan *eigen problem* yaitu berupa *mode shape* dan frekuensi sudut (Lampiran 5). Contoh hasil perhitungan untuk pembebanan struktur tipe1 adalah:

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1.00 \\ 2.01 \\ 2.95 \\ 3.71 \\ 4.16 \end{Bmatrix} \quad \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1.00 \\ 1.48 \\ 1.03 \\ -0.24 \\ -1.47 \end{Bmatrix} \quad \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 1.00 \\ 0.60 \\ -0.82 \\ -0.90 \\ 0.86 \end{Bmatrix} \quad \{\phi_4\} = \begin{Bmatrix} 1.00 \\ -0.37 \\ -0.88 \\ 1.19 \\ -0.50 \end{Bmatrix} \quad \{\phi_5\} = \begin{Bmatrix} 1.00 \\ -1.28 \\ 0.95 \\ -0.48 \\ 0.13 \end{Bmatrix}$$

Pola goyangan (*mode shape*) diatas kemudian digambarkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Pola goyangan atau *mode shape*

Vektor frekuensi sudut (ω) pada pembebanan struktur tipe1 adalah:

$$\{\omega\} = \begin{Bmatrix} 7.4692 \\ 20.7167 \\ 32.4805 \\ 41.6845 \\ 48.8018 \end{Bmatrix}$$

Modal partisi faktor dihitung dengan persamaan,

$$\Gamma = \frac{P_j^*}{M_j^*} = \frac{\{\phi\}_j^T [M] \{1\}}{\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j}$$

Vektor modal partisi faktor dari persamaan diatas adalah:

$$\{\Gamma\} = \begin{Bmatrix} 0.3086 \\ 0.2778 \\ 0.2034 \\ 0.1242 \\ 0.0860 \end{Bmatrix}$$

Dari persamaan (3.51b), didapat hasil:

$$\{a\} = \begin{Bmatrix} 201.4938 \\ 204.1433 \\ 206.4961 \\ 208.3369 \\ 209.7604 \end{Bmatrix} \quad \{b\} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{Bmatrix} \quad \{\hat{k}\} = \begin{Bmatrix} 10130 \\ 10636 \\ 11380 \\ 12154 \\ 12870 \end{Bmatrix}$$

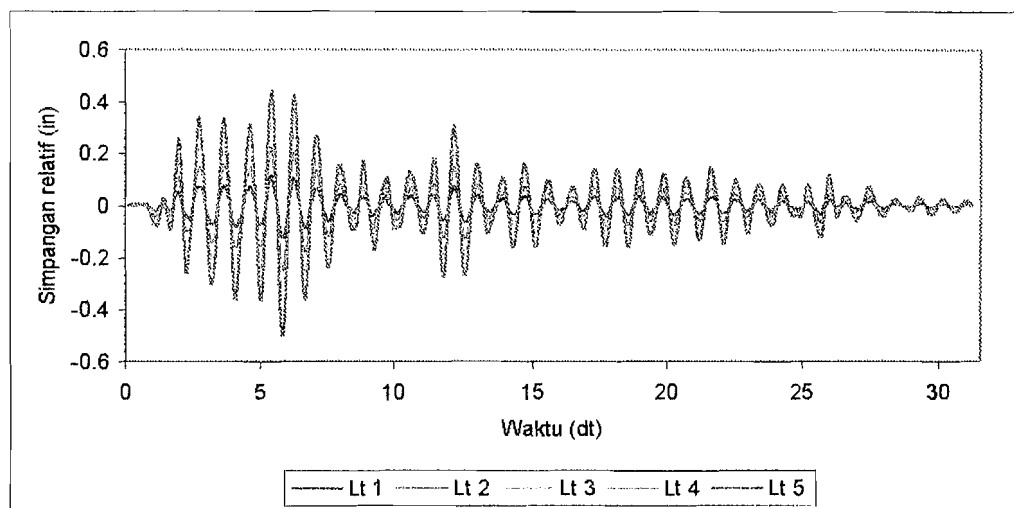
Setelah nilai vektor $\{a\}$, $\{b\}$ dan $\{\hat{k}\}$ diketahui, maka persamaan 3.51a dan 3.53a dapat diselesaikan yang disajikan pada Lampiran 8 (Tabel L.1). Modal amplitudo dihitung dengan mengalikan matrik $[g]_{ij}$ dengan matrik vektor partisipasi mode $\{\Gamma\}$.

$$[z]_j = [g]_{ij} \{\Gamma\}_j \quad (5.3)$$

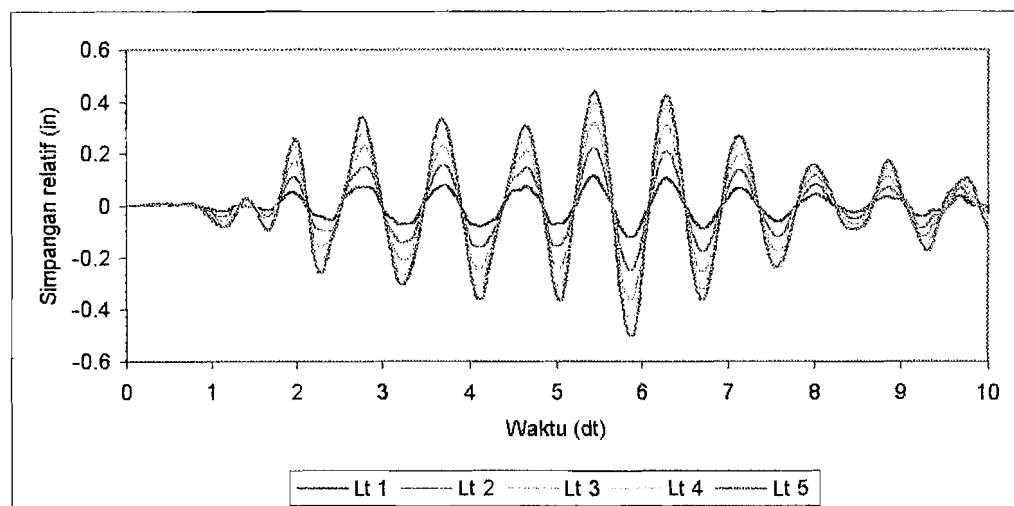
Contoh hasil perhitungan z dengan analisa dinamik disajikan pada Lampiran 9 (Tabel L.2) dan simpangan dihitung dengan persamaan,

$$y_i(t) = \sum \phi_{ij} z_j(t) \quad (5.4)$$

Contoh hasil perhitungan simpangan relatif disajikan pada lampiran 10 (Tabel L.3) kemudian dibuat grafik plot antara simpangan relatif terhadap waktu. Gambar plot antara simpangan relatif terhadap waktu untuk ketujuh tipe pembebanan struktur akibat gempa El Centro disajikan pada Gambar 5.3 sampai 5.9.

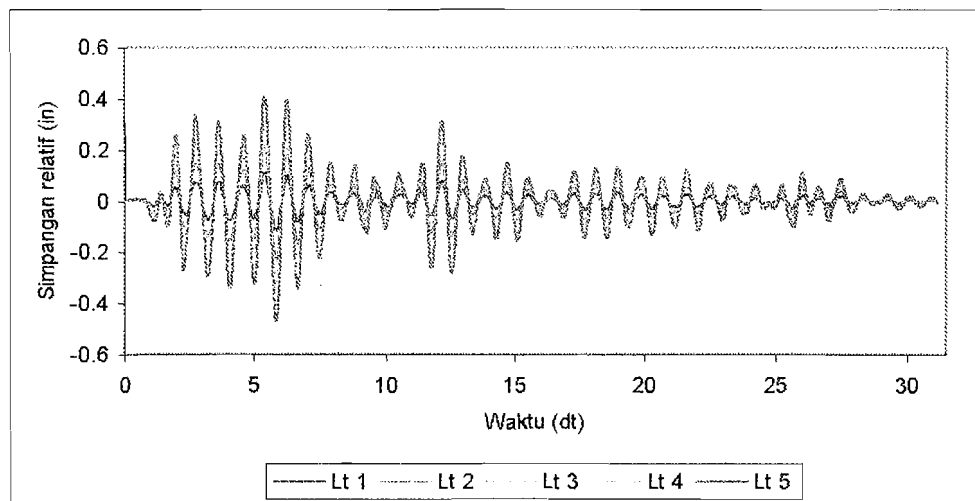


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

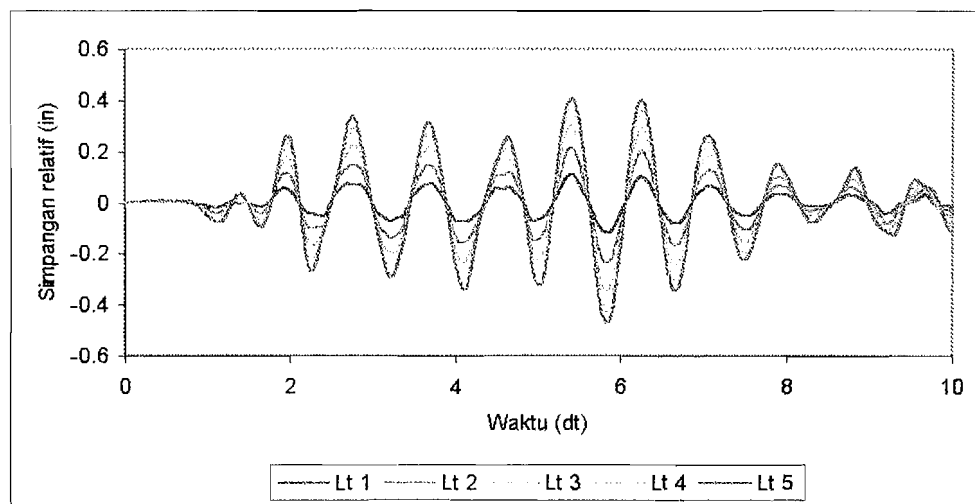


b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.3 Simpangan relatif struktur tipe 1 (tanpa variasi)

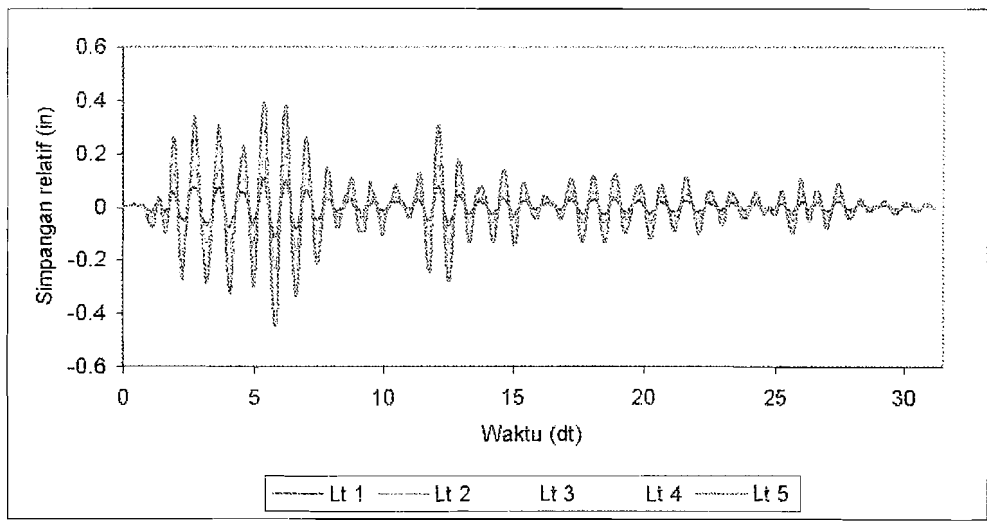


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

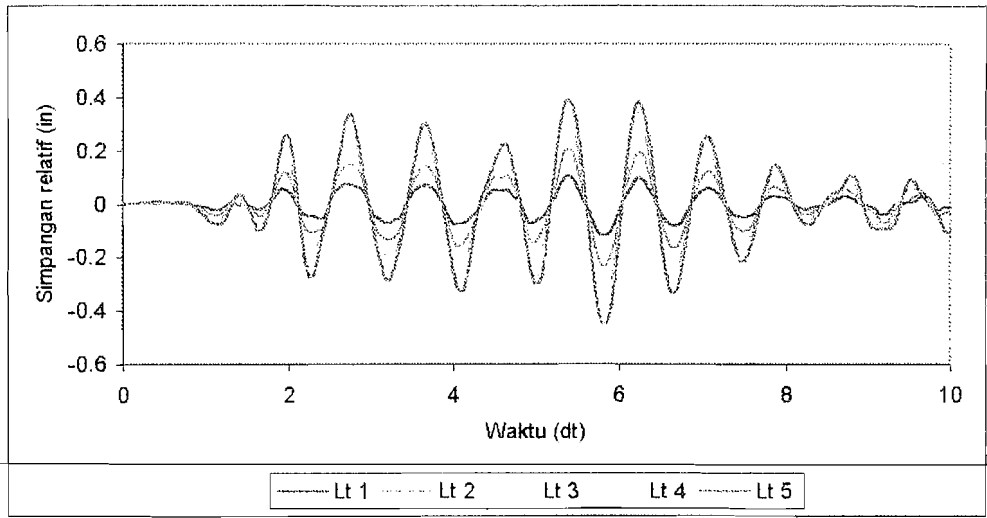


b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.4 Simpangan relatif struktur tipe 2

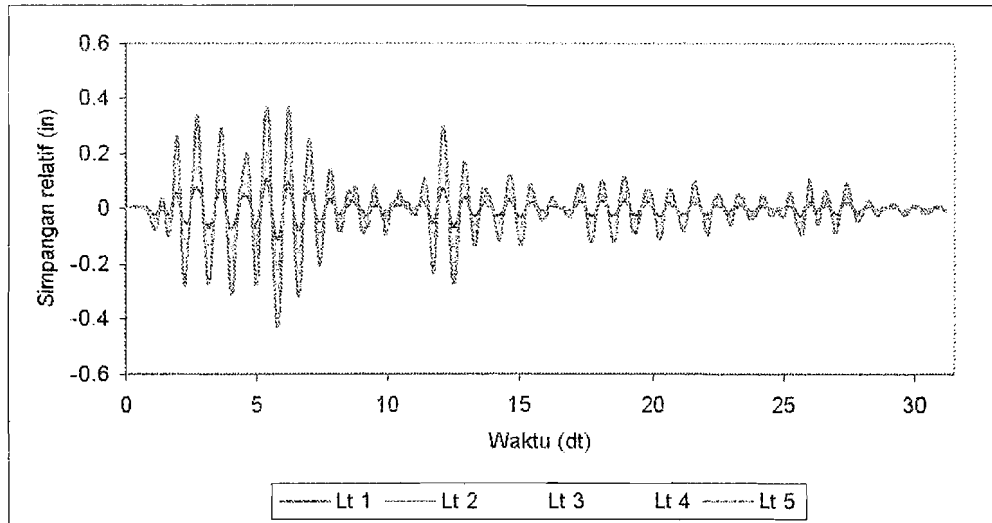


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

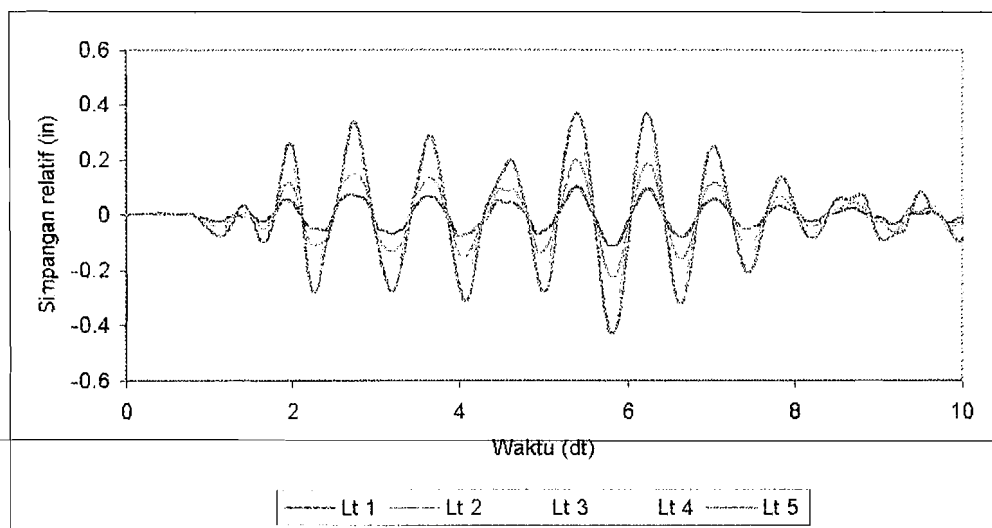


b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.5 Simpangan relatif struktur tipe 3

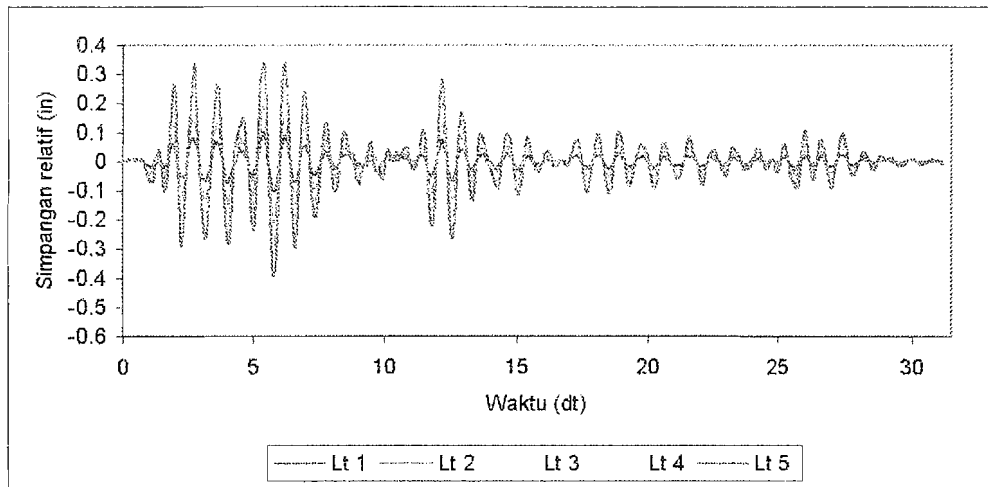


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

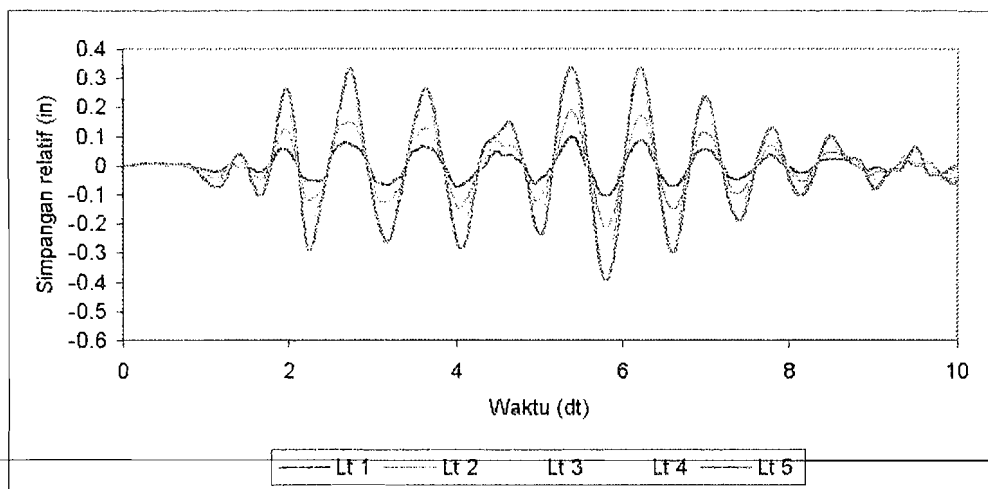


b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.6 Grafik simpangan relatif struktur tipe 4



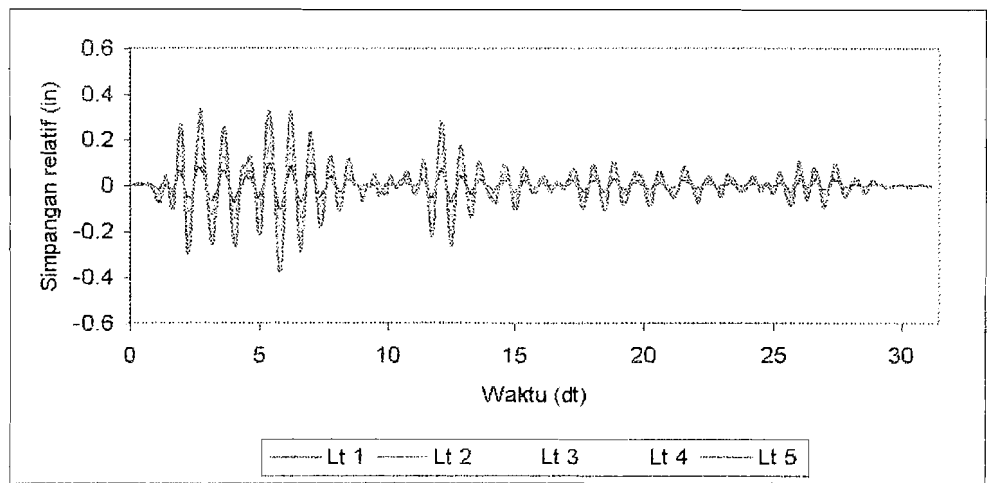
a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt



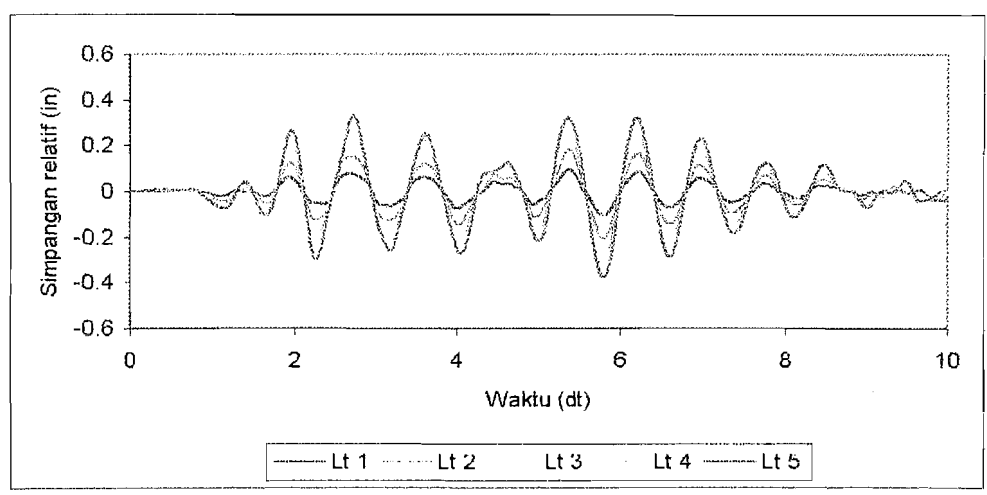
b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.7 Simpangan relatif struktur tipe 5



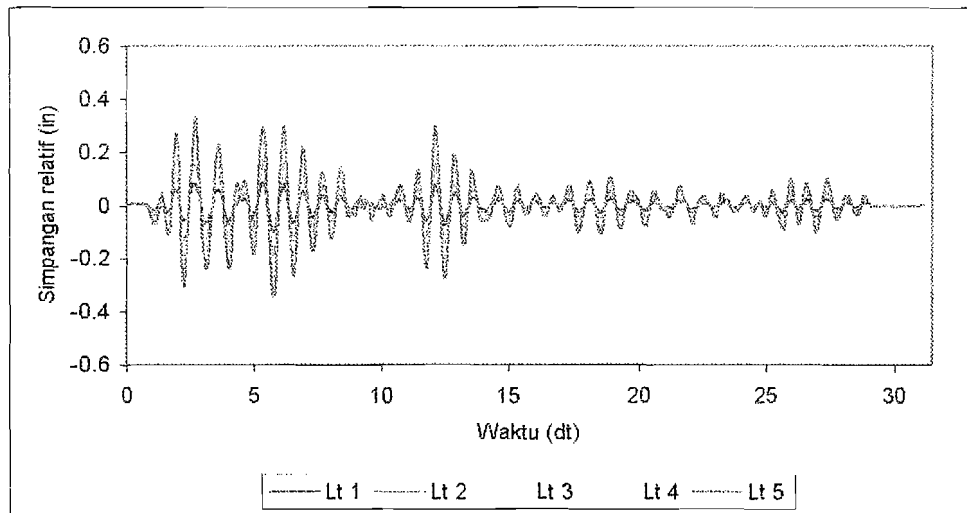


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

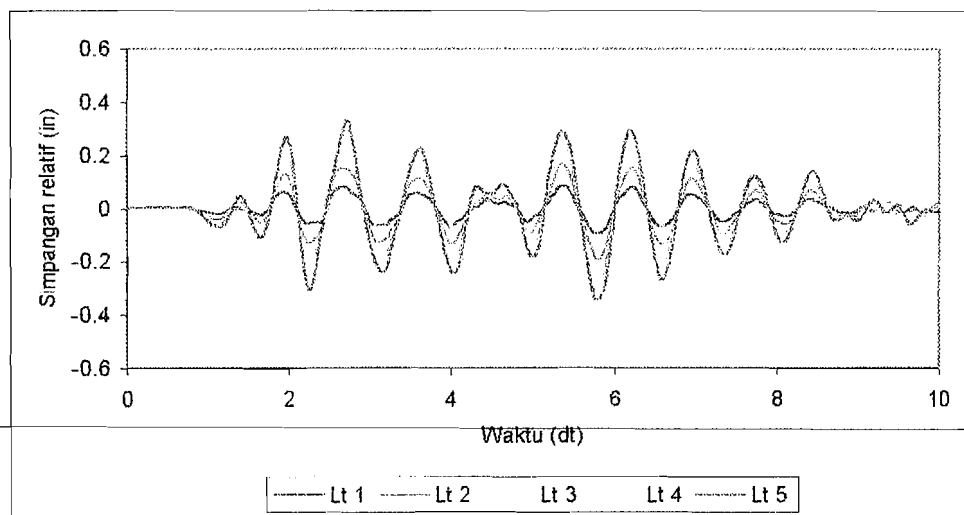


b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.8 Simpangan relatif struktur tipe 6



a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt



b) Interval waktu 0 dt s/d 10 dt

Gambar 5.9 Simpangan relatif struktur tipe 7

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

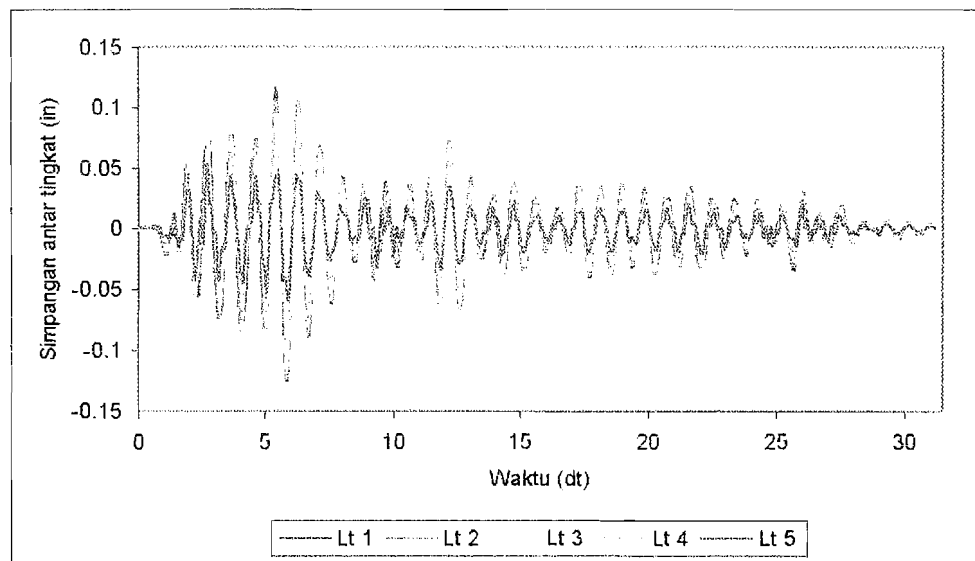
Simpangan antar tingkat merupakan selisih antara simpangan relatif suatu lantai dengan simpangan relatif lantai dibawahnya pada waktu yang bersamaan.

Besarnya nilai simpangan antar tingkat dapat dihitung dengan rumus:

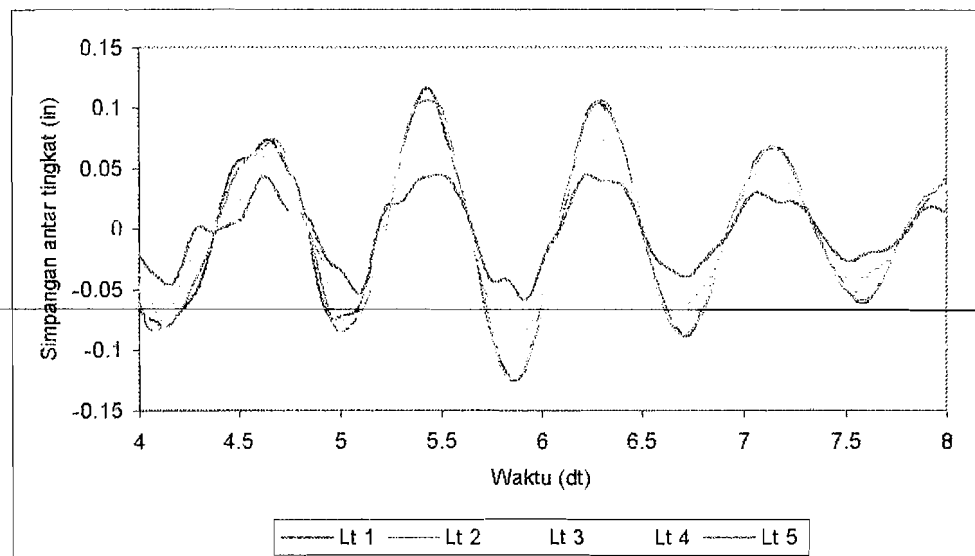
$$\Delta y_i(t) = y_i(t) - y_{i-1}(t) \quad (5.5)$$

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

Contoh perhitungan simpangan antar tingkat disajikan pada Lampiran 11 (Tabel L.4) dan kemudian disajikan dalam bentuk plot grafik antara simpangan antar tingkat lawan waktu. Gambar plot grafik simpangan antar tingkat lawan waktu untuk ketujuh tipe pembebanan akibat gempa El Centro disajikan pada Gambar 5.10 sampai 5.16.

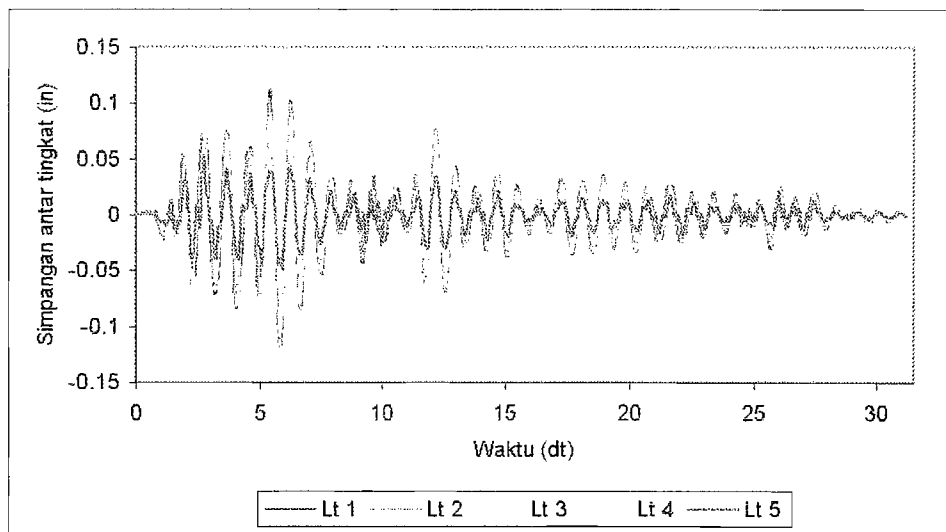


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

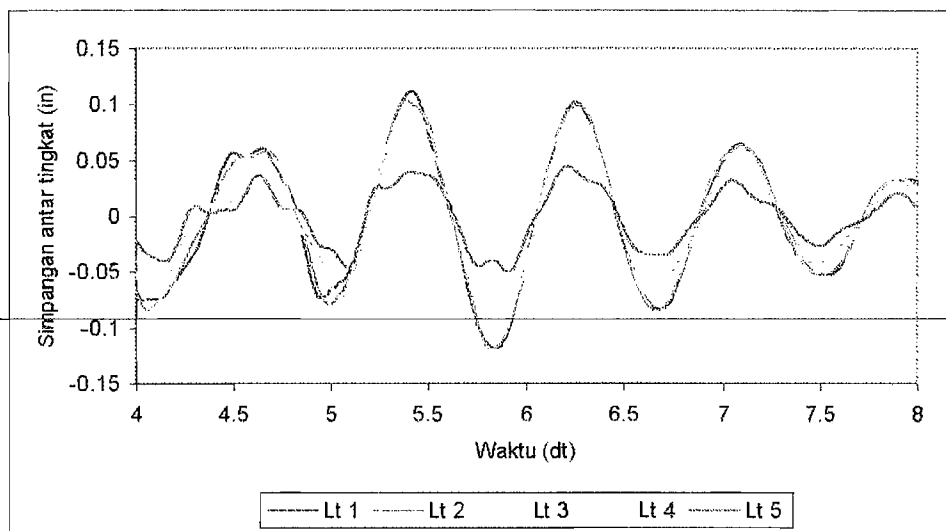


b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.10 Simpangan antar tingkat struktur tipe 1 (tanpa variasi)

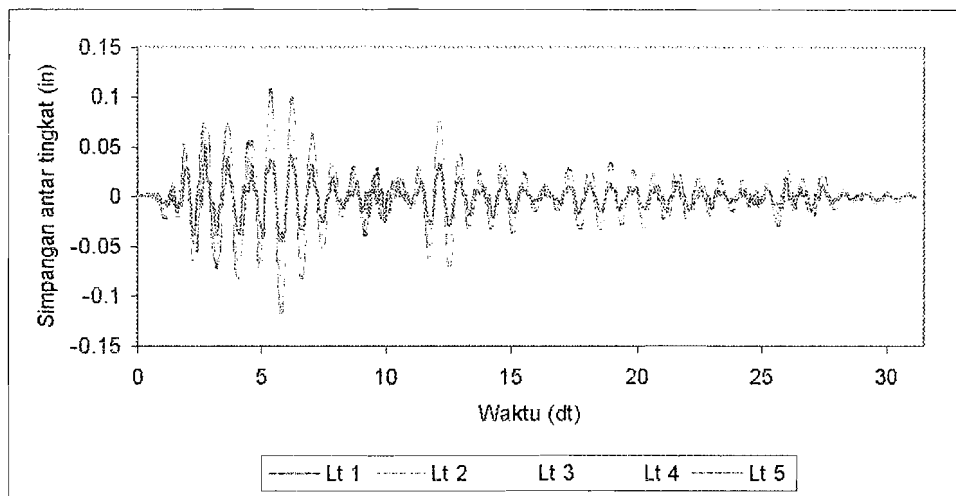


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

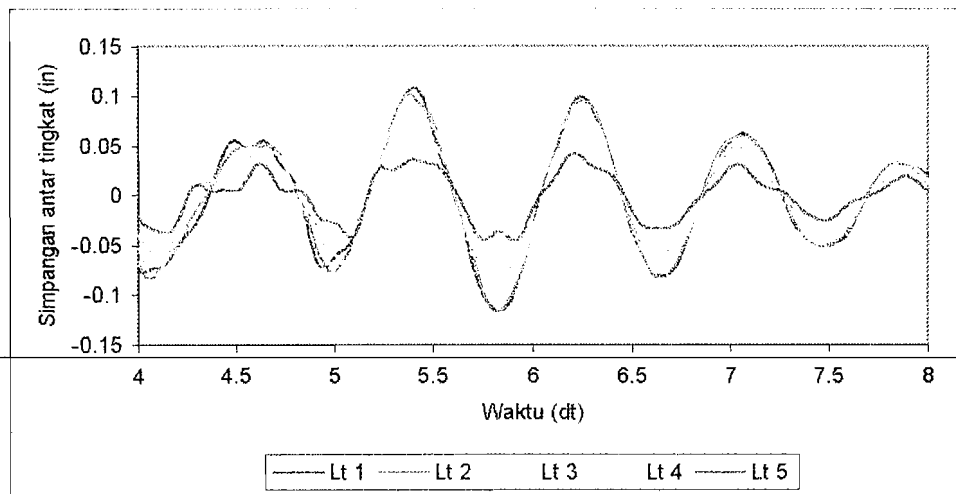


b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.11 Simpangan antar tingkat struktur tipe 2

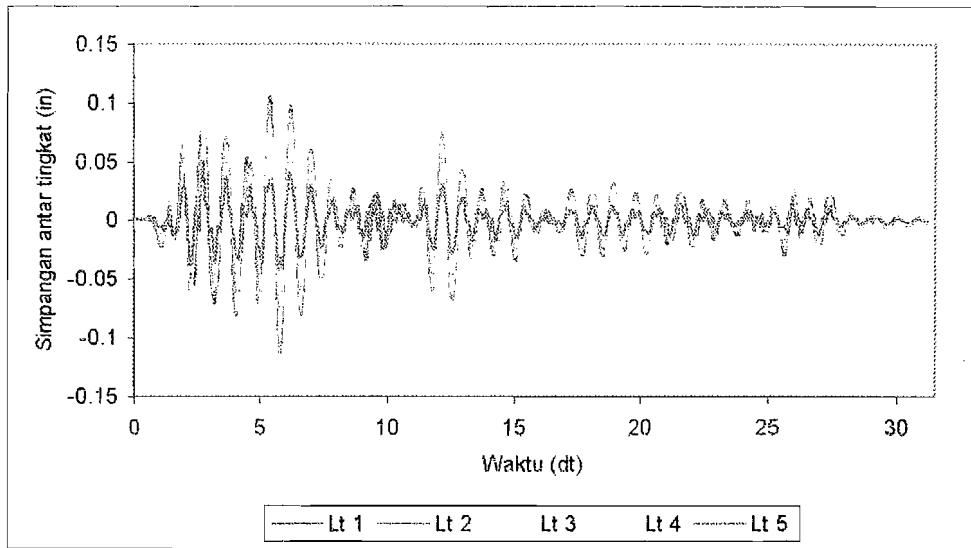


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

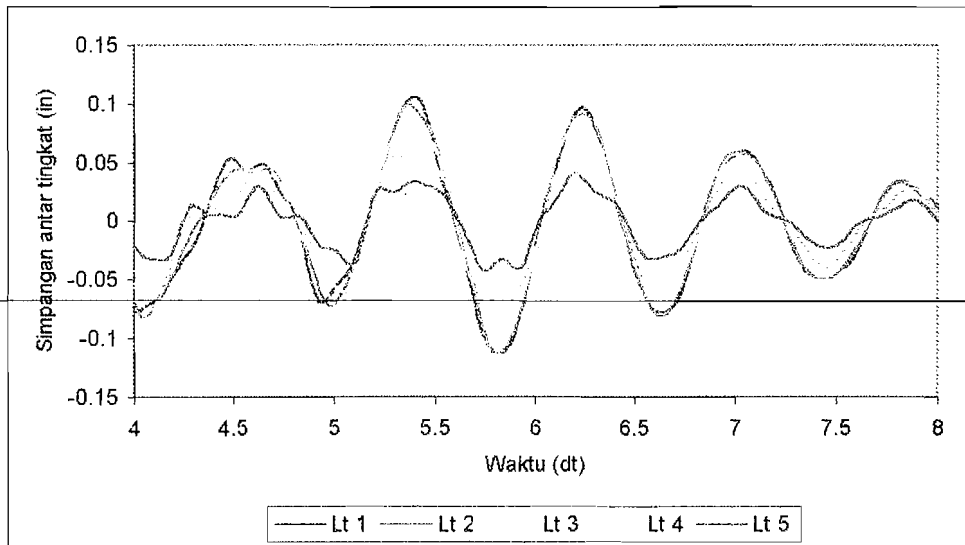


b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.12 Simpangan antar tingkat struktur tipe 3

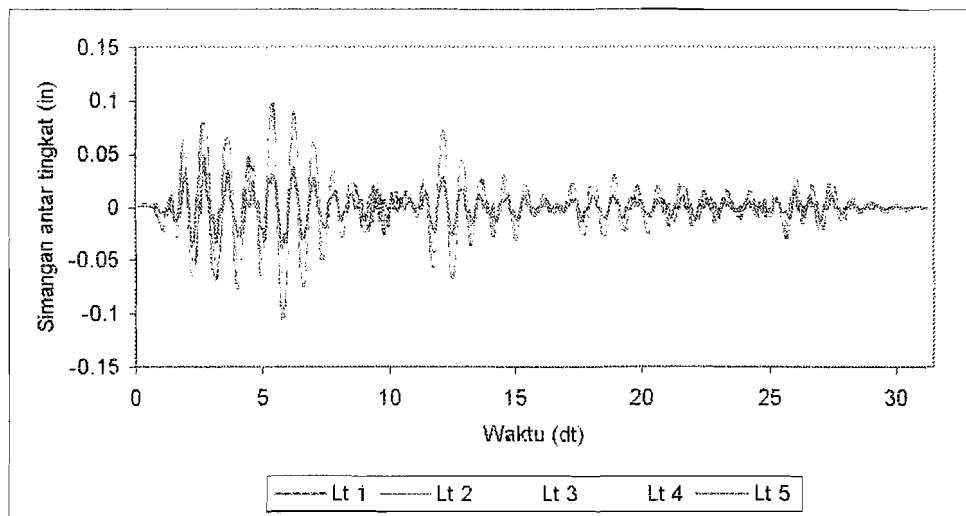


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

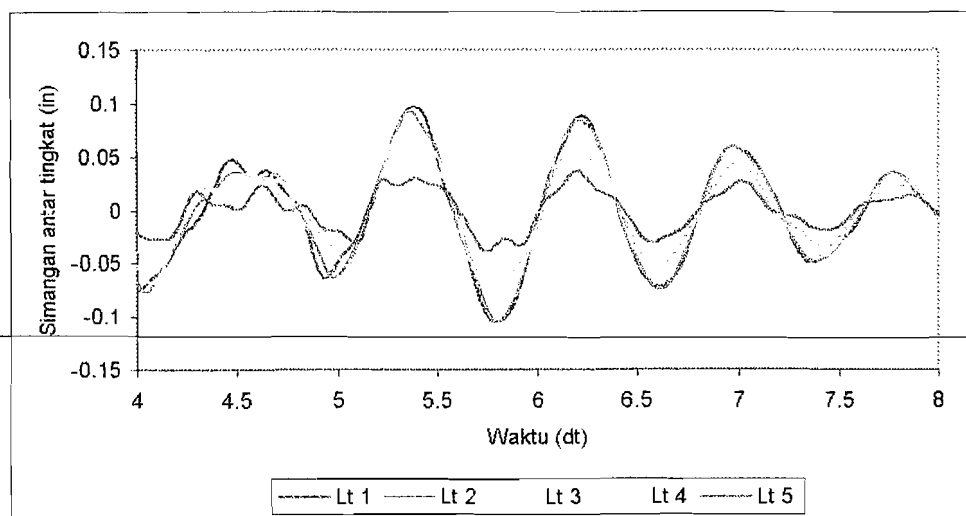


b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.13 Simpangan antar tingkat struktur tipe 4

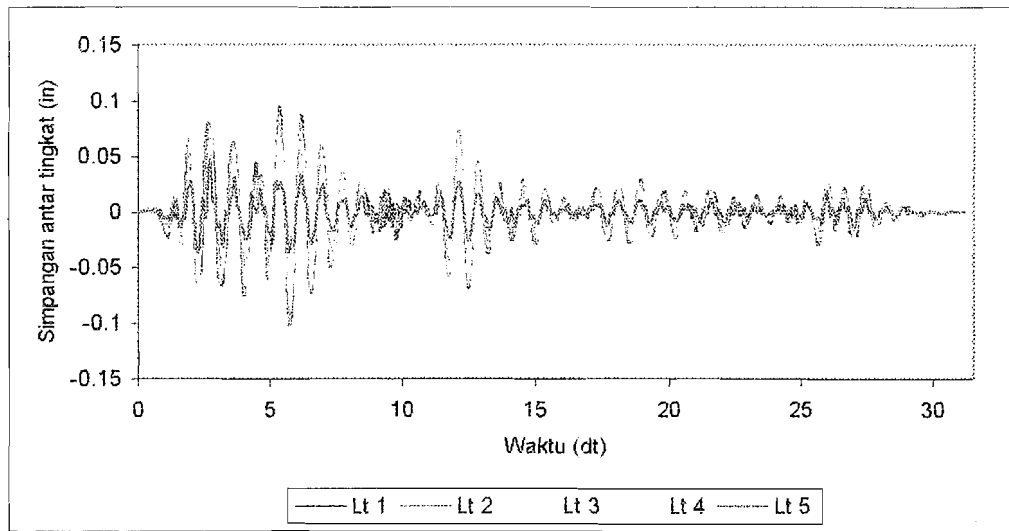


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

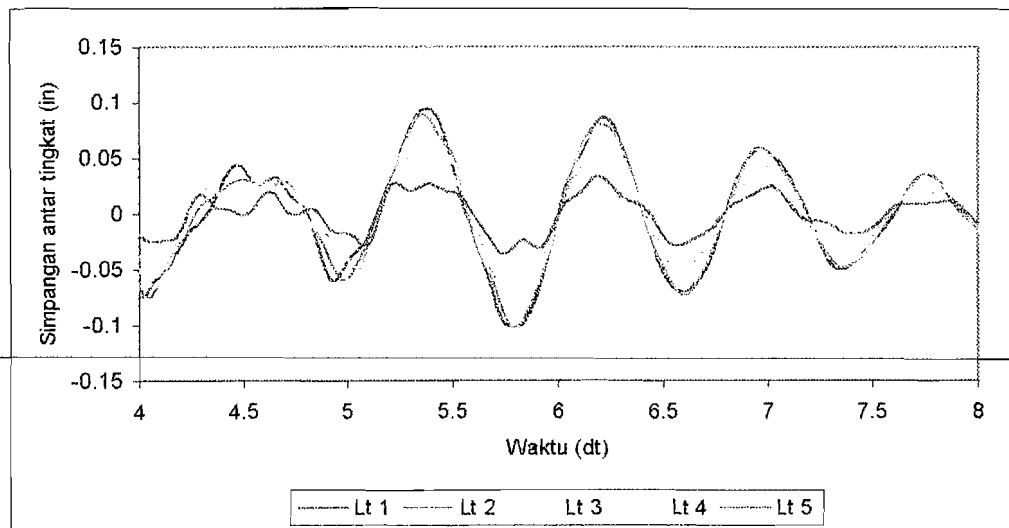


c) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.13 Simpangan antar tingkat struktur tipe 5

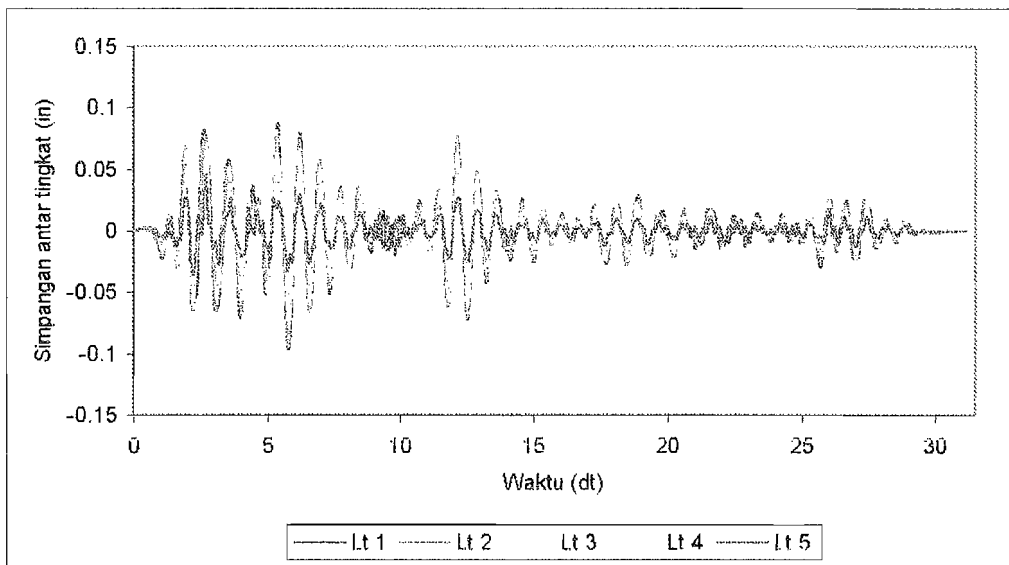


a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt

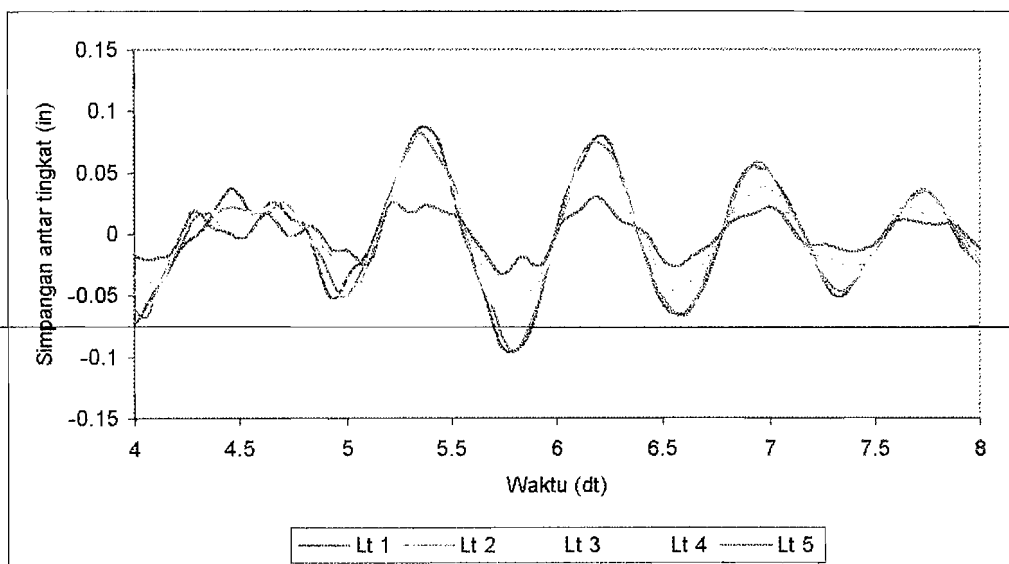


b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.14 Simpangan antar tingkat struktur tipe 6



a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt



b) Interval waktu 4 dt s/d 8 dt

Gambar 5.15 Simpangan antar tingkat struktur tipe 7

5.6 Perhitungan Gaya Geser Dasar

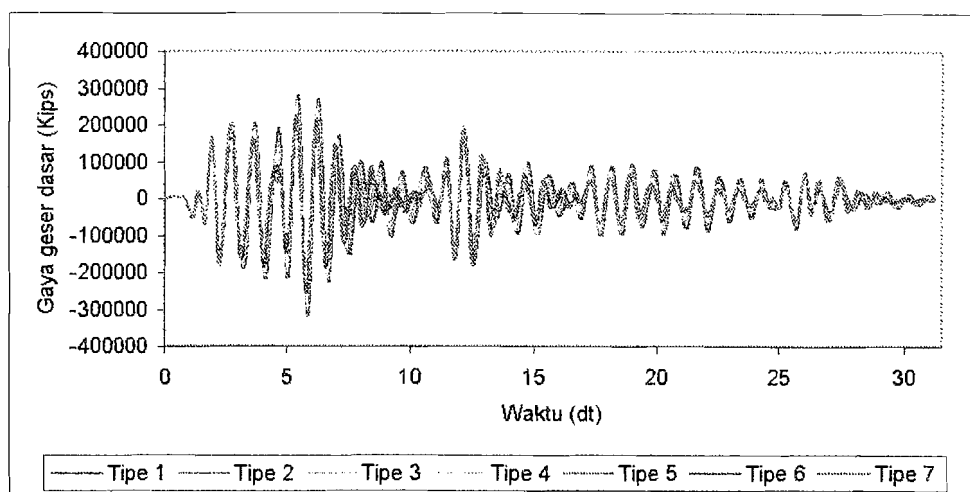
Gaya geser dasar adalah penjumlahan dari gaya lantai teratas sampai terbawah tetapi arahnya berlawanan dengan gaya lantai. Gaya lantai (F) merupakan perkalian antara simpangan tingkat lantai (y) dengan kekakuan (k) tiap tingkatnya.

$$F_i(t) = y_i(t) k_i \quad (5.7)$$

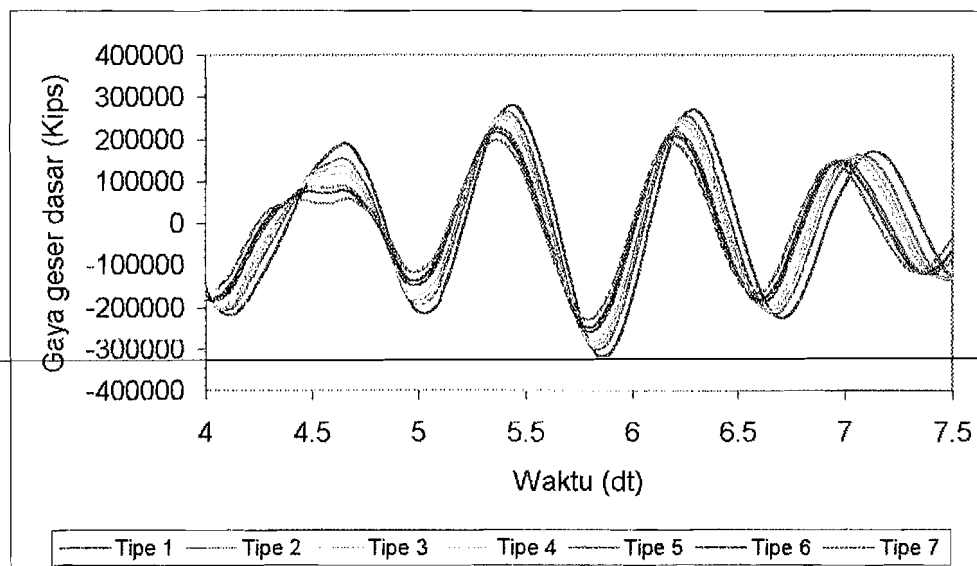
Gaya geser dasar (V) dapat dihitung dengan rumus:

$$V(t) = - \sum_{i=1}^n F_i(t) \quad (5.8)$$

Contoh perhitungan gaya lantai dan gaya geser dasar disajikan pada Lampiran 12 (Tabel L.5). Hasil gaya geser dasar untuk ketujuh tipe pembebanan akibat gempa El Centro diplot kedalam Gambar 5.17.



a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt



b) Interval waktu 4 dt s/d 7.5 dt

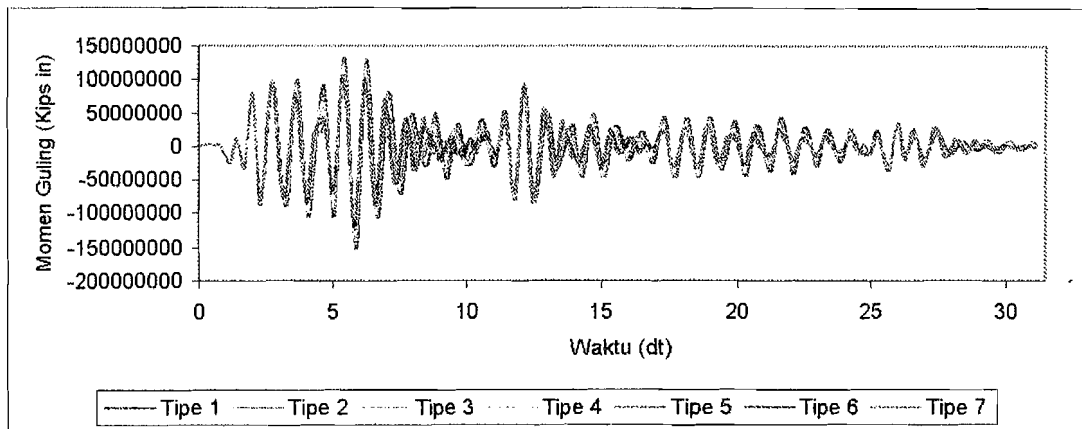
Gambar 5.17 Grafik gaya geser dasar

5.7 Perhitungan Momen Guling

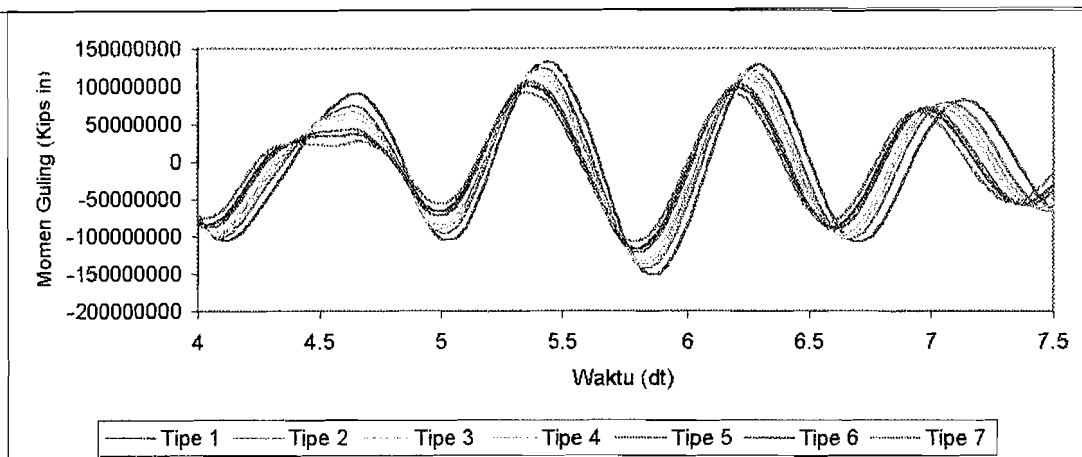
Momen guling (M_g) merupakan penjumlahan dari perkalian antara gaya lantai (F) dengan elevasi tingkat (h) dengan rumus:

$$M_g(t) = \sum_{i=1}^n F_i(t)h_j \quad (5.9)$$

contoh perhitungan momen guling dapat dilihat pada Lampiran 13 (Tabel L.6). Hasil momen guling akibat gempa El Centro untuk ketujuh tipe pembebanan disajikan pada Gambar 5.18.



a) Interval waktu 0 dt s/d 31.5 dt



b) Interval waktu 4 dt s/d 7.5 dt

Gambar 5.18 Grafik momen guling

5.8 Pembahasan

Getaran gempa yang terjadi pada suatu struktur akan menyebabkan struktur bergoyang. Jumlah tingkat suatu struktur akan menentukan banyaknya pola goyangan (*mode shape*) yang terjadi akibat getaran gempa. Pola goyangan ini diurutkan dari yang paling besar kontribusinya sampai yang terkecil terhadap simpangan struktur.

Distribusi massa secara vertikal menjadi salah satu aspek yang menentukan perilaku struktur akibat getaran gempa. Suatu struktur bangunan gedung bertingkat yang mempunyai massa lantai tidak terdistribusi secara merata akan berbahaya bila mendapat getaran gempa. Secara sederhana dapat dibayangkan bahwa sebaiknya semakin keatas massa tingkat semakin kecil, hal ini agar gaya geser tingkat menjadi semakin kecil, sehingga momen guling terhadap dasar menjadi kecil dan jangan sebaliknya. Salah satu contoh yang baik adalah bangunan candi atau piramid.

Hasil-hasil yang diperoleh dari analisis numerik untuk setiap model pembebanan diambil nilai-nilai maksimum untuk setiap respon struktur yang kemudian dibandingkan dengan respon maksimum model pembebanan Tipe 1.

Prosentase penurunan respon maksimum yang terjadi kemudian dianalisis dalam bentuk regresi linier dengan persamaan $y = a + bx$ dan regresi non linier dengan persamaan $y = a + bx + x^2$ dengan koefisien korelasi r . Koefisien korelasi r menyatakan hubungan fungsional dari variabel-variabel yang dipakai, dalam hal ini x dan y . Bila $r=0$ atau mendekati 0, maka hubungan antara kedua variabel sangat lemah atau tidak terdapat hubungan sama sekali. Bila $r = +1$ atau mendekati 1, maka korelasi antara 2 variabel dikatakan positif (searah, dengan kata lain kenaikan/penurunan nilai-nilai y terjadi bersama-sama dengan kenaikan/penurunan

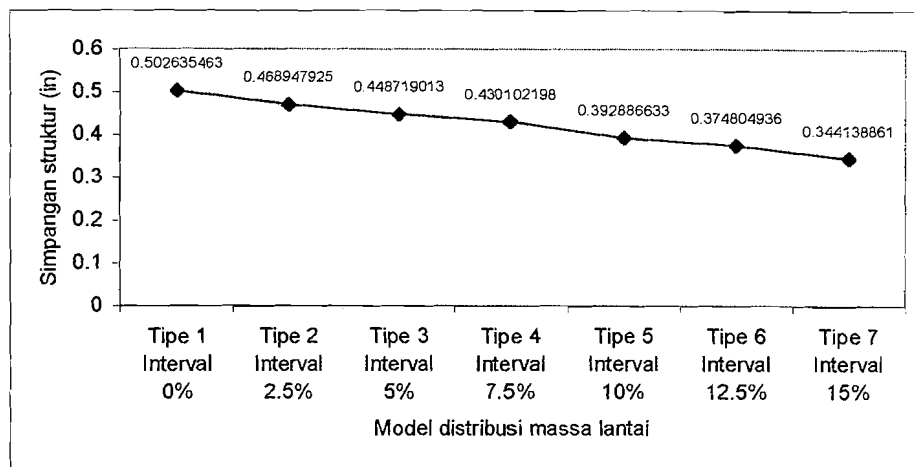
nilai x) dan kuat sekali. Bila $r = -1$ atau mendekati -1 , maka korelasinya dikatakan sangat kuat dan negatif (kenaikkan nilai-nilai x terjadi bersama-sama dengan penurunan nilai y atau sebaliknya).

5.8.1 Simpangan Struktur

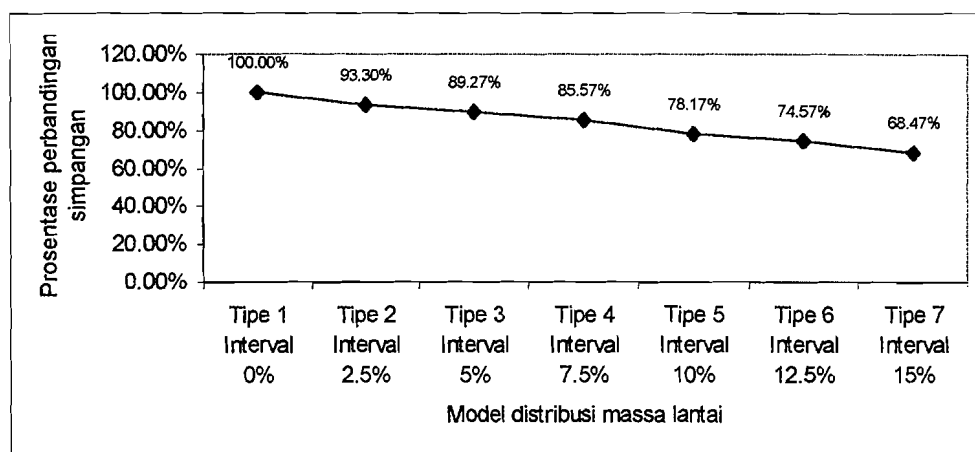
Simpangan struktur merupakan simpangan terjauh ketika struktur bergoyang yang biasanya dipengaruhi mode-1 goyangan. Besarnya simpangan struktur dipengaruhi oleh pola pembebanan struktur. Simpangan struktur maksimum yang didapat dari perhitungan numerik dan prosentase pengurangan simpangan maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 disajikan pada Tabel 5.1 dan diplotkan pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20. Dari prosentase penurunan simpangan maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasnya dengan *regression formula* baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 50 (Tabel L.43 dan Gambar L.2) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.21.

Tabel 5.1 Simpangan maksimum struktur

Model Pembebanan Struktur	Simpangan maksimum Struktur (in)	Prosentase perbandingan
Tipe 1 Interval 0%	0.5026355	100.00%
Tipe 2 Interval 2.5%	0.4689479	93.30%
Tipe 3 Interval 5%	0.448719	89.27%
Tipe 4 Interval 7.5%	0.4301022	85.57%
Tipe 5 Interval 10%	0.3928866	78.17%
Tipe 6 Interval 12.5%	0.3748049	74.57%
Tipe 7 Interval 15%	0.3441389	68.47%



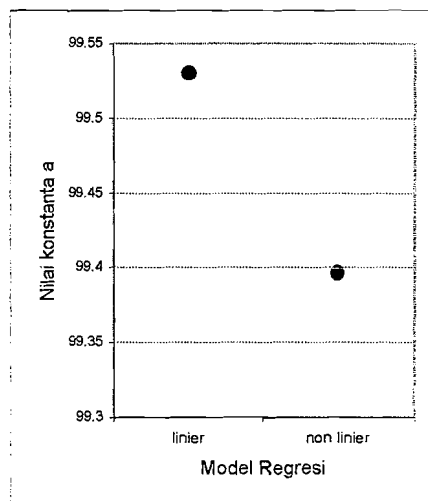
Gambar 5.19 Grafik simpangan maksimum struktur



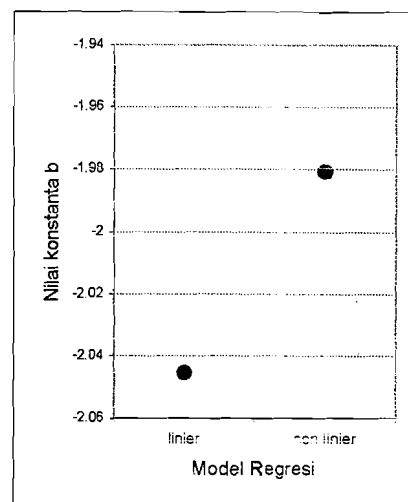
Gambar 5.20 Grafik prosentase perbandingan besar simpangan model-model distribusi massa terhadap Tipe 1

Tabel 5.2 Konstanta regresi

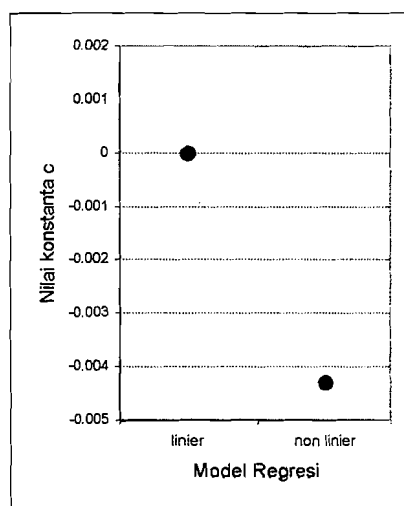
	a	b	c
Linier	99.53084	-2.04524	0
Non linier	99.3964	-1.9807	-0.0043



a) Grafik nilai konstanta a



b) Grafik nilai koefisien regresi b

c) Grafik koefisien *linearity sensitivitas c*

Gambar 5.21 Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier simpangan maksimum struktur

Simpangan maksimum struktur dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan diplotkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20. Dari Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa struktur dengan model distribusi massa yang semakin keatas semakin kecil akan menghasilkan simpangan maksimum yang cenderung semakin kecil. Dari nilai-nilai pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.19 menunjukkan bahwa penurunan

simpangan struktur maksimum yang seiring dengan semakin mengecilnya distribusi massa lantai keatas adalah cenderung linier. Apabila grafik penurunan simpangan maksimum struktur pada Gambar 5.20 dirumuskan dalam *regression formula*, maka dari Gambar 5.21 terlihat bahwa konstanta a, b antara rumusan linier dan non linier besarnya hampir sama dan koefisien *linierity sensitivitas* c untuk regresi non linier nilainya mendekati nol (linier). Dengan hasil tersebut, penurunan simpangan maksimum struktur dapat ditulis dengan persamaan regresi linier dalam bentuk $y = 99.53084 - 2.50424 x$ dengan koefisien korelasi $r = -0.996782$. Hasil ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin kecil massa teratas semakin kecil pula simpangan strukturnya dan rujuk dengan penelitian sebelumnya (Gunadi dan Gusmadi, 1999), bahwa simpangan struktur akan mengecil ketika massa lantai bawah lebih besar dari massa lantai-lantai di atasnya.

5.8.2 Simpangan Relatif Lantai

Simpangan relatif lantai seperti terlihat pada Gambar 5.3 sampai Gambar 5.9 menunjukkan bahwa simpangan relatif lantai masih bergerak dalam satu fase dan akan semakin membesar untuk lantai yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pola goyangan struktur didominasi oleh mode pertama goyangan. Simpangan relatif lantai diambil paling maksimum dari waktu pembebanan pada semua model pembebanan dan disajikan pada Tabel 5.3 serta diplotkan pada Gambar 5.22. Prosentase penurunan simpangan relatif lantai model-model struktur terhadap Tipe 1 disajikan pada Tabel 5.4. Prosentase penurunan simpangan relatif maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasannya dengan *regresion formula* baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 53 dan

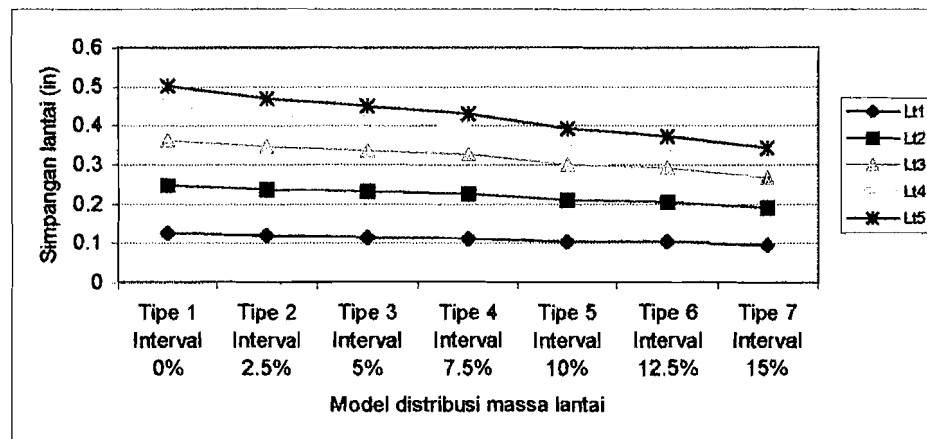
Lampiran 54. (Tabel L.46 sampai Tabel L.50) dan diplotkan pada Lampiran 59 dan Lampiran 60 (Gambar L.5 sampai Gambar L.9), kemudian hasilnya disajikan pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.23.

Tabel 5.3 Simpangan relatif lantai (in)

	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt1	0.1250488	0.118669	0.115588	0.11244	0.104791	0.102356	0.096753
Lt2	0.2486691	0.237132	0.231229	0.225309	0.210221	0.204602	0.191082
Lt3	0.3631708	0.346483	0.336517	0.32622	0.300276	0.290483	0.268437
Lt4	0.4549508	0.430062	0.413225	0.397198	0.3614	0.346435	0.31796
Lt5	0.5026355	0.468948	0.448719	0.430102	0.392887	0.374805	0.344139

Tabel 5.4 Prosentase penurunan simpangan relatif lantai model struktur terhadap Tipe 1 (%)

	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt1	100	94.89826	92.43443	89.91675	83.80021	81.85313	77.37212
Lt2	100	95.36062	92.98674	90.60587	84.5384	82.27885	76.84186
Lt3	100	95.40486	92.66071	89.82557	82.68175	79.98516	73.91484
Lt4	100	94.52932	90.82846	87.30574	79.43725	76.14788	69.88881
Lt5	100	93.29782	89.27325	85.56941	78.16532	74.56795	68.46689



Gambar 5.22 Grafik simpangan lantai

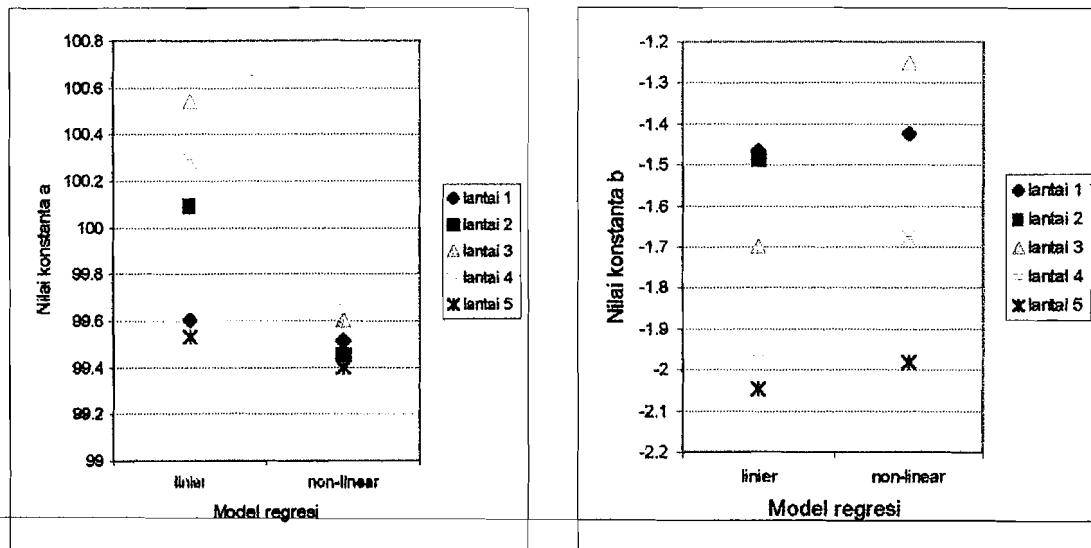
Berdasarkan Tabel 5.4 dan Gambar 5.22 dapat dibuat rumusan regresi linier dalam bentuk $y = a + bx$ dan regresi non linier dalam bentuk $y = a + bx + cx^2$ dimana

nilai-nilai konstanta a , b dan c ditabelkan dalam Tabel 5.5 dan diplotkan pada Gambar

5.23

Tabel 5.5 Konstanta regresi linier dan non linier simpangan relatif maksimum

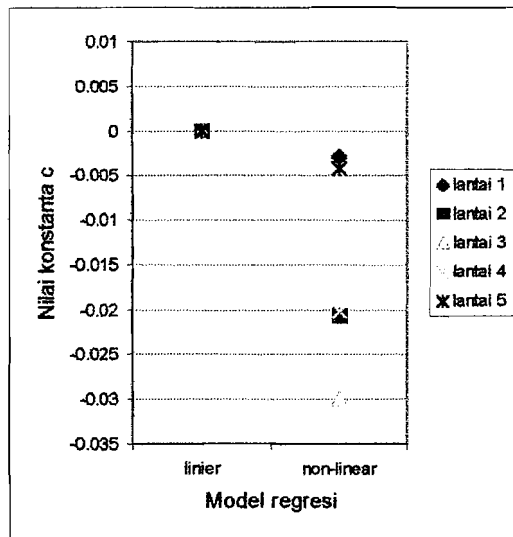
	Linier		Non linier		
	a	b	a	b	c
Lantai 1	99.60443	-1.46583	99.5145	-1.4227	-0.0029
Lantai 2	100.0967	-1.48695	99.4545	-1.1787	-0.0206
Lantai 3	100.5398	-1.70105	99.6019	-1.2509	-0.03
Lantai 4	100.2862	-1.97839	99.6566	-1.6762	-0.0201
Lantai 5	99.53084	-2.04524	99.3964	-1.9807	-0.0043



a) Grafik nilai konstanta a

b) Grafik nilai koefisien regresi b

Gambar 5.23i Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier simpangan relatif maksimum struktur



Grafik koefisien *linearity sensitivitas c*

Gambar 5.23ii Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier simpangan relatif maksimum struktur

Simpangan relatif lantai dari 7 model pembebanan struktur dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan diplotkan dalam Gambar 5.22. Dari Gambar 5.22 dan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa simpangan lantai cenderung berkurang dengan distribusi massa keatas yang semakin kecil. Pada lantai 4 dan lantai 5 simpangan relatif berkurang tajam dengan semakin kecilnya massa lantai bersangkutan. Namun pada lantai 3 yang tidak mengalami perubahan massa ternyata simpangan lantai bersangkutan juga mengalami penurunan yang cukup tajam.

Berdasarkan Gambar 5.23 dan Tabel 5.5 terlihat bahwa *konstanta a* untuk semua lantai nilainya akan cenderung tetap baik untuk linier maupun non linier. Sedangkan koefisien regresi (koefisien penurunan *b*) untuk kondisi linier nilainya akan cenderung lebih besar dari perumusan non linier. Dari grafik nilai *linearity sensitivitas c* menunjukkan bahwa lantai yang letaknya semakin mendekati lantai 0.5 tinggi struktur nilai *c*-nya akan semakin membesar (semakin non linier) dengan arah

negatif (kebawah) meskipun nilai koefisiennya relatif kecil, sehingga penurunan simpangan maksimum lantai terhadap variasi interval distribusi massa lantai yang semakin keatas semakin kecil masih dapat dikatakan linier.

5.8.3 Simpangan Antar Tingkat

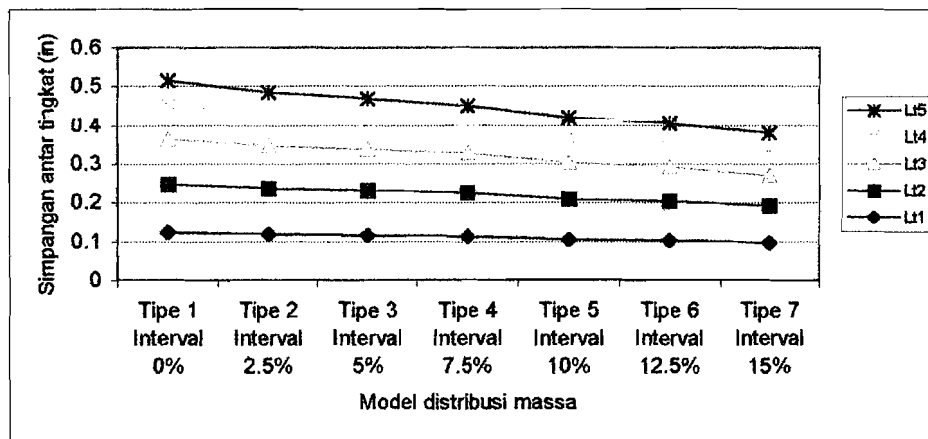
Simpangan antar tingkat merupakan selisih antara simpangan relatif suatu lantai dengan simpangan relatif lantai dibawahnya. Simpangan antar tingkat maksimum model struktur yang didapat dari perhitungan numerik disajikan pada Tabel 5.6 dan diplotkan pada Gambar 5.24. Perbandingan antara hasil maksimum simpangan antar tingkat model-model struktur terhadap Tipe 1 disajikan pada Tabel 5.7. Prosentase penurunan simpangan antar tingkat maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasannya dengan *regresion formula* baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 55 dan Lampiran 56. (Tabel L.51 sampai Tabel L.55) dan diplotkan pada Lampiran 61 dan Lampiran 62 (Gambar L.10 sampai Gambar L.14), kemudian hasilnya disajikan pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.25. Pembahasan tentang simpangan antar tingkat akibat variasi massa lantai dapat diuraikan sebagai berikut.

Tabel 5.6 Simpangan antar tingkat maksimum struktur (in)

	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt1	0.125049	0.118669	0.115588	0.11244	0.104791	0.102356	0.096753
Lt2	0.12362	0.118556	0.11617	0.112869	0.10543	0.102246	0.09518
Lt3	0.114502	0.10935	0.105287	0.100911	0.091374	0.086065	0.078069
Lt4	0.09178	0.083947	0.078165	0.072307	0.067168	0.066158	0.065822
Lt5	0.058536	0.053182	0.052054	0.050748	0.049106	0.047269	0.044939

Tabel 5.7 Prosentase penurunan simpangan antar tingkat maksimum model struktur terhadap Tipe 1 (%)

	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt1	100	94.89826	92.43443	89.91675	83.80021	81.85313	77.37212
Lt2	100	95.90361	93.97284	91.30295	85.28513	82.70949	76.99376
Lt3	100	95.50096	91.95264	88.13097	79.80166	75.16501	68.18152
Lt4	100	91.4652	85.16552	78.78329	73.18403	72.0836	71.71753
Lt5	100	90.85308	88.92612	86.69517	83.88958	80.75148	76.77079

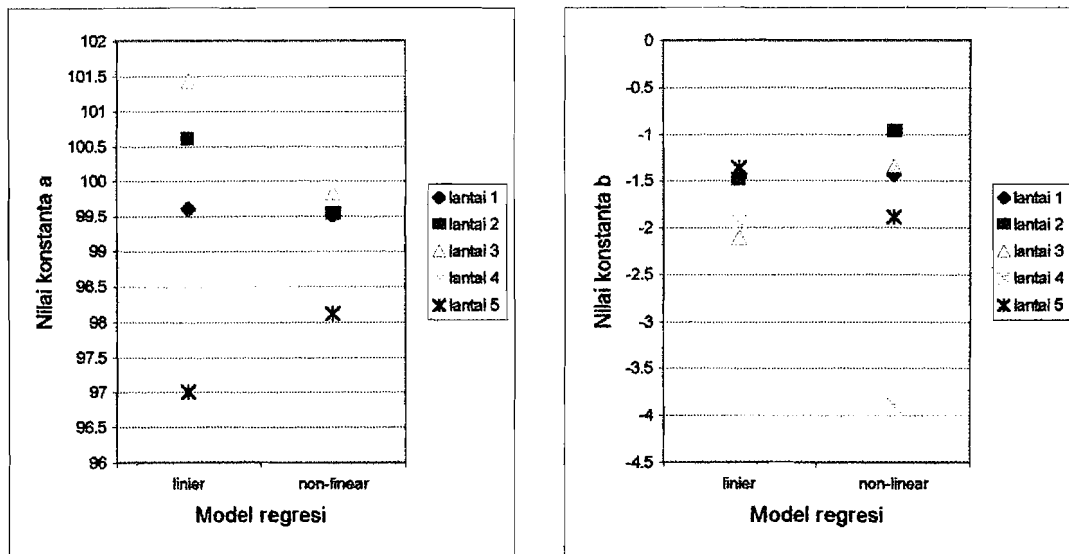


Gambar 5.24 Grafik simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat struktur akan semakin berkurang dengan semakin besarnya prosentase interval distribusi massa lantai sehingga semakin kecil massa lantai atas, simpangan antar tingkatnya juga akan semakin kecil. Berdasarkan Tabel 5.7 dan Gambar 5.22 dapat dibuat rumusan regresi linier dalam bentuk $y = a + bx$ dan regresi non linier dalam bentuk $y = a + bx + cx^2$ dimana nilai-nilai konstanta a, b dan c ditabelkan dalam Tabel 5.8 dan diplotkan pada Gambar 5.25.

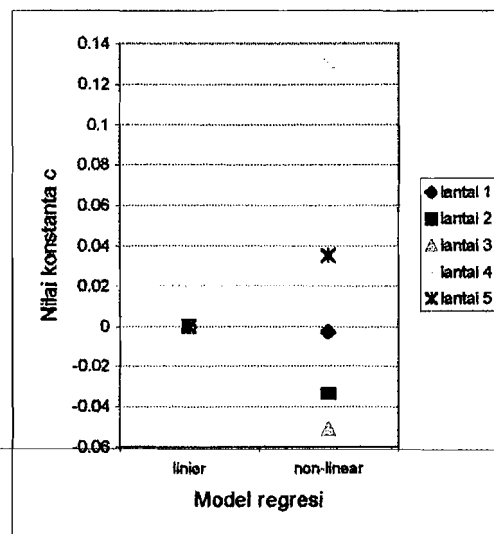
Tabel 5.8 Konstanta regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat

	Linier		Non linier		
	a	b	a	b	c
Lantai 1	99.60443	-1.46583	99.5145	-1.4227	-0.0029
Lantai 2	100.6055	-1.48707	99.5331	-0.9723	-0.0343
Lantai 3	101.4202	-2.11826	99.8203	-1.3503	-0.0512
Lantai 4	96.29904	-1.93703	100.3708	-3.8915	0.1303
Lantai 5	97.01168	-1.35611	98.1204	-1.8883	0.0355



a) Grafik nilai konstanta a

b) Grafik nilai koefisien regresi b

c) Grafik koefisien *linearity sensitivitas c*

Gambar 5.25 Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat maksimum struktur

Berdasarkan Gambar 5.25 dan Tabel 5.8 terlihat bahwa *konstanta a* untuk semua lantai nilainya akan cenderung tetap baik untuk linier maupun non linier. Sedangkan koefisien regresi (koefisien penurunan *b*) untuk lantai 1,2,3 untuk perumusan regresi non linier nilainya akan cenderung lebih kecil dari perumusan

regresi linier namun untuk lantai 5 nilainya akan lebih besar dan akan semakin membesar pada lantai 4. Dari grafik nilai *linearity sensitivitas c* menunjukkan bahwa lantai 4 mempunyai nilai *c* terbesar yaitu 0.1303 yang menunjukkan bahwa prosentase penurunan lantai 4 cenderung non linier. Sedangkan pada lantai 1,2,3 dan 5 koefisien nilai *c*-nya cenderung mendekati nol hal ini membuktikan bahwa prosentase penurunan respon simpangan antar tingkat lantai 1 dan 2 adalah linier dan cenderung konstan.

5.8.4 Gaya Horisontal Lantai

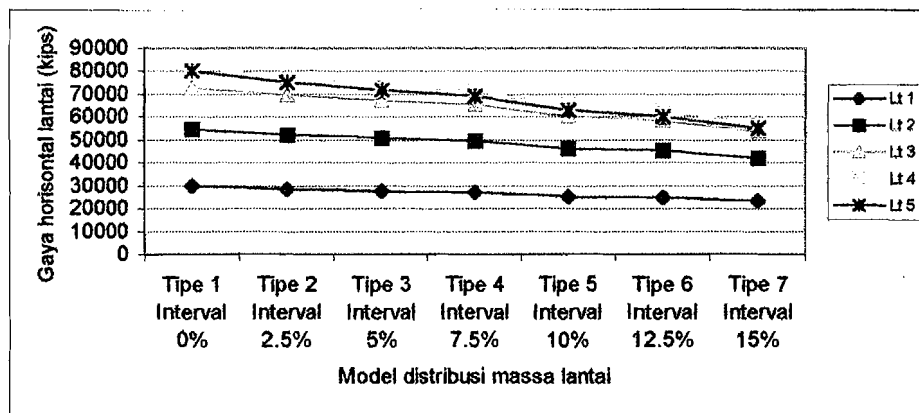
Gaya horisontal lantai adalah gaya geser yang terjadi pada lantai. Gaya horisontal lantai maksimum dari perhitungan numerik disajikan pada Tabel 5.9 dan diplotkan pada Gambar 5.26. Sedangkan perbandingan antara gaya horisontal lantai model-model struktur terhadap Tipe 1 disajikan pada Tabel 5.10. Prosentase penurunan simpangan relatif maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasannya dengan *regresion formula* baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 57 dan Lampiran 58. (Tabel L.56 sampai Tabel L.60) dan diplotkan pada Lampiran 63 dan Lampiran 64 (Gambar L.15 sampai Gambar L.19), kemudian hasilnya disajikan pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.27. Pembahasan tentang gaya horisontal lantai adalah sebagai berikut.

Tabel 5.9 Gaya horisontal lantai (kips)

	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt 1	30011.714	28480.59	27741.16	26985.56	25149.88	24565.53	23220.7
Lt 2	54707.209	52169.13	50870.45	49567.94	46248.6	45012.46	42038.04
Lt 3	72634.165	69296.53	67303.33	65244.06	60055.2	58096.56	53687.43
Lt 4	81891.145	77411.14	74380.46	71495.67	65052.07	62358.38	57232.75
Lt 5	80421.674	75031.67	71795.04	68816.35	62861.86	59968.79	55062.22

Tabel 5.10 Prosentase penurunan gaya horisontal lantai maksimum model struktur terhadap Tipe 1 (%)

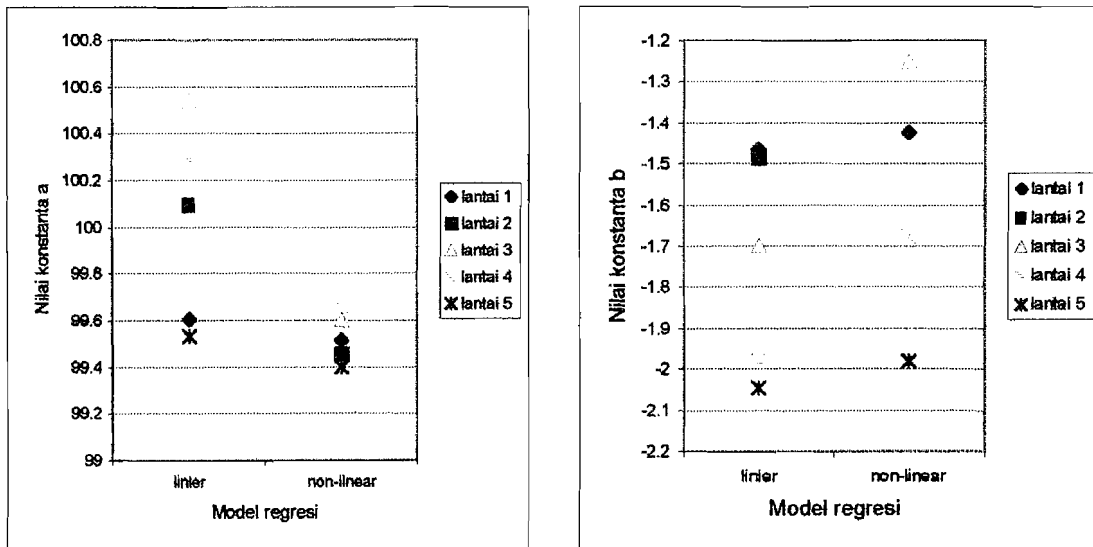
	Tipe 1 Interval 0%	Tipe 2 Interval 2.5%	Tipe 3 Interval 5%	Tipe 4 Interval 7.5%	Tipe 5 Interval 10%	Tipe 6 Interval 12.5%	Tipe 7 Interval 15%
Lt 1	100	94.89826	92.43443	89.91675	83.80021	81.85313	77.37212
Lt 2	100	95.36062	92.98674	90.60587	84.5384	82.27885	76.84186
Lt 3	100	95.40486	92.66071	89.82557	82.68175	79.98516	73.91484
Lt 4	100	94.52932	90.82846	87.30574	79.43725	76.14788	69.88881
Lt 5	100	93.29782	89.27325	85.56941	78.16532	74.56795	68.46689



Gambar 5.26 Grafik gaya horisontal lantai

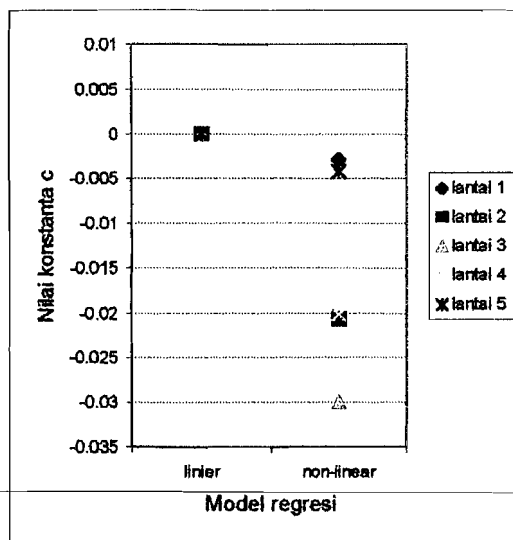
Tabel 5.11 Konstanta regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai maksimum

	Linier		Non linier		
	a	b	a	b	c
Lantai 1	99.60443	-1.46583	99.5145	-1.4227	-0.0029
Lantai 2	100.0967	-1.48695	99.4545	-1.1787	-0.0206
Lantai 3	100.5398	-1.70105	99.6019	-1.2509	-0.03
Lantai 4	100.2862	-1.97839	99.6566	-1.6762	-0.0201
Lantai 5	99.53084	-2.04524	99.3964	-1.9807	-0.0043



a) Grafik nilai konstanta a

b) Grafik nilai koefisien regresi b

c) Grafik koefisien *linearity sensitivitas* c

Gambar 5.27 Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai maksimum struktur

Gambar 5.26 grafik gaya horisontal lantai menunjukkan bahwa gaya horisontal lantai akan semakin kecil dengan semakin kecilnya massa lantai bersangkutan. Gaya horisontal lantai 5 nilainya lebih kecil dari gaya horisontal lantai 4. Gaya horisontal lantai 3, 4 dan 5 berkurang cukup besar dengan distribusi massa

semakin keatas semakin kecil. Meskipun massa lantai 1 dan lantai 2 bertambah, tetapi gaya horisontal lantai pada lantai 1 dan lantai 2 juga mengalami penurunan walaupun tidak sebesar pada lantai-lantai di atasnya. Besarnya gaya horisontal lantai sangat mempengaruhi besarnya gaya geser dasar suatu struktur karena semakin besar gaya geser dasar yang ditahan akan semakin besar pula gaya horisontal lantai yang terjadi.

Penurunan gaya horisontal lantai maksimum paralel dengan penurunan simpangan lantai maksimum. Berdasarkan Gambar 5.27 dan Tabel 5.11 terlihat bahwa *konstanta a* untuk semua lantai nilainya akan cenderung tetap baik untuk linier maupun non linier. Sedangkan koefisien regresi (koefisien penurunan *b*) untuk kondisi linier nilainya akan cenderung lebih besar dari perumusan non linier. Dari grafik nilai *linearity sensitivitas c* menunjukkan bahwa lantai yang letaknya semakin mendekati 0.5 tinggi nilai *c*-nya akan semakin membesar (semakin non linier) dengan arah negatif (keawah) meskipun nilai koefisiennya relatif kecil, sehingga penurunan gaya horisontal lantai maksimum lantai terhadap variasi interval distribusi massa lantai yang semakin keatas semakin kecil masih dapat dikatakan linier.

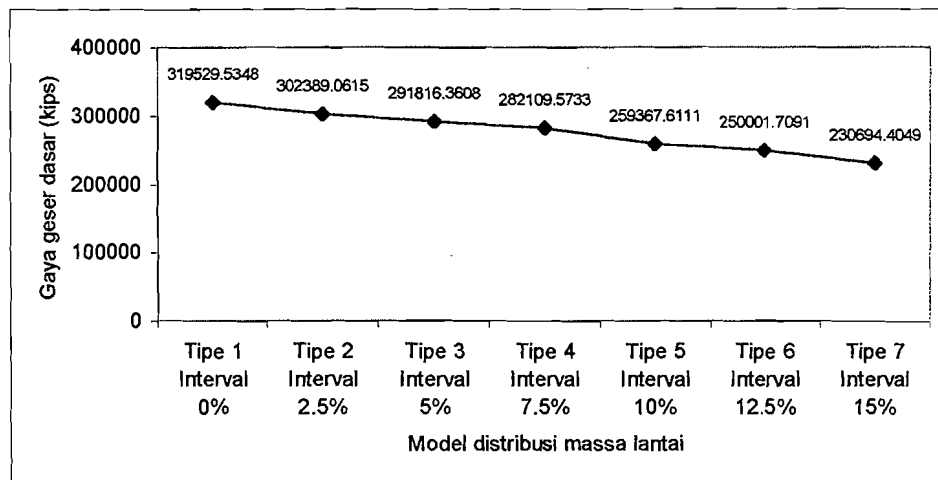
5.8.5 Gaya Geser Dasar

Besarnya gaya geser dasar merupakan penjumlahan dari gaya horisontal lantai akan tetapi arahnya berlawanan dengan gaya horisontal lantai. Gaya geser dasar maksimum dari perhitungan numerik disajikan pada Tabel 5.12 dan diplotkan pada Gambar 5.28 dan Gambar 5.29. Prosentase penurunan gaya geser maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasannya dengan

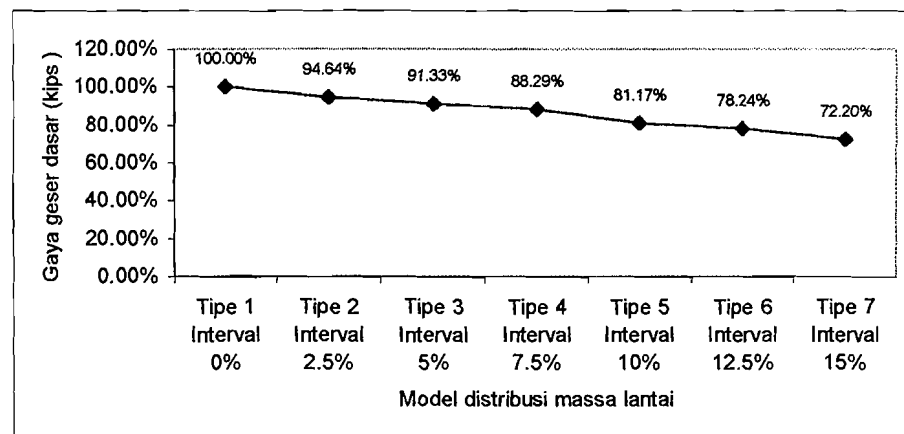
regression formula baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 51 (Tabel L.44 dan Gambar L.3) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.30.

Tabel 5.12 Gaya geser dasar maksimum

Model Pembebanan Struktur	Gaya geser Dasar (kips)	Prosentase perbandingan
Tipe 1 Interval 0%	319529.53	100.00%
Tipe 2 Interval 2.5%	302389.06	94.64%
Tipe 3 Interval 5%	291816.36	91.33%
Tipe 4 Interval 7.5%	282109.57	88.29%
Tipe 5 Interval 10%	259367.61	81.17%
Tipe 6 Interval 12.5%	250001.71	78.24%
Tipe 7 Interval 15%	230694.4	72.20%



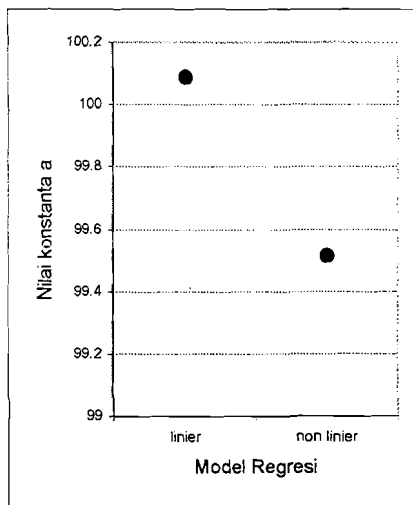
Gambar 5.28 Grafik gaya geser dasar maksimum



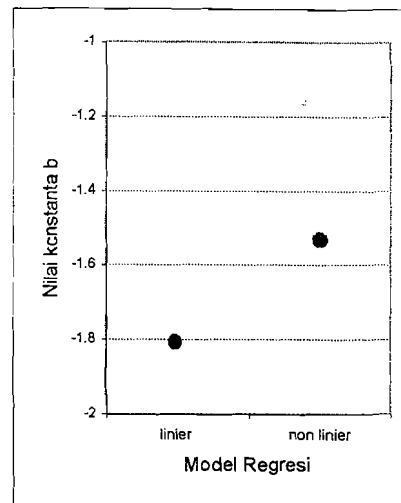
Gambar 5.29 Grafik prosentase perbandingan besar gaya geser dasar model-model distribusi massa lantai terhadap tipe 1

Tabel 5.13 Konstanta regesi gaya geser dasar maksimum

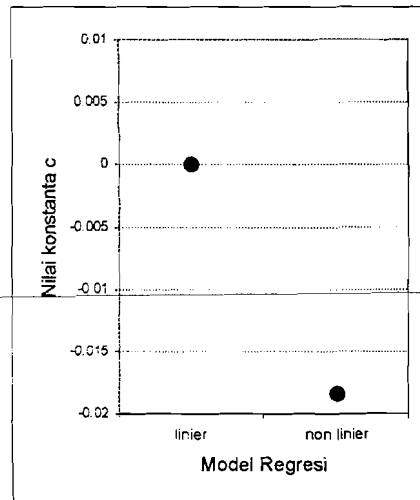
	a	b	c
Linier	100.0893	-1.80501	0
Non linier	99.5143	-1.529	-0.0184



a) Grfik nilai konstanta a



b) Grafik nilai koefisien regresi b

c) Grafik nilai *linearity sensitivitas c*

Gambar 5.30 Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier gaya geser dasar maksimum

Dari Gambar 5.29 terlihat bahwa pengurangan gaya geser dasar terlihat tajam pada pembebanan Tipe 5. Gaya geser dasar akan semakin kecil seiring dengan

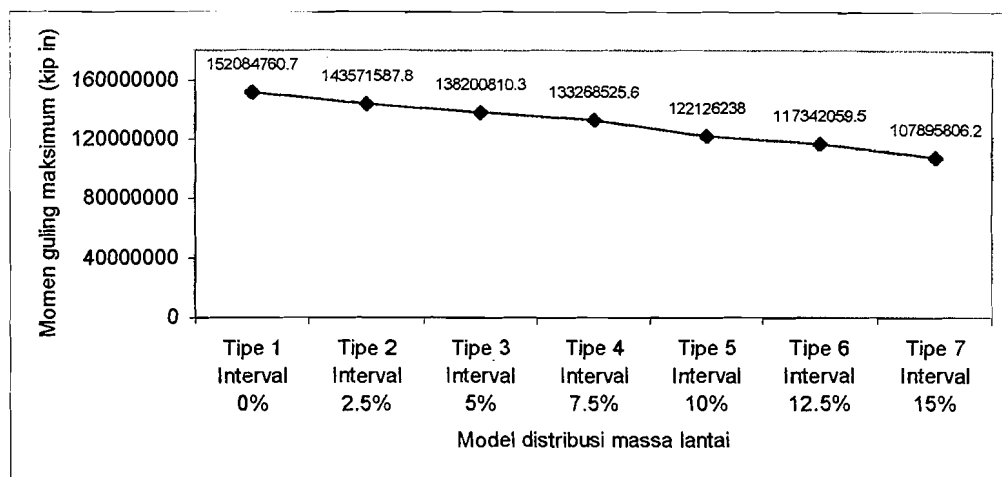
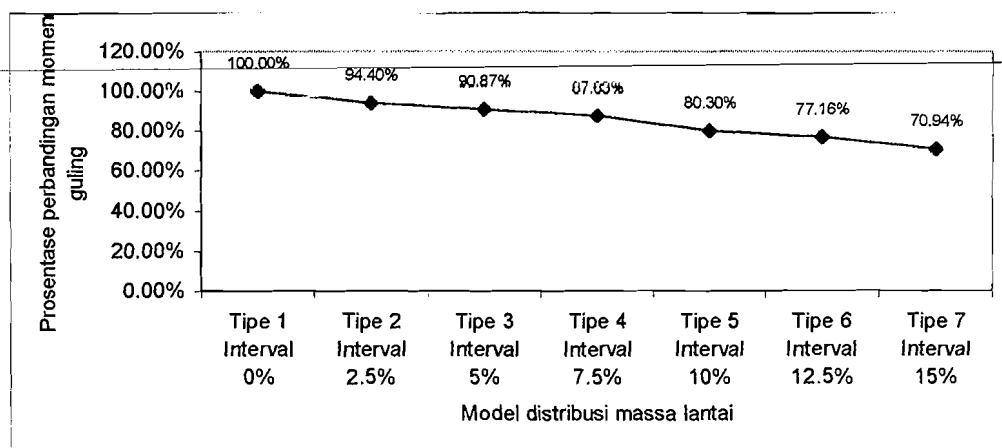
pembebanan lantai keatas yang semakin kecil. Dari Gambar 5.30 dan Tabel 5.13 dapat diketahui bahwa koefisien *linearity sensitivitas c* nilainya mendekati nol, sehingga pola penurunan gaya geser dasar tersebut adalah cenderung linier. Dari hasil tersebut apabila dirumuskan dengan *linear regression formula* didapatkan persamaan dalam bentuk hubungan $y = 100.0893 - 1.80501x$ dengan koefisien korelasi $r = -0.994858$ yang menunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai x , maka nilai y akan menurun. Dalam hal ini x = variasi interval distribusi massa lantai dan y = besarnya prosentase pengurangan gaya geser dasar maksimum model-model pembebanan terhadap Tipe 1. Besarnya gaya geser dasar ini dipengaruhi oleh besarnya simpangan, dimana semakin kecil simpangan maka semakin kecil gaya horisontal lantainya, sehingga gaya geser dasar yang harus ditahan juga akan semakin kecil. Perilaku ini sesuai dengan teori dimana semakin kecil massa lantai atas semakin kecil pula gaya geser dasarnya karena simpangannya juga semakin kecil.

5.8.6 Momen Guling

Momen guling dipengaruhi oleh gaya lantai dan elevasi lantai, dimana besarnya momen guling merupakan penjumlahan dari hasil kali antara gaya horisontal setiap lantai dengan elevasi lantainya. Momen guling maksimum yang didapat dari perhitungan numerik disajikan pada Tabel 5.14 dan diplotkan pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32. Prosentase penurunan momen guling maksimum model-model struktur terhadap Tipe 1 kemudian dianalisis kelinieritasannya dengan *regresion formula* baik linier dan non linier yang disajikan pada Lampiran 52 (Tabel L.45 dan Gambar L.4) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.33.

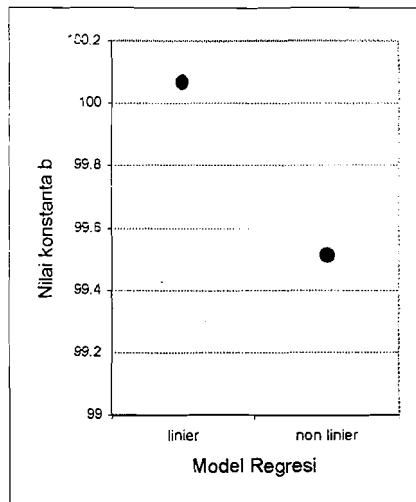
Tabel 5.14 Momen guling maksimum

Model Pembebanan Struktur	Momen Guling (kips in)	Prosentase perbandingan
Tipe 1 Interval 0%	1.52E+08	100.00%
Tipe 2 Interval 2.5%	1.44E+08	94.40%
Tipe 3 Interval 5%	1.38E+08	90.87%
Tipe 4 Interval 7.5%	1.33E+08	87.63%
Tipe 5 Interval 10%	1.22E+08	80.30%
Tipe 6 Interval 12.5%	1.17E+08	77.16%
Tipe 7 Interval 15%	1.08E+08	70.94%

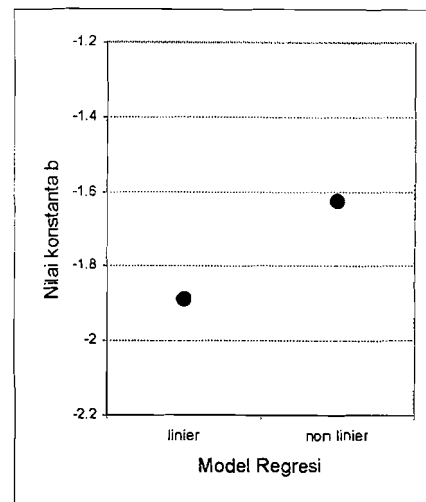
**Gambar 5.31** Grafik momen guling maksimum struktur**Gambar 5.32** Grafik prosentase perbandingan besar momen guling maksimum model-model distribusi massa terhadap tipe 1

Tabel 5.15 Konstanta regresi momen guling maksimum

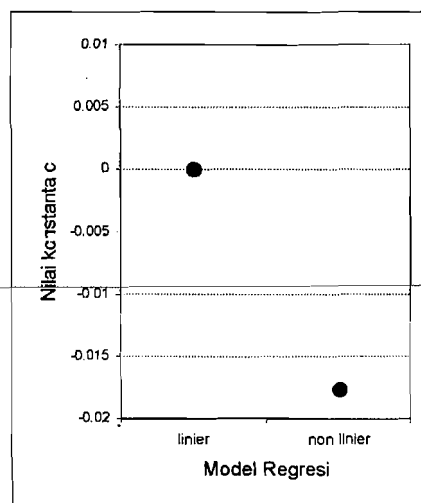
	a	b	c
Linier	100.0678	-1.88899	0
Non linier	99.5139	-1.6231	-0.0177



a) Grafik nilai konstanta a



b) Grafik nilai koefisien regresi b

c) Grafik nilai *linearity sensitivitas c*

Gambar 5.33 Grafik nilai konstanta regresi linier dan non linier momen guling maksimum

Gambar 5.31 menunjukkan bahwa momen guling maksimum akan semakin kecil dengan pembebanan massa lantai yang semakin keatas semakin kecil. Hal ini

disebabkan karena massa lantai yang semakin keatas semakin kecil akan mengakibatkan gaya horisontal lantai yang semakin kecil pula. Dengan gaya horisontal lantai yang semakin kecil, maka momen lantainya semakin kecil sehingga momen gulingnya juga semakin kecil. Pada penelitian ini terlihat pada Gambar 5.33 koefisien *linearity sensitivitas c* nilainya cenderung mendekati nol sehingga pola penurunan momen guling maksimum terhadap besarnya perubahan distribusi interval massa lantai cenderung linier. Apabila grafik pada Gambar 5.32 dirumuskan dalam *regression formula*, maka dapat diperoleh hubungan $y = 100.0678 - 1.8889 x$ dengan koefisien korelasi $r = -0.996441$. Dari hubungan tersebut dapat dikatakan bahwa pola penurunan momen guling tersebut adalah linier negatif, dimana penambahan variabel x akan menghasilkan nilai y yang menurun. Dalam hal ini x = variasi interval distribusi massa lantai dan y = besarnya prosentase pengurangan momen guling maksimum model-model pembebanan terhadap Tipe 1. Pada penelitian sebelumnya (Gunadi dan Gusmadi, 1999) justru sebaliknya dimana semakin kecil gaya geser lantai, momen lantainya justru semakin besar. Hal ini dimungkinkan oleh pengaruh pemindahan massa lantai yang tidak memperhatikan prinsip bangunan tahan gempa.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan diambil berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya yang merupakan hasil dari analisa dan kajian atau pembahasan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya dan teori-teori yang dipakai. Saran-saran yang ditulis dalam bab ini adalah sedikit dari banyaknya kekurangan-kekurangan yang ada pada penelitian ini, sehingga diharapkan ada penyempurnaan dengan penelitian yang lebih baik. Kesimpulan dan saran tentang pengaruh variasi massa tingkat terhadap simpangan, gaya geser dasar dan momen guling adalah sebagai berikut ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian numeris tentang pengaruh perubahan variasi massa lantai struktur terhadap simpangan, gaya geser dasar dan momen guling pada gedung bertingkat lima dengan getaran gempa berupa riwayat waktu (El Centro, 1940) adalah sebagai berikut.

1. Penurunan respon maksimum struktur (simpangan, gaya horisontal lantai, gaya geser dasar dan momen guling) yang terjadi akibat variasi distribusi massa yang

semakin keatas semakin kecil dengan menggunakan beban gempa berupa riwayat waktu cenderung linier, sehingga dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan regresi linier $y = a + bx$. Untuk penurunan respon simpangan maksimum dapat ditulis dalam bentuk $y = 99.53084 - 2.50424 x$, persamaan untuk penurunan respon gaya geser dasar maksimum adalah $y = 100.0893 - 1.80501x$ dan penurunan respon momen guling maksimum dapat ditulis dalam bentuk persamaan $y = 100.0678 - 1.8889 x$.

2. Simpangan antar tingkat cenderung semakin kecil dengan semakin mengecilnya massa lantai keatas dan pola penurunannya adalah linier untuk lantai 1,2,3,5 dan cenderung non linier untuk lantai 4. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada pembebanan tipe 1 dimana interval variasi distribusi massa lantainya 0% dan terkecil pada pembebanan tipe 7 dimana interval variasi distribusi massa lantainya 15%.
3. Tingkat-tingkat atas struktur lebih sensitif responya terhadap beban gempa.
4. Rumusan-rumusan regresi linier pada poin 1, akan berlaku hanya dan hanya jika kondisi, properti dan pembebanan struktur seperti pada penelitian ini.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya yang diharapkan bisa menyempurnakan penelitian ini. Saran-saran tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu diadakan penelitian serupa dengan menggunakan struktur asli.

2. Perlu diadakan penelitian serupa dengan perubahan variasi massa dan variasi kekakuan yang dilakukan secara bersamaan.
3. Perlu diadakan penelitian serupa dengan memperhitungkan efek *P-delta* dan *ground motion*.
4. Perlu diadakan penelitian serupa dengan menggunakan getaran gempa berupa riwayat waktu dari getaran gempa pada tiap-tiap daerah gempa di Indonesia dengan memperhitungkan efek kandungan frekuensi.
5. Perlu diadakan penelitian yang sama dengan kekakuan tingkat yang sama.
6. Perlu diadakan penelitian yang sama dan dikombinasikan dengan *soft story* pada lantai terbawah.
7. Perlu diadakan penelitian tentang hubungan linieritas respon maksimum dengan pola penurunan massa.
8. Perlu diadakan penelitian untuk membuktikan secara kuantitatif terhadap anggapan yang menyatakan bangunan dengan pembebanan semakin keatas semakin besar akan menghasilkan respon struktur yang semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg, G.V., 1988, *Elements of Structural Dynamics*, Prentice Hall, New Jersey.
- Chopra, A. K., 1995, *Dynamic of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall.
- Clough, R. W. and J. Penzien, 1992, *Dynamic of Structures*, Second Edition.
- Gusmadi, A. dan Gunadi, 1999, *Pengaruh Pemindahan Massa Lantai Terhadap Gaya Geser, Momen Guling dan Simpangan Pada Gedung Bertingkat. Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Khoir A. dan Ariffin, 2000, *Analisis Pengaruh Perubahan Kekakuan Tingkat Secara Serentak Terhadap Gaya Geser Dan Momen Guling Pada Gedung Bertingkat Banyak Dengan Beban Gempa Berupa Time History*, Tugas Akhir Program S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Paz, M. 1987, *Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan*, (Terjemahan), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Prasetyo D. dan J.W. Arminta, 2000, *Respon Seismik Struktur Beton Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa*, Tugas Akhir Program S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Sarwidi, 1999, *Diktat Kuliah Metode Numerik*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Sarwidi, 1999, *Diktat Kuliah Teknik Gempa*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Vierck, R.K., 1995, *Analisis Getaran*, Terjemahan oleh Dicky Rezady Munaf, Refika Offset, Bandung.

Widodo,1997, *Diktat Kuliah Teknik Gempa*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Widodo, 1997, *Diktat Kuliah Analisa Dinamika Struktur*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

LAMPPIRAN



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

*Program 1dl
 TA 3dl*

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	KURNIAWAN DENI R.	95 310 005		TSS
2	ADI ARGO SOEWONDO	95 310 087		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :ANALISIS PENGARUH VARIASI MASSA LANTAI.....
STRUKTUR TERHADAP SIMPANGAN, GAYA GESER DASAR DAN MOMEN.....
GULING PADA GEDUNG BERTINGKAT BANYAK DENGAN GETARAN -
GETARAN GEMPA BERRUPA TIME HISTORY.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. A. HALIM HASMAR, MT

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

1

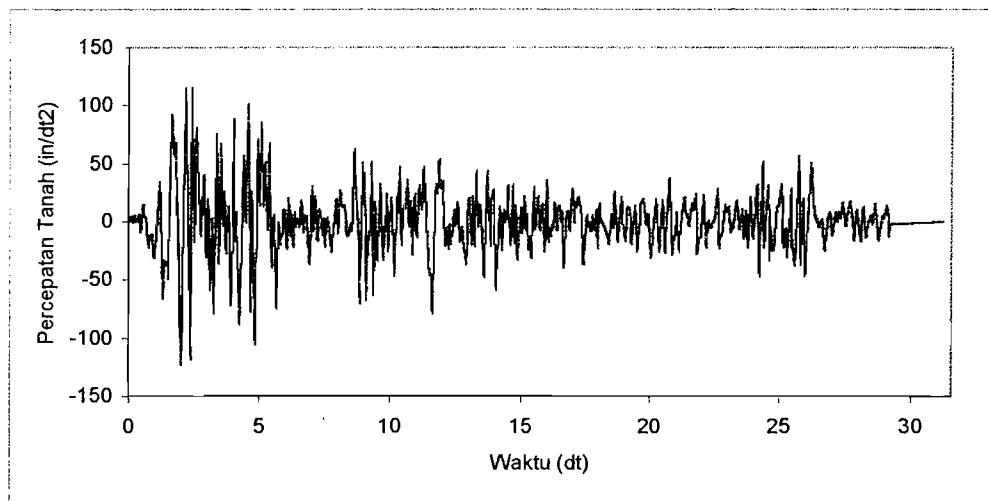


2



Yogyakarta, 16 Agustus 2000
 a/n Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H. T. ABJUDDIN B.M. ARIS, MS



Gambar L.1 Grafik percepatan tanah gempa El Centro (1940)

CONTOH PROGRAM *MATLAB* UNTUK PERHITUNGAN FREKUENSI SUDUT, *MODE SHAPE*,
FAKTOR PARTISIPASI DAN NILAI a, b, k .

```

normal;
m=[m1 0 0 0 0
  0 m2 0 0 0
  0 0 m3 0 0
  0 0 0 m4 0
  0 0 0 0 m5] %mass matrix
k=[k1+k2 -k2 0 0 0
  -k2 k2+k3 -k3 0 0
  0 -k3 k3+k4 -k4 0
  0 0 -k4 k4+k5 -k5
  0 0 0 -k5 k5] % stiffness matrix
q=5; % number of storey
d=0.05; % damped ratio 5%
t=0.02; % time increasing
[V,L]=eig(k,m) % eigen problems solution
ww=sqrt(L)
mi=ones(q,1);
w=ww*mi % angular frequency
nw=length(w)
wt=w(nw:-1:1) % angular frequency in ordered
for i=1:q
    Tp=(2*pi)/wt(i) % periode of vibration
    f=1/Tp % frequency of structure
end;
for i=1:q
    ms(:,i)=[V(:,i)/V((i-1)*q+1)] % mode shapes
end;
mst=ms(:,q:-1:1)' % mode shapes after
transposed
for i=1:q;
    pf(i)=(mst(i,:)*m*mi)/(mst(i,:)*m*mst(i,:)') % partisipation
end;
factor
end;
aa=(4/t)*mi+4*d*wt
bb=2*mi
kk=wt.^2+(4*d*wt/t)+(4*mi/t^2)

```

CONTOH PERHITUNGAN FREKUENSI SUDUT, *MODE SHAPE*,
FAKTOR PARTISIPASI DAN NILAI a, b, k
PADA STRUKTUR 1 TANPA VARIASI.

m =

0.311	0	0	0	0
0	0.311	0	0	0
0	0	0.311	0	0
0	0	0	0.311	0
0	0	0	0	0.311

k =

460	-220	0	0	0
-220	420	-200	0	0
0	-200	380	-180	0
0	0	-180	340	-160
0	0	0	-160	160

V =

0.5152	0.5289	0.5273	0.3930	0.1494
-0.6573	-0.1933	0.3161	0.5834	0.3005
0.4872	-0.4654	-0.4348	0.4034	0.4407
-0.2459	0.6295	-0.4766	-0.0957	0.5540
0.0678	-0.2648	0.4537	-0.5773	0.6214

L =

1.0e+003 *

2.3816	0	0	0	0
0	1.7376	0	0	0
0	0	1.0550	0	0
0	0	0	0.4292	0
0	0	0	0	0.0558

ww =

48.8018	0	0	0	0
0	41.6845	0	0	0
0	0	32.4805	0	0
0	0	0	20.7167	0
0	0	0	0	7.4692

w =

48.8018
41.6845
32.4805
20.7167
7.4692

nw =

5

wt =

7.4692
20.7167
32.4805
41.6845
48.8018

TP =

0.8412

f =

1.1888

TP =

0.3033

f =

3.2972

TP =

0.1934

f =

5.1694

Tp =

0.1507

f =

6.6343

Tp =

0.1287

f =

7.7670

ms =

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
-1.2758	-0.3654	0.5995	1.4842	2.0120
0.9457	-0.8800	-0.8245	1.0263	2.9507
-0.4774	1.1902	-0.9039	-0.2435	3.7093
0.1315	-0.5006	0.8603	-1.4689	4.1605

mst =

1.0000	2.0120	2.9507	3.7093	4.1605
1.0000	1.4842	1.0263	-0.2435	-1.4689
1.0000	0.5995	-0.8245	-0.9039	0.8603
1.0000	-0.3654	-0.8800	1.1902	-0.5006
1.0000	-1.2758	0.9457	-0.4774	0.1315

pf =

0.3086	0.2778	0.2034	0.1242	0.0860
--------	--------	--------	--------	--------

aa =

201.4938
 204.1433
 206.4961
 208.3369
 209.7604

bb =
2
2
2
2
2
2
2
KK =
1.0e+004 *
1.0130
1.0636
1.1380
1.2154
1.2870

Tabel L.1 Contoh mencari perhitungan nilai g_l tipe 1

i	t_i	$(y_g)_i$	$\Delta(y_g)_i = ((y_g)_{i+1}) - (y_g)_i$	$g_{2i+1} = g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta^2 p = \Delta(y_g) + a^*$ $g_{li} + b^* g_{2i}$	$g_i = \Delta^2 p / k$	$\Delta g_{li} = (2^* \Delta g_i / t_i) - (2^* g_{li})$	$\Delta g_{2i} = ((4^* (\Delta g_i - t_i^* g_{li})) / t_i^2) - 2^* g_{2i}$	$g_{li+1} = g_{li} + \Delta g_{li}$	$g_{i+1} = g_i + \Delta g_i$
0	0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.40196E-05	0.002402	0.2401965	0
1	0.02	0.243319	0.243319	-0.1027347	0.24019647	0.861639253	8.50582E-05	0.0037019	-0.1102042	0.002402
2	0.04	0.140584	0.140584	-0.1023485	0.12999227	1.38752442	0.000136972	0.0014895	-0.1110369	0.0061039
3	0.06	0.038236	0.038236	0.1270666	0.01895539	1.694986026	0.000167323	0.0015457	0.1166575	0.0075933
4	0.08	0.165302	0.165302	0.1274528	0.13561286	2.240132636	0.000221138	0.0038358	0.1123567	0.009139
5	0.1	0.292755	0.292755	0.1270666	0.24796954	3.237354535	0.000319581	0.0060084	0.1049029	0.0129748
6	0.12	0.419822	0.419822	-0.1564194	0.35287244	4.374333681	0.00043182	0.0052155	-0.1841988	0.0189833
7	0.14	0.263403	0.263403	-0.1564194	0.16867369	5.056819277	0.000499192	0.0015218	-0.1851663	0.0241987
8	0.16	0.106983	0.106983	-0.1564194	-0.0164927	4.993121901	0.000492904	-0.0021506	-0.1820756	0.0257205
9	0.18	-0.04944	-0.04944	0.1915655	-0.1985683	4.54362098	0.000448531	-0.0022867	0.1684651	0.0235699
10	0.2	0.142129	0.142129	0.1915655	-0.0301031	4.41979249	0.000436307	0.0010643	0.1666384	0.0212832
11	0.22	0.333695	0.333695	0.1915655	0.13653521	4.967523225	0.000490377	0.0043427	0.1611991	0.0223475
12	0.24	0.52526	0.52526	-0.2444777	0.29773434	5.728904543	0.000565538	0.0031734	-0.2781278	0.0266902
13	0.26	0.280782	0.280782	-0.2444777	0.0196065	5.812070961	0.000573748	-0.0023524	-0.2744547	0.0298636
14	0.28	0.036305	0.036305	0.1259079	-0.2548482	5.159549763	0.000509334	-0.0040891	0.1007908	0.0275112
15	0.3	0.162213	0.162213	-0.0768579	-0.1540574	4.33444614	0.000427882	-0.0040561	-0.0974946	0.0234222
16	0.32	0.085355	0.085355	-0.0772441	-0.251552	3.32179307	0.000327916	-0.0059405	-0.0909442	0.0193661
17	0.34	0.008111	0.008111	0.1633713	-0.3424962	2.183549821	0.000215553	-0.0052959	0.1554046	0.0134256
18	0.36	0.171482	0.171482	0.1633713	-0.1870916	1.427272454	0.000140896	-0.0021698	0.1571991	0.0081297
19	0.38	0.334853	0.334853	0.1633713	-0.0298925	1.304461027	0.000128772	0.0009575	0.1555338	0.0059599
20	0.4	0.498225	0.498225	0.1633713	0.12564129	1.808456475	0.000178525	0.0040178	0.1504963	0.0069173

Tabel L.2 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo tipe 1

ti	$ZI = I' * g^1$	$ZI = I' * g^2$	$ZI = I' * g^3$	$ZI = I' * g^4$	$ZI = I' * g^5$
0	0	0	0	0	0
0.02	7.41246E-06	6.35521E-06	4.34895E-06	2.48644E-06	1.62591E-06
0.04	3.36614E-05	2.78202E-05	1.80473E-05	9.79029E-06	6.11605E-06
0.06	7.59309E-05	5.866E-05	3.43278E-05	1.67463E-05	9.49806E-06
0.08	0.000127567	8.88246E-05	4.37811E-05	1.75583E-05	8.14698E-06
0.1	0.00019581	0.000120769	4.82816E-05	1.5037E-05	5.28791E-06
0.12	0.000294433	0.000162567	5.55411E-05	1.60544E-05	6.55335E-06
0.14	0.000427692	0.000212976	6.67341E-05	2.20869E-05	1.21983E-05
0.16	0.000581743	0.000254592	7.13685E-05	2.58449E-05	1.54249E-05
0.18	0.000733854	0.000264704	5.69168E-05	1.89422E-05	9.84701E-06
0.2	0.00087227	0.000235655	2.48653E-05	3.21874E-06	-1.59388E-06
0.22	0.001006915	0.000184582	-4.41772E-06	-7.45682E-06	-7.18818E-06
0.24	0.001158245	0.000140592	-6.53351E-06	5.0299E-07	1.8826E-06
0.26	0.00133277	0.000119129	2.3654E-05	2.46436E-05	1.99976E-05
0.28	0.001509829	0.000108625	6.34194E-05	4.45163E-05	2.94391E-05
0.3	0.001667009	9.44781E-05	8.66085E-05	4.28441E-05	1.98156E-05
0.32	0.001799054	7.72964E-05	8.43244E-05	2.13505E-05	-7.67117E-07
0.34	0.001900249	5.72252E-05	5.69907E-05	-7.39021E-06	-1.69421E-05
0.36	0.001966768	3.58389E-05	1.49602E-05	-2.71441E-05	-1.75232E-05
0.38	0.002010249	2.74212E-05	-1.79598E-05	-2.30149E-05	-5.03952E-07
0.4	0.002049988	4.98931E-05	-1.83995E-05	7.6763E-06	2.45479E-05
0.42	0.002105081	0.000115495	2.36302E-05	5.22387E-05	4.28436E-05
0.44	0.002164838	0.000204028	8.46837E-05	8.11379E-05	3.93196E-05
0.46	0.002160279	0.000242357	0.000101365	5.62481E-05	3.41033E-06
0.48	0.002036424	0.000178219	3.71483E-05	-2.33054E-05	-4.81336E-05
0.5	0.001823232	4.78083E-05	-6.45726E-05	-9.97387E-05	-7.03749E-05
0.52	0.001577695	-8.15198E-05	-0.000133997	-0.000112455	-3.78798E-05
0.54	0.001338089	-0.000161139	-0.000128187	-4.76728E-05	2.82592E-05
0.56	0.0011506	-0.000144959	-2.95152E-05	6.60203E-05	8.55283E-05
0.58	0.001071524	6.09369E-06	0.000151199	0.000178038	0.000103822
0.6	0.001123591	0.000281781	0.000355508	0.000232035	7.75097E-05
0.62	0.001265621	0.000600113	0.000483928	0.000188336	2.10955E-05
0.64	0.00144145	0.000863733	0.000462807	6.12727E-05	-3.27214E-05
0.66	0.001628421	0.001016551	0.000297768	-7.6938E-05	-4.83146E-05
0.68	0.001820662	0.001036844	5.72859E-05	-0.000147059	-1.7395E-05
0.7	0.001996472	0.000911562	-0.000175364	-0.000119517	2.97973E-05
0.72	0.002103214	0.000624537	-0.000343111	-3.32068E-05	4.63339E-05
0.74	0.002074722	0.000172756	-0.000425494	3.67409E-05	8.07207E-06
0.76	0.001863525	-0.000407444	-0.000426217	3.46572E-05	-6.3493E-05
0.78	0.001430078	-0.001057655	-0.000377162	-4.90416E-05	-0.000123131
0.8	0.00074418	-0.001707108	-0.00032456	-0.000175311	-0.000137016

Tabel L.3 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif lantai tipe1

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.223E-05	2.397E-05	2.416E-05	2.42E-05	2.421E-05
0.04	9.544E-05	0.0001085	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.0001952	0.0002422	0.0002502	0.0002517	0.0002521
0.08	0.0002859	0.0003979	0.0004237	0.000429	0.0004302
0.1	0.0003852	0.0005899	0.0006537	0.0006686	0.000672
0.12	0.0005351	0.0008528	0.0009819	0.0010183	0.0010268
0.14	0.0007417	0.001193	0.0014176	0.0014947	0.0015145
0.16	0.000949	0.001562	0.0019108	0.0020548	0.0020969
0.18	0.0010843	0.001884	0.0023828	0.002624	0.0027052
0.2	0.0011344	0.0021205	0.0027908	0.0031602	0.0033025
0.22	0.0011724	0.0023091	0.0031639	0.0036886	0.0039171
0.24	0.0012947	0.0025326	0.0035686	0.0042677	0.0046067
0.26	0.0015202	0.002838	0.0040326	0.004913	0.0053806
0.28	0.0017558	0.0031832	0.0045029	0.0055556	0.0061582
0.3	0.0019108	0.0035052	0.0049254	0.0061237	0.0068525
0.32	0.0019813	0.0037781	0.0052988	0.006604	0.0074332
0.34	0.0019901	0.0039667	0.0056093	0.0069824	0.0078724
0.36	0.0019729	0.0040516	0.0058351	0.0072491	0.0081543
0.38	0.0019962	0.0040836	0.0059944	0.007439	0.0083194
0.4	0.0021137	0.0041535	0.0061317	0.0076059	0.0084392
0.42	0.0023393	0.0043473	0.0063051	0.0078006	0.0085883
0.44	0.002574	0.0046294	0.0064931	0.0079816	0.0087445
0.46	0.0025637	0.0047421	0.0064932	0.0079278	0.0086913
0.48	0.0021804	0.004454	0.0061361	0.007472	0.0082481
0.5	0.0016364	0.0038268	0.0055033	0.0067245	0.0075005
0.52	0.0012118	0.0030624	0.0047453	0.0058774	0.0066198
0.54	0.0010293	0.0023576	0.0039573	0.0050482	0.0057211
0.56	0.0011277	0.0019489	0.0032934	0.0043676	0.0049528
0.58	0.0015107	0.0020581	0.0029848	0.0039988	0.0045037
0.6	0.0020704	0.0027083	0.0031806	0.0040169	0.0044607
0.62	0.0025591	0.0036315	0.0038056	0.0043251	0.0047089
0.64	0.0027965	0.004479	0.0046733	0.0048067	0.0050916
0.66	0.0028175	0.0050534	0.0056248	0.0054551	0.0055702
0.68	0.0027503	0.0053123	0.0065021	0.0062824	0.0061725
0.7	0.002643	0.0052704	0.0071045	0.0071856	0.0068802
0.72	0.0023978	0.0049059	0.0072029	0.0078979	0.0075606
0.74	0.0018668	0.0041519	0.0066253	0.0080782	0.0079947
0.76	0.001001	0.0029575	0.0053414	0.0074684	0.0079593
0.78	-0.0001769	0.0012564	-0.0033719	-0.0059035	0.0071873
0.8	-0.0015998	-0.0009921	0.0007361	0.0033262	0.0053943

Tabel L.4 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat tipe 1

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.2229E-05	1.74162E-06	1.8755E-07	4.15443E-08	1.51896E-08
0.04	9.54353E-05	1.30214E-05	1.70847E-06	3.40585E-07	1.06783E-07
0.06	0.000195163	4.70159E-05	8.0154E-06	1.54056E-06	4.08024E-07
0.08	0.000285878	0.000112057	2.5793E-05	5.26173E-06	1.22424E-06
0.1	0.000385186	0.000204734	6.3763E-05	1.49601E-05	3.33283E-06
0.12	0.000535149	0.000317602	0.000129151	3.64286E-05	8.4693E-06
0.14	0.000741688	0.000451302	0.000224656	7.70772E-05	1.98096E-05
0.16	0.000948973	0.000613022	0.000348843	0.000143916	4.21081E-05
0.18	0.001084763	0.000799761	0.000498738	0.000241262	8.1128E-05
0.2	0.001134416	0.000986116	0.000670288	0.000369427	0.000142251
0.22	0.001172434	0.001136682	0.00085483	0.000524607	0.000228571
0.24	0.001294689	0.001237864	0.001036095	0.000699002	0.000339088
0.26	0.001520195	0.001317814	0.001194582	0.00088045	0.000467604
0.28	0.001755829	0.001427364	0.001319719	0.001052652	0.000602668
0.3	0.001910756	0.001594477	0.001420203	0.001198245	0.000728801
0.32	0.001981258	0.001796891	0.001520609	0.001305208	0.000829213
0.34	0.001990132	0.001976583	0.001642571	0.00137315	0.000889991
0.36	0.0019729	0.002078673	0.001783532	0.001414038	0.000905107
0.38	0.001996191	0.002087414	0.001910763	0.001444653	0.000880344
0.4	0.002113706	0.002039768	0.001978261	0.001474185	0.000833323
0.42	0.002339288	0.00200797	0.0019578	0.001495556	0.000787735
0.44	0.002574007	0.002055421	0.001863714	0.001488463	0.000762911
0.46	0.00256366	0.002178392	0.001751165	0.001434586	0.000763534
0.48	0.002180351	0.00227364	0.00168215	0.001335832	0.000776079
0.5	0.001636354	0.002190463	0.001676516	0.001221195	0.000775926
0.52	0.001211844	0.001850573	0.001682841	0.001132095	0.000742426
0.54	0.00102935	0.001328242	0.001599699	0.001090959	0.000672869
0.56	0.001127675	0.00082125	0.001344502	0.001074218	0.000585164
0.58	0.001510677	0.000547408	0.000926763	0.001013941	0.000504941
0.6	0.002070425	0.000637915	0.000472227	0.000836377	0.000443728
0.62	0.002559093	0.001072407	0.000174079	0.000519524	0.000383821
0.64	0.002796542	0.001682418	0.000194326	0.000133381	0.000284924
0.66	0.002817487	0.002235925	0.000571359	-0.00016966	0.000115053
0.68	0.002750338	0.002561989	0.001189743	-0.00021966	-0.00010995
0.7	0.002642951	0.002627417	0.0018341	8.11181E-05	-0.00030537
0.72	0.002397767	0.002508163	0.002296921	0.000695022	-0.00033729
0.74	0.001866797	0.002285141	0.002473365	0.001452876	-8.3444E-05
0.76	0.001001028	0.001956479	0.002383908	0.002126987	0.000490912
0.78	-0.00017691	0.001433358	0.002115493	0.002531517	0.001283858
0.8	-0.00159981	0.000607704	0.001728253	0.002590049	0.002068063

Tabel L.5 Contoh perhitungan mencari gaya horisontal lantai dan gaya geser dasar Tipe 1

t_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.334954846	5.273531657	4.831629612	4.355944617	3.874381102	23.670442
0.04	22.90446359	23.86046702	22.03302707	19.8910297	17.69800059	106.38699
0.06	46.8391434	53.27937684	50.03887628	45.31228865	40.34287378	235.81256
0.08	68.6107117	87.54575008	84.74563945	77.2181869	68.83426601	386.95455
0.1	92.44458885	129.7822922	130.7365027	120.3556677	107.5160678	580.83512
0.12	128.4357708	187.6052835	196.3804105	183.2995121	164.2879883	860.00897
0.14	178.0050037	262.4577713	283.5292736	269.0502345	242.325305	1235.3676
0.16	227.7535576	343.6388566	382.1675172	369.8557178	335.4979279	1658.9136
0.18	260.2231655	414.4852232	476.5524407	472.3244375	432.8244254	2056.4097
0.2	272.2597483	466.5168974	558.1639307	568.844333	528.3995689	2394.1845
0.22	281.3840925	508.0054258	632.7892021	663.9395024	626.7397797	2712.858
0.24	310.7254154	557.1617559	713.7296416	768.1770438	737.0781649	3086.872
0.26	364.8467927	624.3619088	806.5181246	884.3472286	860.9031124	3540.9772
0.28	421.3989402	700.3023586	900.5823014	1000.001373	985.3169196	4007.6019
0.3	458.5814042	771.1512949	985.0871439	1102.262475	1096.397006	4413.4793
0.32	475.5019393	831.1928638	1059.751628	1188.71382	1189.308548	4744.4688
0.34	477.6317865	872.6774193	1121.857405	1256.838717	1259.588489	4988.5938
0.36	473.4960489	891.3461562	1167.021105	1304.845876	1304.680132	5141.3893
0.38	479.0859573	898.3931006	1198.873618	1339.02381	1331.098476	5246.475
0.4	507.2893895	913.7641308	1226.346962	1369.065534	1350.278889	5366.7449
0.42	561.4292038	956.3968968	1261.011625	1404.110585	1374.135956	5557.0843
0.44	617.7617037	1018.474239	1298.628501	1436.689007	1399.122724	5770.6762
0.46	615.2783525	1043.251485	1298.643494	1427.004628	1390.614073	5774.792
0.48	523.2843263	979.8780709	1227.228147	1344.955005	1319.688138	5395.0337
0.5	392.7250279	841.8998949	1100.666646	1210.415152	1200.072732	4745.7795
0.52	290.8424726	673.7317113	949.0515252	1057.923558	1059.164684	4030.714
0.54	247.0438849	518.670185	791.458107	908.6848528	915.378982	3381.236
0.56	270.6420556	428.7635748	658.6854487	786.1760629	792.4493282	2936.7165
0.58	362.5624529	452.7785908	596.9694721	719.7819383	720.5966803	2852.6891
0.6	496.9019492	595.8348001	636.1133599	723.0498831	713.7074763	3165.6075
0.62	614.1823024	798.9299667	761.1158078	778.5185879	753.4278283	3706.1745
0.64	671.169994	985.3711877	934.6572475	865.2000792	814.6545329	4271.053
0.66	676.1969447	1111.750674	1124.95428	981.9201492	891.2264504	4786.0485
0.68	660.0810027	1168.711779	1300.413914	1130.832824	987.5934088	5247.6329
0.7	634.3082971	1159.481078	1420.893726	1293.405608	1100.834149	5608.9229
0.72	575.4641497	1079.304717	1440.570265	1421.617216	1209.692687	5726.649
0.74	448.031185	913.4262442	1325.060557	1454.072263	1279.157714	5419.748
0.76	240.2466926	650.6515036	1068.282952	1344.312404	1273.490285	4576.9838
0.78	-42.45896771	276.4181325	674.3878032	1062.622019	1149.970245	3120.9392
0.8	-383.9555373	-218.2642944	147.228567	598.7145503	863.0807662	1006.8041

Tabel L.6 Contoh perhitungan mencari momen lantai dan momen guling Tipe 1

t_i	$MI=F1 * H$	$MI=F2 * H$	$MI=F3 * H$	$MI=F4 * H$	$MI=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	746.8936785	1476.588864	2029.284437	2439.328986	2712.066772	9404.1627
0.04	3206.624903	6680.930764	9253.87137	11138.97663	12388.60041	42669.004
0.06	6557.480076	14918.22551	21016.32804	25374.88164	28240.01165	96106.927
0.08	9605.499638	24512.81002	35593.16857	43242.18466	48183.98621	161137.65
0.1	12942.24244	36339.04183	54909.33115	67399.17391	75261.24749	246851.04
0.12	17981.00791	52529.47938	82479.7724	102647.7268	115001.5918	370639.58
0.14	24920.70052	73488.17596	119082.2949	150668.1313	169627.7135	537787.02
0.16	31885.49807	96218.87984	160510.3572	207119.202	234848.5496	730582.49
0.18	36431.24317	116055.8625	200152.0251	264501.685	302977.0978	920117.91
0.2	38116.36477	130624.7313	234428.8509	318552.8265	369879.6983	1091602.5
0.22	39393.77295	142241.5192	265771.4649	371806.1213	438717.8458	1257930.7
0.24	43501.55815	156005.2916	299766.4495	430179.1445	515954.7154	1445407.2
0.26	51078.55097	174821.3345	338737.6123	495234.448	602632.1787	1662504.1
0.28	58995.85163	196084.6604	378244.5666	560000.7687	689721.8437	1883047.7
0.3	64201.39659	215922.3626	413736.6005	617266.9857	767477.9041	2078605.2
0.32	66570.2715	232734.0019	445095.6837	665679.7392	832515.9836	2242595.7
0.34	66868.45011	244349.6774	471180.1101	703829.6815	881711.9424	2367939.9
0.36	66289.44685	249576.9237	490148.8641	730713.6908	913276.0925	2450005
0.38	67072.03402	251550.0682	503526.9194	749853.3334	931768.9329	2503771.3
0.4	71020.51453	255853.9566	515065.724	766676.6991	945195.2224	2553812.1
0.42	78600.08853	267791.1311	529624.8825	786301.9276	961895.1694	2624213.2
0.44	86486.63852	285172.787	545423.9703	804545.8437	979385.9065	2701015.1
0.46	86138.96935	292110.4158	545430.2674	799122.5917	973429.8513	2696232.1
0.48	73259.80568	274365.8598	515435.8219	753174.803	923781.6964	2540018
0.5	54981.5039	235731.9706	462279.9913	677832.4849	840050.9123	2270876.9
0.52	40717.94617	188644.8792	398601.6406	592437.1924	741415.2787	1961816.9
0.54	34586.14388	145227.6518	332412.405	508863.5176	640765.2874	1661855
0.56	37889.88779	120053.8009	276647.8885	440258.5952	554714.5297	1429564.7
0.58	50758.74341	126778.0054	250727.1783	403077.8855	504417.6762	1335759.5
0.6	69566.27289	166833.744	267167.6112	404907.9345	499595.2334	1408070.8
0.62	85985.52234	223700.3907	319668.6393	435970.4092	527399.4798	1592724.4
0.64	93963.79916	275903.9326	392556.0439	484512.0444	570258.173	1817194
0.66	94667.57226	311290.1886	472480.7976	549875.2836	623858.5153	2052172.4
0.68	92411.34038	327239.2981	546173.8441	633266.3815	691315.3862	2290406.3
0.7	88803.1616	324654.7018	596775.3649	724307.1403	770583.9045	2505124.3
0.72	80564.98095	302205.3206	605039.5114	796105.6411	846784.8806	2630700.3
0.74	62724.3659	255759.3484	556525.4339	814280.4672	895410.3998	2584700
0.76	33634.53697	182182.421	448678.8398	752814.9463	891443.1992	2308753.9
0.78	-5944.255479	77397.07711	283242.8774	595068.3308	804979.1712	1754743.2
0.8	-53753.77522	-61114.0024	61835.99816	335280.1481	604156.5363	886404.9

Tabel L.7 Contoh perhitungan mencari nilai g1 tipe 2

i	ti	(y _e) _i	$\Delta(y_e)_i = ((y_e)_{i+1}) - (y_e)_i$	$g_{2i+1} = g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta'p = \Delta(y_e)_i + a^*$ $g_{1i} + b^*g_{2i}$	$g_i = \Delta'p_i/k$	$\Delta g_{1i} = (2^* \Delta g_i / t_i) - (2^* g_{1i})$	$\Delta g_{2i} = ((4^*(\Delta g_i - t_i^* g_{1i})) / t_i^2) - 2^* g_{2i}$	$g_{1i+1} = g_{1i} + \Delta g_{1i}$	$g_{i+1} = g_i + \Delta g_i$
0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.40125E-05	0.0024013	0.2401254	0	0
1	0.02	0.243319	-0.1027347	0.24012536	0.861396721	8.50091E-05	0.0036984	-0.1104109	0.0024013	2.4013E-05
2	0.04	0.1405843	-0.1023485	0.12971443	1.386231537	0.000136804	0.0014811	-0.1113225	0.0060997	0.00010902
3	0.06	0.0382358	0.1270666	0.01839191	1.691453173	0.000166925	0.0015311	0.1163253	0.0075807	0.00024583
4	0.08	0.1653025	0.1274528	0.13471722	2.233022844	0.000220371	0.0038135	0.1119178	0.0091118	0.00041275
5	0.1	0.2927553	0.1270666	0.24663498	3.224941437	0.000318261	0.0059755	0.1042771	0.0129253	0.00063312
6	0.12	0.4198219	-0.1564194	0.35091205	4.354136784	0.000429699	0.0051683	-0.184997	0.0189008	0.00095138
7	0.14	0.2634025	-0.1564194	0.16591509	5.025610013	0.000495965	0.0014583	-0.1859975	0.0240691	0.00138108
8	0.16	0.1069831	-0.1564194	-0.0200824	4.547485064	0.000488255	-0.0022293	-0.1827675	0.0255274	0.00187705
9	0.18	-0.0494362	0.1915655	-0.2028499	4.48070038	0.000442189	-0.0023773	0.167974	0.0232981	0.0023653
10	0.2	0.1421292	0.1915655	-0.0348758	4.337603351	0.000428067	0.0009651	0.1662585	0.0209208	0.00280749
11	0.22	0.3336947	0.1915655	0.13138271	4.86459308	0.000480074	0.0042357	0.1608005	0.0218859	0.00323556
12	0.24	0.5252601	-0.2444777	0.29218318	5.603685684	0.000553013	0.0030583	-0.2785405	0.0261215	0.00371563
13	0.26	0.2807824	-0.2444777	0.01364263	5.66287938	0.000558855	-0.0024741	-0.2746943	0.0291798	0.00426864
14	0.28	0.0363047	0.1259079	-0.2610517	4.985318182	0.000491988	-0.0042126	0.1008445	0.0267057	0.0048275
15	0.3	0.1622127	-0.0768579	-0.1602072	4.135355464	0.000408108	-0.0041755	-0.0971334	0.0224931	0.00531949
16	0.32	0.0853548	-0.0772441	-0.2573406	3.099294943	0.000305862	-0.0060491	-0.0902329	0.0183176	0.0057276
17	0.34	0.0081106	0.1633713	-0.3475735	1.940471976	0.0001915	-0.005387	0.1564481	0.0122685	0.00603346
18	0.36	0.171482	0.1633713	-0.1911254	1.167826968	0.00011525	-0.002238	0.1584459	0.0068815	0.00622496
19	0.38	0.3348533	0.1633713	-0.0326795	1.033725835	0.000102016	0.0009146	0.1568228	0.0046435	0.00634021
20	0.4	0.4982247	0.1633713	0.12414331	1.53168175	0.000151158	0.0039996	0.1516696	0.0055581	0.00644222

Tabel L.8 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo Tipe 2

t_i	$Z1=I' * g1$	$Z1=I' * g2$	$Z1=I' * g3$	$Z1=I' * g4$	$Z1=I' * g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	7.57115E-06	6.53075E-06	4.42632E-06	2.43079E-06	1.34217E-06
0.04	3.43745E-05	2.85864E-05	1.83697E-05	9.5724E-06	5.06539E-06
0.06	7.75087E-05	6.02667E-05	3.49462E-05	1.6378E-05	7.92244E-06
0.08	0.00013014	9.12357E-05	4.45813E-05	1.71812E-05	6.90268E-06
0.1	0.000199623	0.000124011	4.91802E-05	1.47244E-05	4.58142E-06
0.12	0.000299971	0.00016689	5.65862E-05	1.57198E-05	5.55546E-06
0.14	0.000435455	0.000218591	6.79905E-05	2.16117E-05	1.0109E-05
0.16	0.000591833	0.000261232	7.27135E-05	2.528E-05	1.27678E-05
0.18	0.000745779	0.000271481	5.80044E-05	1.85313E-05	8.28692E-06
0.2	0.000885202	0.000241492	2.53719E-05	3.16065E-06	-1.06355E-06
0.22	0.001020171	0.000188905	-4.45866E-06	-7.28199E-06	-5.7985E-06
0.24	0.001171539	0.000143665	-6.65263E-06	4.85665E-07	1.40979E-06
0.26	0.001345904	0.000121661	2.40327E-05	2.40768E-05	1.62322E-05
0.28	0.001522111	0.000110999	6.44915E-05	4.35173E-05	2.43093E-05
0.3	0.001677235	9.66539E-05	8.81202E-05	4.19174E-05	1.69152E-05
0.32	0.001805911	7.92212E-05	8.58583E-05	2.09393E-05	2.18352E-07
0.34	0.001902349	5.88189E-05	5.81107E-05	-7.15454E-06	-1.34977E-05
0.36	0.001962729	3.70354E-05	1.53787E-05	-2.65074E-05	-1.48421E-05
0.38	0.001999068	2.85262E-05	-1.81355E-05	-2.2539E-05	-1.49077E-06
0.4	0.002031233	5.16891E-05	-1.865E-05	7.4131E-06	1.93284E-05
0.42	0.002078893	0.000119086	2.40301E-05	5.09862E-05	3.54927E-05
0.44	0.002131278	0.000209944	8.60929E-05	7.93197E-05	3.39027E-05
0.46	0.002118077	0.000249101	0.000103061	5.51032E-05	4.81321E-06
0.48	0.001983339	0.000182879	3.77629E-05	-2.26005E-05	-3.86596E-05
0.5	0.001757974	4.85517E-05	-6.56816E-05	-9.73764E-05	-5.91499E-05
0.52	0.001500549	-8.45726E-05	-0.000136295	-0.000109981	-3.42278E-05
0.54	0.001250511	-0.000166447	-0.000130411	-4.684E-05	2.04042E-05
0.56	0.001055333	-0.000149681	-3.00718E-05	6.42438E-05	7.01446E-05
0.58	0.000972726	5.8415E-06	0.000153778	0.000173899	8.87231E-05
0.6	0.001025967	0.000289494	0.000361734	0.000226998	6.9049E-05
0.62	0.001172899	0.000616869	0.000492596	0.000184589	2.14356E-05
0.64	0.00135595	0.000887776	0.000471375	6.04808E-05	-2.66976E-05
0.66	0.001551723	0.001044497	0.000303676	-7.48381E-05	-4.35692E-05
0.68	0.001753932	0.001064726	5.904E-05	-0.000143834	-1.95406E-05
0.7	0.001940099	0.000935159	-0.000177887	-0.000117356	2.16479E-05
0.72	0.002056155	0.000639365	-0.000349025	-3.3157E-05	3.9822E-05
0.74	0.002034274	0.000174485	-0.000433433	3.54404E-05	1.17359E-05
0.76	0.00182585	-0.000421896	-0.000434689	3.38965E-05	-4.77351E-05
0.78	0.001390535	-0.001089556	-0.000385051	-4.74617E-05	-0.000101391
0.8	0.000697717	-0.001755658	-0.000331465	-0.000170771	-0.000118364

Tabel L.9 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif Tipe 2

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.23E-05	2.398E-05	2.416E-05	2.42E-05	2.422E-05
0.04	9.597E-05	0.0001085	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.000197	0.0002426	0.0002502	0.0002517	0.0002521
0.08	0.00029	0.0003992	0.0004238	0.0004288	0.0004301
0.1	0.0003921	0.0005931	0.000654	0.0006683	0.0006716
0.12	0.0005447	0.0008588	0.0009829	0.0010176	0.0010259
0.14	0.0007538	0.0012026	0.0014198	0.0014936	0.0015128
0.16	0.0009638	0.0015753	0.0019148	0.0020529	0.0020936
0.18	0.0011021	0.0019007	0.0023888	0.0026213	0.0026996
0.2	0.0011542	0.00214	0.0027988	0.0031562	0.0032935
0.22	0.0011915	0.0023302	0.003173	0.0036824	0.003903
0.24	0.0013104	0.0025533	0.0035772	0.0042582	0.0045856
0.26	0.0015319	0.0028555	0.0040384	0.0048983	0.0053498
0.28	0.0017654	0.0031942	0.0045029	0.0055326	0.0061145
0.3	0.0019208	0.0035078	0.0049159	0.0060889	0.0067921
0.32	0.0019921	0.0037726	0.0052757	0.0065528	0.0073519
0.34	0.0019986	0.0039543	0.0055696	0.0069102	0.007766
0.36	0.0019738	0.0040326	0.0057768	0.0071512	0.0080184
0.38	0.0019854	0.0040553	0.0059165	0.0073115	0.0081507
0.4	0.002091	0.00411	0.0060336	0.0074465	0.0082352
0.42	0.0023085	0.0042826	0.0061845	0.0076082	0.0083477
0.44	0.0025405	0.0045408	0.0063465	0.0077564	0.0084672
0.46	0.0025302	0.0046318	0.0063164	0.0076706	0.0083781
0.48	0.0021427	0.0043284	0.0059272	0.0071834	0.0079007
0.5	0.0015843	0.0036913	0.0052644	0.0064056	0.0071212
0.52	0.0011355	0.0029162	0.0044827	0.00553	0.0062116
0.54	0.0009272	0.002193	0.0036789	0.0046759	0.0052878
0.56	0.00101	0.0017563	0.0030045	0.0039759	0.0044991
0.58	0.001395	0.0018343	0.0026852	0.0035943	0.0040358
0.6	0.0019732	0.0024638	0.0028663	0.0036065	0.0039859
0.62	0.0024884	0.003389	0.0034742	0.003914	0.0042352
0.64	0.0027489	0.0042651	0.0043306	0.0043985	0.004627
0.66	0.0027815	0.0048865	0.0052878	0.0050537	0.0051223
0.68	0.0027143	0.0051935	0.0061955	0.0058941	0.0057483
0.7	0.0026017	0.0051848	0.0068513	0.0068213	0.0064866
0.72	0.0023532	0.0048321	0.0070141	0.0075725	0.0072044
0.74	0.0018225	0.0040735	0.0064947	0.0078069	0.0076827
0.76	0.0009554	0.0028705	0.0052488	0.0072614	0.0076969
0.78	-0.0002329	0.0011663	0.0032937	0.005761	0.0069765
0.8	-0.0016785	-0.0010802	0.0006559	0.0032376	0.0052319

Tabel L.10 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat Tipe 2

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.23012E-05	1.67852E-06	1.79979E-07	4.24419E-08	1.62594E-08
0.04	9.59684E-05	1.25737E-05	1.62837E-06	3.36902E-07	1.12167E-07
0.06	0.000197022	4.5566E-05	7.62172E-06	1.4917E-06	4.20331E-07
0.08	0.000290041	0.000109206	2.45572E-05	5.04023E-06	1.23508E-06
0.1	0.000392121	0.000200943	6.09392E-05	1.42781E-05	3.29915E-06
0.12	0.000544722	0.000314028	0.000124109	3.47754E-05	8.27401E-06
0.14	0.000753757	0.000448794	0.000217264	7.37422E-05	1.92128E-05
0.16	0.000963826	0.000611447	0.000339525	0.000138143	4.07024E-05
0.18	0.001102083	0.000798623	0.000488119	0.000232478	7.83205E-05
0.2	0.001154162	0.000985827	0.000658798	0.000357397	0.000137292
0.22	0.001191537	0.001138704	0.000842743	0.000509427	0.000220638
0.24	0.001310447	0.001242885	0.001023901	0.000680947	0.000327403
0.26	0.001531907	0.001323544	0.001182993	0.000859826	0.00045155
0.28	0.001765428	0.001428731	0.001308779	0.001029706	0.000581883
0.3	0.001920841	0.001587007	0.001408027	0.001173002	0.000703227
0.32	0.001992148	0.001780437	0.001503143	0.00127711	0.000799088
0.34	0.001998627	0.001955684	0.001615271	0.001340607	0.000855764
0.36	0.001973794	0.002058793	0.001744188	0.001374389	0.000867265
0.38	0.001985428	0.002069825	0.001861283	0.001394988	0.000839181
0.4	0.002091014	0.002019017	0.001923532	0.001412896	0.000788788
0.42	0.002308488	0.001974146	0.001901853	0.00142373	0.000739503
0.44	0.002540537	0.002000239	0.001805733	0.001409935	0.000710717
0.46	0.002530156	0.002101666	0.001684619	0.001354117	0.000707591
0.48	0.002142722	0.002185721	0.001598735	0.001256228	0.000717281
0.5	0.001584317	0.002106945	0.001573089	0.001141281	0.000715592
0.52	0.001135472	0.001780722	0.001566467	0.001047329	0.000681634
0.54	0.000927216	0.001265787	0.001485944	0.000996988	0.000611839
0.56	0.001009969	0.000746285	0.00124826	0.000971342	0.000523247
0.58	0.001394967	0.000439356	0.000850922	0.000909093	0.000441469
0.6	0.001973242	0.000490542	0.000402493	0.000740261	0.000379324
0.62	0.002488388	0.000900615	8.52104E-05	0.000439767	0.000321245
0.64	0.002748884	0.001516261	6.54811E-05	6.78764E-05	0.000228516
0.66	0.00278149	0.002104963	0.000401378	-0.00023418	6.86313E-05
0.68	0.002714323	0.002479204	0.001002005	-0.00030146	-0.00014577
0.7	0.002601663	0.002583185	0.001666481	-3.001E-05	-0.00032173
0.72	0.00235316	0.002478923	0.002182	0.000558454	-0.00036816
0.74	0.001822503	0.002251046	0.002421118	0.001312278	-0.00012424
0.76	0.000955426	0.001915109	0.002378293	0.002012528	0.000435502
0.78	-0.00023292	0.001399208	0.002127406	0.002467281	0.001215533
0.8	-0.00167854	0.000598327	0.001736085	0.002581701	0.001994352

Tabel L.11 Contoh perhitungan mencari gaya horizontal lantai dan gaya geser dasar

Tipe 2

i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.352283116	5.275533726	4.831935561	4.356381555	3.874940661	23.691075
0.04	23.03241568	23.87927122	22.03410277	19.89133482	17.69913328	106.53626
0.06	47.28527182	53.36935318	50.04193878	45.30625082	40.33947595	236.34229
0.08	69.60985819	87.83435253	84.76084777	77.1920049	68.81272864	388.20979
0.1	94.10897685	130.473953	130.8005295	120.2905394	107.4527873	583.12679
0.12	130.7333114	188.9250044	196.5717368	183.1741327	164.1452936	863.54948
0.14	180.9016725	264.5611707	283.96295	268.840247	242.0431572	1240.3092
0.16	231.3182093	346.5600429	382.9595966	369.5294665	334.9830221	1665.3503
0.18	264.500006	418.1554759	477.7652058	471.8346702	431.9398791	2064.1952
0.2	276.9989909	470.7977607	559.7575908	568.1133367	526.9564058	2402.6241
0.22	285.9688311	512.6529411	634.5967275	662.8339502	624.4878236	2720.5403
0.24	314.5072462	561.7330696	715.4465514	766.4723114	733.6931592	3091.8523
0.26	367.6576461	628.1991091	807.6887072	881.6885003	855.9711575	3541.2051
0.28	423.7027384	702.7149373	900.5874856	995.875734	978.324177	4001.2051
0.3	461.0019562	771.7265972	983.1749808	1095.997922	1086.736689	4398.6381
0.32	478.115576	829.9687115	1055.145609	1179.510857	1176.308098	4719.0489
0.34	479.6703642	869.9483806	1113.916368	1243.833997	1242.552538	4949.9216
0.36	473.7105046	887.1690539	1155.355002	1287.209481	1282.948659	5086.3927
0.38	476.5028376	892.1557792	1183.307269	1316.074369	1304.112844	5172.1531
0.4	501.8432635	904.2066326	1206.712344	1340.362348	1317.639269	5270.7639
0.42	554.0371874	942.1795634	1236.897538	1369.479209	1335.635412	5438.2289
0.44	609.7289986	998.9708347	1269.301884	1396.160021	1354.745811	5628.9075
0.46	607.237335	1019.000764	1263.288221	1380.700389	1340.503724	5610.7304
0.48	514.2531798	952.2573585	1185.435557	1293.01304	1264.109944	5209.0691
0.5	380.2361778	812.0777397	1052.870252	1153.013738	1139.395864	4537.5938
0.52	272.5133908	641.5628084	896.5323794	995.3983514	993.8599098	3799.8668
0.54	222.5318697	482.4606351	735.7893354	841.66826	846.0437501	3128.4939
0.56	242.392499	386.3758859	600.9027714	715.6540715	719.8564866	2665.1817
0.58	334.792192	403.5511496	537.0491295	646.9809233	645.7291706	2568.1026
0.6	473.5781015	542.0324394	573.2553457	649.1767044	637.7378649	2875.7805
0.62	597.2130464	745.5804902	694.8425314	704.5164261	677.6360104	3419.7885
0.64	659.7322617	938.3319256	866.1252513	791.7304731	740.3230599	3996.243
0.66	667.5575602	1075.019731	1057.566246	909.6573025	819.5652797	4529.3661
0.68	651.4376026	1142.575987	1239.106465	1060.93217	919.7281307	5013.7804
0.7	624.399065	1140.666484	1370.265682	1227.837393	1037.854111	5401.0227
0.72	564.7584496	1063.058336	1402.816715	1363.056805	1152.700905	5546.3912
0.74	437.4006376	896.1806622	1298.9333	1405.249974	1229.232946	5266.9975
0.76	229.3023576	631.5178346	1049.765623	1307.044097	1231.497349	4449.1273
0.78	-55.90178043	256.5825051	658.7381204	1036.974887	1116.240742	3012.6345
0.8	-402.8497286	-237.6470619	131.1742018	582.7630046	837.1078005	910.54822

Tabel L.12 Contoh perhitungan mencari momen lantai dan momen guling

<i>ii</i>	$MI=F1 * H$	$MI=F2 * H$	$MI=F3 * H$	$MI=F4 * H$	$MI=F5 * H$	<i>Mb</i>
0	0	0	0	0	0	0
0.02	749.3196363	1477.149443	2029.412935	2439.573671	2712.458463	9407.9141
0.04	3224.538196	6686.195941	9254.323161	11139.1475	12389.3933	42693.598
0.06	6619.938054	14943.41889	21017.61429	25371.50046	28237.63317	96190.105
0.08	9745.380146	24593.61871	35599.55607	43227.52274	48168.91005	161334.99
0.1	13175.25676	36532.70684	54936.22238	67362.70205	75216.95108	247223.84
0.12	18302.6636	52899.00122	82560.12947	102577.5143	114901.7055	371241.01
0.14	25326.23416	74077.1278	119264.439	150550.5383	169430.2101	538648.55
0.16	32384.5493	97036.81202	160843.0306	206936.5013	234488.1155	731689.01
0.18	37030.00084	117083.5333	200661.3864	264227.4153	302357.9154	921360.25
0.2	38779.85872	131823.373	235098.1881	318143.4686	368869.484	1092714.4
0.22	40035.63636	143542.8235	266530.6256	371187.0121	437141.4766	1258437.6
0.24	44031.01447	157285.2595	300487.5516	429224.4944	513585.2114	1444613.5
0.26	51472.07046	175895.7505	339229.257	493745.5602	599179.8103	1659522.4
0.28	59318.38337	196760.1824	378246.744	557690.411	684826.9239	1876842.6
0.3	64540.27387	216083.4472	412933.492	613758.8362	760715.6821	2068031.7
0.32	66936.18064	232391.2392	443161.1558	660526.0801	823415.6689	2226430.3
0.34	67153.85099	243585.5466	467844.8747	696547.0381	869786.7763	2344918.1
0.36	66319.47065	248407.3351	485249.1007	720837.3092	898064.0611	2418877.3
0.38	66710.39727	249803.6182	496989.0529	737001.6464	912878.9908	2463383.7
0.4	70258.05689	253177.8571	506819.1843	750602.9147	922347.488	2503205.5
0.42	77565.20623	263810.2777	519496.9658	766908.3572	934944.7881	2562725.6
0.44	85362.0598	279711.8337	533106.7912	781849.6118	948322.0677	2628352.4
0.46	85013.2269	285320.2141	530581.0527	773192.2178	938352.6068	2612459.3
0.48	71995.44518	266632.0604	497882.9341	724087.3026	884876.961	2445474.7
0.5	53233.06489	227381.7671	442205.506	645687.6935	797577.1045	2166085.1
0.52	38151.87471	179637.5863	376543.5993	557423.0768	695701.9369	1847458.1
0.54	31154.46175	135088.9778	309031.5209	471334.2256	592230.6251	1538839.8
0.56	33934.94986	108185.2481	252379.164	400766.28	503899.5406	1299165.2
0.58	46870.90687	112994.3219	225560.6344	362309.3171	452010.4194	1199745.6
0.6	66300.93421	151769.083	240767.2452	363538.9544	446416.5054	1268792.7
0.62	83609.8265	208762.5373	291833.8632	394529.1986	474345.2073	1453080.6
0.64	92362.51664	262732.9392	363772.6056	443369.065	518226.1419	1680463.3
0.66	93458.05842	301005.5247	444177.8232	509408.0894	573695.6958	1921745.2
0.68	91201.26436	319921.2763	520424.7154	594122.0153	643809.6915	2169479
0.7	87415.86909	319380.6155	575511.5866	687588.9402	726497.8779	2396400.9
0.72	79066.18294	297656.334	589183.0204	763311.8107	806890.6333	2536108
0.74	61236.08926	250930.5854	545551.9861	786939.9855	860463.0622	2505121.7
0.76	32102.33006	176824.9937	440901.5615	731944.6945	862048.1442	2243821.7
0.78	-7826.24926	71843.10143	276670.0106	580705.9365	781368.5197	1702761.3
0.8	-56398.96201	-66541.1773	55093.16477	326347.2826	585975.4604	844475.77

Tabel L.13 Contoh perhitungan nilai g_l tipe 3

i	t_i	$(y_g)_i$	$\Delta(y_g)_i = ((y_g)_{i+1}) - (y_g)_i$	$g_{2i+1} = g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta'p = \Delta(y_g)_i + a * g_{li} + b * g_{2i}$	$g_i = \Delta'p_i / k$	$\Delta g_{li} = (2 * \Delta g_i / t_i) - (2 * g_{li})$	$\Delta g_{2i} = ((4 * (\Delta g_i - t_i * g_{li})) / t_i^2) - 2 * g_{2i}$	$g_{li+1} = g_{li} + \Delta g_{li}$	$g_{i+1} = g_i + \Delta g_i$
0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.40078E-05	0.0024008	0.240078	0	0
1	0.02	0.243319	-0.1027347	0.24007798	0.851250397	8.49778E-05	0.0036962	-0.1105335	0.0024008	2.4008E-05
2	0.04	0.1405843	-0.1023485	0.12954446	1.385469681	0.000136701	0.0014761	-0.1114748	0.006097	0.00010899
3	0.06	0.0382358	0.1270666	0.1806969	1.689422037	0.000166692	0.0015229	0.1161501	0.0075731	0.00024569
4	0.08	0.1653025	0.1274528	0.13421981	2.229017523	0.000219933	0.0038012	0.1116789	0.009096	0.00041238
5	0.1	0.2927553	0.1270666	0.24589867	3.218041781	0.000317518	0.0059573	0.1039345	0.0128972	0.00063231
6	0.12	0.4198219	-0.1564194	0.34983314	4.343003048	0.000428515	0.0051424	-0.1854215	0.0188545	0.00094983
7	0.14	0.2634025	-0.1564194	0.16441154	5.008517559	0.00049418	0.001424	-0.1864183	0.023997	0.00137834
8	0.16	0.1069831	-0.1564194	-0.0220067	4.92266963	0.00048571	-0.0022711	-0.183096	0.025421	0.00187253
9	0.18	-0.0494362	0.1915655	-0.2051027	4.446768898	0.000438754	-0.0024245	0.1677531	0.0231499	0.00235823
10	0.2	0.1421292	0.1915655	-0.0373496	4.293661086	0.000423647	0.0009138	0.166083	0.0207254	0.00279699
11	0.22	0.3336947	0.1915655	0.12873346	4.809993084	0.000474592	0.0041807	0.1606036	0.0216393	0.00322064
12	0.24	0.5252601	-0.2444777	0.28933702	5.537694511	0.000546393	0.0029994	-0.2787362	0.02582	0.00369523
13	0.26	0.2807824	-0.2444777	0.01060081	5.584686799	0.00055103	-0.0025357	-0.2747731	0.0288193	0.00424162
14	0.28	0.0363047	0.1259079	-0.2641723	4.894503583	0.000482931	-0.0042742	0.1009262	0.0262836	0.00479265
15	0.3	0.1622127	-0.0768579	-0.1632461	4.032213984	0.00039785	-0.0042339	-0.0968933	0.0220094	0.00527558
16	0.32	0.0853548	-0.0772441	-0.2601393	2.98479266	0.000294503	-0.0061008	-0.0898054	0.0177756	0.00567343
17	0.34	0.0081106	0.1633713	-0.3499448	1.816294766	0.00017921	-0.0054285	0.1570404	0.0116748	0.00596794
18	0.36	0.171482	0.1633713	-0.1929044	1.036371488	0.000102257	-0.0022669	0.1591235	0.0062463	0.00614715
19	0.38	0.3348533	0.1633713	-0.0337809	0.897779417	8.85821E-05	0.0008994	0.1575013	0.0039794	0.0062494
20	0.4	0.4982247	0.1633713	0.12372031	1.394036744	0.000137547	0.0039971	0.1522671	0.0048788	0.00633798

Tabel L.14 Contoh perhitungan modal amplitudo Tipe 3

t_i	$Z1=f^*g1$	$Z2=f^*g2$	$Z3=f^*g3$	$Z4=f^*g4$	$Z5=f^*g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	7.73771E-06	6.69711E-06	4.48793E-06	2.37292E-06	1.07613E-06
0.04	3.51261E-05	2.93125E-05	1.8624E-05	9.34512E-06	4.07197E-06
0.06	7.9185E-05	6.17887E-05	3.54247E-05	1.59913E-05	6.40471E-06
0.08	0.00013291	9.35192E-05	4.51797E-05	1.67801E-05	5.64951E-06
0.1	0.000203794	0.000127082	4.98234E-05	1.43857E-05	3.81589E-06
0.12	0.00030613	0.000170982	5.73143E-05	1.5358E-05	4.55416E-06
0.14	0.00044424	0.000223908	6.88645E-05	2.11067E-05	8.13652E-06
0.16	0.000603515	0.000267519	7.36467E-05	2.4685E-05	1.0261E-05
0.18	0.000760059	0.000277899	5.8733E-05	1.80967E-05	6.7427E-06
0.2	0.000901469	0.000247019	2.56574E-05	3.09237E-06	-6.94181E-07
0.22	0.001038011	0.000193001	-4.56072E-06	-7.10464E-06	-4.55976E-06
0.24	0.001190972	0.000146582	-6.74293E-06	4.7115E-07	1.04574E-06
0.26	0.001367074	0.00012407	2.44107E-05	2.34961E-05	1.28428E-05
0.28	0.001544671	0.000113263	6.54478E-05	4.24799E-05	1.94901E-05
0.3	0.00170032	9.87328E-05	8.93778E-05	4.09354E-05	1.39088E-05
0.32	0.001828547	8.10629E-05	8.70191E-05	2.0474E-05	7.2079E-07
0.34	0.001923466	6.03452E-05	5.88094E-05	-6.94909E-06	-1.04877E-05
0.36	0.001981225	3.81816E-05	1.54337E-05	-2.58614E-05	-1.21086E-05
0.38	0.002014182	2.95806E-05	-1.8539E-05	-2.20215E-05	-1.87009E-06
0.4	0.002042732	5.33921E-05	-1.89914E-05	7.19129E-06	1.48685E-05
0.42	0.002087064	0.000122484	2.43844E-05	4.97306E-05	2.84772E-05
0.44	0.002136249	0.000215538	8.73919E-05	7.74296E-05	2.8064E-05
0.46	0.002118505	0.000255473	0.000104608	5.38475E-05	5.16287E-06
0.48	0.001976767	0.000187274	3.83382E-05	-2.19713E-05	-3.02109E-05
0.5	0.001742792	4.9236E-05	-6.66359E-05	-9.49928E-05	-4.79919E-05
0.52	0.001476631	-8.74777E-05	-0.000138281	-0.000107383	-2.93117E-05
0.54	0.001218777	-0.000171478	-0.000132286	-4.58404E-05	1.43757E-05
0.56	0.001017898	-0.000154142	-3.04589E-05	6.25653E-05	5.57476E-05
0.58	0.000933065	5.62781E-06	0.000156034	0.000169681	7.29279E-05
0.6	0.000988078	0.000296833	0.000366873	0.000221669	5.86628E-05
0.62	0.001139776	0.00063277	0.000499393	0.000180426	2.0033E-05
0.64	0.001329192	0.000910569	0.00047759	5.93301E-05	-2.08754E-05
0.66	0.001532259	0.00107097	0.000307267	-7.28655E-05	-3.71444E-05
0.68	0.001742389	0.001091118	5.90927E-05	-0.000140439	-1.91631E-05
0.7	0.001936433	0.000957478	-0.000180991	-0.000114815	1.50434E-05
0.72	0.002058962	0.000653375	-0.00035409	-3.27134E-05	3.25492E-05
0.74	0.002040529	0.000176096	-0.000439088	3.43552E-05	1.26081E-05
0.76	0.001831401	-0.000435591	-0.000439816	3.30923E-05	-3.49077E-05
0.78	0.001390379	-0.001119745	-0.000389178	-4.60947E-05	-8.05749E-05
0.8	0.000686317	-0.001801582	-0.00033489	-0.000166398	-9.79393E-05

Tabel L.15 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif lantai Tipe 3

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.237E-05	2.399E-05	2.416E-05	2.42E-05	2.421E-05
0.04	9.648E-05	0.0001086	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.0001988	0.000243	0.0002503	0.0002517	0.0002521
0.08	0.000294	0.0004006	0.0004241	0.0004289	0.00043
0.1	0.0003989	0.0005963	0.0006548	0.0006684	0.0006716
0.12	0.0005543	0.0008651	0.0009848	0.001018	0.001026
0.14	0.0007663	0.001213	0.0014237	0.0014945	0.0015129
0.16	0.0009796	0.0015903	0.0019217	0.0020547	0.002094
0.18	0.0011215	0.0019206	0.0023997	0.0026244	0.0027001
0.2	0.0011765	0.0021648	0.0028143	0.0031612	0.0032941
0.22	0.0012148	0.0023593	0.0031931	0.0036896	0.0039033
0.24	0.0013323	0.0025853	0.0036015	0.0042675	0.0045848
0.26	0.0015519	0.0028881	0.0040655	0.004909	0.0053468
0.28	0.0017854	0.0032251	0.0045308	0.0055432	0.0061074
0.3	0.0019433	0.0035357	0.004942	0.0060971	0.0067787
0.32	0.0020178	0.0037979	0.0052972	0.0065556	0.0073294
0.34	0.0020252	0.0039788	0.0055841	0.006904	0.0077316
0.36	0.0019969	0.0040571	0.005783	0.0071324	0.0079695
0.38	0.0020013	0.004078	0.005914	0.0072773	0.0080849
0.4	0.0020992	0.0041262	0.0060219	0.0073949	0.0081511
0.42	0.0023121	0.0042867	0.0061622	0.0075387	0.0082444
0.44	0.0025447	0.0045296	0.0063104	0.0076695	0.0083449
0.46	0.0025376	0.0046068	0.0062629	0.007567	0.0082377
0.48	0.0021502	0.0042949	0.0058541	0.0070641	0.0077433
0.5	0.0015824	0.003654	0.0051727	0.0062709	0.0069482
0.52	0.0011142	0.0028749	0.0043772	0.0053803	0.0060243
0.54	0.0008835	0.0021406	0.0035654	0.0045123	0.0050878
0.56	0.0009516	0.0016824	0.0028862	0.0038006	0.0042883
0.58	0.0013373	0.0017335	0.0025605	0.0034109	0.0038169
0.6	0.0019321	0.0023421	0.0027294	0.0034184	0.0037621
0.62	0.0024724	0.003265	0.0033205	0.0037238	0.0040106
0.64	0.0027558	0.004163	0.0041624	0.0042077	0.004406
0.66	0.0028005	0.0048246	0.0051185	0.0048636	0.0049096
0.68	0.002733	0.005176	0.0060467	0.0057087	0.005549
0.7	0.0026131	0.0051997	0.006745	0.0066489	0.0063063
0.72	0.0023581	0.0048587	0.0069625	0.0074261	0.0070497
0.74	0.0018245	0.0040938	0.0064941	0.007701	0.0075602
0.76	0.0009542	0.0028767	0.0052813	0.0072069	0.0076115
0.78	-0.0002452	0.0011605	0.0033356	0.0057601	0.0069295
0.8	-0.0017145	-0.0010938	0.0006883	0.0032807	0.0052185

Tabel L.16 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat Tipe 3

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.23718E-05	1.61474E-06	1.72243E-07	4.08489E-08	1.39848E-08
0.04	9.64796E-05	1.2141E-05	1.55553E-06	3.23194E-07	9.99212E-08
0.06	0.000198794	4.41989E-05	7.27781E-06	1.42701E-06	3.85099E-07
0.08	0.000294038	0.000106546	2.34841E-05	4.81459E-06	1.15535E-06
0.1	0.000398901	0.00019742	5.84735E-05	1.36412E-05	3.13026E-06
0.12	0.000554339	0.000310751	0.000119674	3.32768E-05	7.91906E-06
0.14	0.000766256	0.000446702	0.000210744	7.07539E-05	1.84806E-05
0.16	0.000979627	0.000610707	0.000331369	0.000133008	3.92657E-05
0.18	0.001121531	0.000799115	0.000479066	0.000224729	7.56969E-05
0.2	0.001176544	0.000988207	0.00064952	0.000346927	0.000132866
0.22	0.001214786	0.001144523	0.000833829	0.000496484	0.000213728
0.24	0.001332328	0.00125302	0.001016141	0.000666005	0.000317354
0.26	0.001551894	0.001336251	0.001177382	0.000843438	0.000437839
0.28	0.001785352	0.001439746	0.001305741	0.001012397	0.000564209
0.3	0.001943275	0.001592428	0.001406263	0.001155098	0.000681598
0.32	0.002017824	0.001780066	0.001499299	0.001258389	0.000773859
0.34	0.002025183	0.001953589	0.001605307	0.001319883	0.000827609
0.36	0.00199687	0.002060229	0.001725892	0.001349453	0.000837014
0.38	0.002001332	0.002076658	0.001836047	0.001363306	0.000807553
0.4	0.002099193	0.00202705	0.001895675	0.001373005	0.000756132
0.42	0.002312139	0.001974592	0.001875425	0.00137657	0.000705715
0.44	0.002544672	0.001984924	0.001780822	0.001359035	0.000675453
0.46	0.002537597	0.002069245	0.001656094	0.00130407	0.000670708
0.48	0.002150197	0.002144702	0.001559166	0.001210029	0.000679195
0.5	0.001582407	0.002071619	0.001518723	0.0010982	0.000677254
0.52	0.001114177	0.001760772	0.001502219	0.001003113	0.000644067
0.54	0.000883548	0.001257011	0.001424817	0.000946895	0.000575503
0.56	0.00095161	0.000730758	0.001203843	0.000914374	0.000487745
0.58	0.001337335	0.000396162	0.000827027	0.000850358	0.00040598
0.6	0.001932116	0.000410003	0.000387317	0.000689	0.000343659
0.62	0.002472399	0.000792616	5.54545E-05	0.000403349	0.000286817
0.64	0.002755805	0.001407147	-5.0285E-07	4.52322E-05	0.000198349
0.66	0.002800487	0.002024136	0.000293874	-0.00025488	4.59663E-05
0.68	0.002732998	0.002443043	0.000870697	-0.00033805	-0.00015972
0.7	0.002613148	0.002586595	0.001545283	-9.6078E-05	-0.00034261
0.72	0.002358084	0.002500631	0.002103769	0.000463618	-0.0003764
0.74	0.001824499	0.002269312	0.00240029	0.001206904	-0.00014085
0.76	0.000954179	0.001922515	0.002404628	0.001925569	0.000404577
0.78	-0.00024521	0.001405689	0.002175093	0.00242451	0.001169374
0.8	-0.00171449	0.000620697	0.001782071	0.002592465	0.001937785

Tabel L.17 Contoh perhitungan mencari gaya horisontal lantai dan gaya geser dasar Tipe 3

t_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.369230621	5.277038246	4.831756051	4.355933243	3.874178232	23.708136
0.04	23.15510722	23.89652966	22.03522341	19.88987597	17.69587714	106.67261
0.06	47.71064971	53.4585188	50.05421532	45.30565556	40.33330967	236.86235
0.08	70.56916651	88.12854764	84.81369149	77.19894823	68.80614316	389.5165
0.1	95.73621233	131.1905599	130.9588427	120.3183693	107.4505037	585.65449
0.12	133.0412833	190.3196857	196.9527926	183.2473362	164.1535707	867.71467
0.14	183.9014288	266.8506494	284.7403464	269.0020065	242.0697853	1246.5642
0.16	235.1104724	349.8733756	384.3405104	369.8478575	335.0361601	1674.2084
0.18	269.1673461	422.5419491	479.9421736	472.3992576	432.0219545	2076.0727
0.2	282.3705981	476.2451608	562.8540528	569.015545	527.0502307	2417.5356
0.22	291.5487255	519.0480424	638.6275657	664.131905	624.5359464	2737.8922
0.24	319.7586544	568.7765142	720.2977978	768.1488568	733.575655	3110.5575
0.26	372.4545866	635.391844	813.1054223	883.6138058	855.4886594	3560.0543
0.28	428.4845615	709.5215408	906.1677062	997.7823706	977.1911596	4019.1473
0.3	466.3859264	777.8546875	988.3931309	1097.471546	1084.58595	4414.6912
0.32	484.2777297	835.5357667	1059.437682	1180.003872	1172.709826	4731.9649
0.34	486.0440315	875.3299857	1116.816013	1242.713384	1237.051593	4957.955
0.36	479.248876	892.5618116	1156.598224	1283.839856	1275.113193	5087.362
0.38	480.3197606	897.15786	1182.807426	1309.921712	1293.583392	5163.7901
0.4	503.8062707	907.7735021	1204.383671	1331.086259	1304.168912	5251.2186
0.42	554.9134542	943.0809179	1232.431346	1356.970839	1319.110674	5406.5072
0.44	610.7211975	996.5109461	1262.083417	1380.501412	1335.184909	5585.0019
0.46	609.0232367	1013.505272	1252.5873	1362.061144	1318.034298	5555.2113
0.48	516.0472492	944.8776759	1170.812952	1271.536916	1238.926182	5142.201
0.5	379.7777762	803.8858056	1034.54978	1128.770762	1111.712451	4458.6966
0.52	267.4025802	632.4888687	875.4337642	968.4507704	963.8958216	3707.6718
0.54	212.0516282	470.923095	713.0753503	812.2088872	814.0439116	3022.3029
0.56	228.3862874	370.1209643	577.2421812	684.1053251	686.1327922	2545.9876
0.58	320.9603472	381.3693494	512.1048883	613.9587769	610.6979813	2439.0913
0.6	463.7077391	515.2659883	545.8870557	615.3183027	601.9350516	2742.1141
0.62	593.3756599	718.303278	664.0938736	670.2872371	641.7016334	3287.7617
0.64	661.3932431	915.8493804	832.4897765	757.382596	704.9648429	3872.0798
0.66	672.1168434	1061.416928	1023.699226	875.4515317	785.5337414	4418.2183
0.68	655.9195528	1138.729076	1209.347668	1027.563395	887.8338569	4919.3935
0.7	627.1554976	1143.943471	1349.00526	1196.810654	1009.014241	5325.9291
0.72	565.9401027	1068.917273	1392.496776	1336.69837	1127.951616	5492.0041
0.74	437.8798771	900.6384412	1298.820314	1386.181053	1209.625335	5233.145
0.76	229.0030277	632.8726752	1056.264446	1297.240374	1217.834825	4433.2153
0.78	-58.85121526	255.3046294	667.1137659	1036.814231	1108.7125	3009.0939
0.8	-411.4780715	-240.6349098	137.6551853	590.5333808	834.964088	911.03967

Tabel L.18 Contoh perhitungan mencari momen lantai dan momen guling Tipe 3

t_i	$MI=F1 * H$	$MI=F2 * H$	$MI=F3 * H$	$MI=F4 * H$	$MI=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	751.6922869	1477.570709	2029.337542	2439.322616	2711.924763	9409.8479
0.04	3241.715011	6691.028305	9254.793834	11138.33055	12387.114	42712.982
0.06	6679.49096	14968.38527	21022.77043	25371.16711	28233.31677	96275.131
0.08	9879.683312	24675.99334	35621.75042	43231.41101	48164.30021	161573.14
0.1	13403.06973	36733.35677	55002.71391	67378.28678	75215.35261	247732.78
0.12	18625.77966	53289.51199	82720.17289	102618.5083	114907.4995	372161.47
0.14	25746.20003	74718.18184	119590.9455	150641.1236	169448.8497	540145.3
0.16	32915.46613	97964.54517	161423.0144	207114.8002	234525.3121	733943.14
0.18	37683.42845	118311.7458	201575.7129	264543.5843	302415.3682	924529.84
0.2	39531.88373	133348.645	236398.7022	318648.7052	368935.1615	1096863.1
0.22	40816.82156	145333.4519	268223.5776	371913.8668	437175.1625	1263462.9
0.24	44766.21162	159257.424	302525.0751	430163.3598	513502.9585	1450215
0.26	52143.64212	177909.7163	341504.2773	494823.7312	598842.0616	1665223.4
0.28	59987.83861	198666.0314	380590.4366	558758.1276	684033.8117	1882036.2
0.3	65294.02969	217799.3125	415125.115	614584.0655	759210.165	2072012.7
0.32	67798.88215	233950.0147	444963.8266	660802.1684	820896.8782	2228411.8
0.34	68046.1644	245092.396	469062.7255	695919.4952	865936.1148	2344056.9
0.36	67094.84264	249917.3073	485771.254	718950.3194	892579.2348	2414313
0.38	67244.76649	251204.2008	496779.1188	733556.1585	905508.3743	2454292.6
0.4	70532.8779	254176.5806	505841.1419	745408.3052	912918.2381	2488877.1
0.42	77687.88359	264062.657	517621.1653	759903.6697	923377.4716	2542652.8
0.44	85500.96766	279023.0649	530075.0353	773080.7906	934629.4365	2602309.3
0.46	85263.25314	283781.4762	526086.666	762754.2408	922624.0088	2580509.6
0.48	72246.61488	264565.7492	491741.44	712060.673	867248.3272	2407862.8
0.5	53168.88867	225088.0256	434510.9075	632111.6269	778198.7155	2123078.2
0.52	37436.36122	177096.8832	367682.181	542332.4314	674727.0751	1799274.9
0.54	29687.22795	131858.4666	299491.6471	454836.9768	569830.7381	1485705.1
0.56	31974.08024	103633.87	242441.7161	383098.9821	480292.9545	1241441.6
0.58	44934.11861	106783.4178	215084.0531	343816.9151	427488.5869	1138107.4
0.6	64919.08348	144274.4767	229272.5634	344578.2495	421354.5361	1204398.9
0.62	83072.59238	201124.9178	278919.4269	375360.8528	449191.1434	1387668.9
0.64	92595.05404	256437.8265	349645.7061	424134.2538	493475.39	1616288.2
0.66	94096.35807	297196.7399	429953.6748	490252.8577	549873.619	1861373.2
0.68	91828.73739	318844.1414	507926.0207	575435.5012	621483.6998	2115518.1
0.7	87801.76967	320304.1719	566582.2092	670213.9661	706309.9689	2351212.1
0.72	79231.61438	299296.8365	584848.6461	748551.087	789566.1313	2501494.3
0.74	61303.18279	252178.7635	545504.5318	776261.3895	846737.7344	2481985.6
0.76	32060.42388	177204.3491	443631.0673	726454.6097	852484.3773	2231834.8
0.78	-8239.170136	71485.29623	280187.7817	580615.9694	776098.7499	1700148.6
0.8	-57606.93	-67377.7747	57815.17784	330698.6933	584474.8616	848004.03

Tabel L.19 Contoh perhitungan mencari nilai g_1 tipe 4

i	t_i	$(y_g)_i$	$\Delta(y_g)_i =$ $((y_g)_{i+1}) - (y_g)_i$	$g_{2i+1} =$ $g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta'p = \Delta(y_g) + a*$ $g_{li} + b*g_{2i}$	$g_i = \Delta'p_i/k$	$\Delta g_{li} = (2*\Delta g_i/t_i) -$ $(2*g_{li})$	$\Delta g_{2i} = ((4*(\Delta g_i - t_i*$ $g_{li}))/t_i^2) - 2*g_{2i}$	$g_{li+1} =$ $g_{li} + \Delta g_{li}$	$g_{i+1} = g_i +$ Δg_i
0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.40078E-05	0.0024008	0.240078	0	0
1	0.02	0.243319	-0.1027347	0.24007798	0.861250397	8.49778E-05	0.0036962	-0.1105335	0.0024008	2.4008E-05
2	0.04	0.1405843	-0.1023485	0.12954446	1.385469681	0.000136701	0.0014761	-0.1114748	0.006097	0.00010899
3	0.06	0.0382358	0.1270666	0.01806969	1.689422037	0.000166692	0.0015229	0.1161501	0.0075731	0.00024569
4	0.08	0.1653025	0.1274528	0.13421981	2.229017523	0.000219933	0.0038012	0.1116789	0.009096	0.00041238
5	0.1	0.2927553	0.1270666	0.24589867	3.218041781	0.000317518	0.0059573	0.1039345	0.0128972	0.00063231
6	0.12	0.4198219	-0.1564194	0.34983314	4.343003048	0.000428515	0.0051424	-0.1854215	0.0188545	0.00094983
7	0.14	0.2634025	-0.1564194	0.16441164	5.008517559	0.00049418	0.001424	-0.1864183	0.023997	0.00137834
8	0.16	0.1069831	-0.1564194	-0.0220067	4.92266963	0.00048571	-0.0022711	-0.183096	0.025421	0.00187253
9	0.18	-0.0494362	0.1915655	-0.2051027	4.446768898	0.000438754	-0.0024245	0.1677531	0.0231499	0.00235823
10	0.2	0.1421292	0.1915655	-0.0373496	4.293651086	0.000423647	0.0009138	0.166083	0.0207254	0.00279699
11	0.22	0.3336947	0.1915655	0.12873346	4.809933084	0.000474592	0.0041807	0.1606036	0.0216393	0.00322064
12	0.24	0.5252601	-0.2444777	0.28933702	5.537694511	0.000546393	0.0029994	-0.2787362	0.02582	0.00369523
13	0.26	0.2807824	-0.2444777	0.01060081	5.584686799	0.00055103	-0.0025357	-0.2747731	0.0288193	0.00424162
14	0.28	0.0363047	0.1259079	-0.2641723	4.894503583	0.000482931	-0.0042742	0.1009262	0.0262836	0.00479265
15	0.3	0.1622127	-0.0768579	-0.1632461	4.032213984	0.00039785	-0.0042339	-0.0968933	0.0220094	0.00527558
16	0.32	0.0853548	-0.0772441	-0.2601393	2.98479266	0.000294503	-0.0061008	-0.0898054	0.0177756	0.00567343
17	0.34	0.0081106	0.1633713	-0.3499448	1.816294766	0.00017921	-0.0054285	0.1570404	0.0116748	0.00596794
18	0.36	0.171482	0.1633713	-0.1929044	1.036371488	0.000102257	-0.0022669	0.1591235	0.0062463	0.00614715
19	0.38	0.3348533	0.1633713	-0.0337809	0.897779417	8.85821E-05	0.0008994	0.1575013	0.0039794	0.0062494
20	0.4	0.4982247	0.1633713	0.12372031	1.394036744	0.000137547	0.0039971	0.1522671	0.0048788	0.00633798

Tabel L.20 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo Tipe 4

t_i	$ZI=l' * g1$	$ZI=l' * g2$	$ZI=l' * g3$	$ZI=l' * g4$	$ZI=l' * g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	7.91381E-06	6.85428E-06	4.53711E-06	2.30083E-06	8.28499E-07
0.04	3.59208E-05	2.99983E-05	1.88281E-05	9.06121E-06	3.14065E-06
0.06	8.09578E-05	6.32262E-05	3.58133E-05	1.55055E-05	4.9591E-06
0.08	0.00013584	9.56753E-05	4.56761E-05	1.62701E-05	4.41142E-06
0.1	0.000208209	0.000129981	5.03721E-05	1.39484E-05	3.01539E-06
0.12	0.000312654	0.000174846	5.79466E-05	1.48911E-05	3.56201E-06
0.14	0.000453552	0.000228928	6.96247E-05	2.04652E-05	6.28342E-06
0.16	0.000615906	0.000273457	7.44602E-05	2.39349E-05	7.91357E-06
0.18	0.000775223	0.00028396	5.93834E-05	1.75467E-05	5.24253E-06
0.2	0.000918773	0.000252241	2.59448E-05	2.99825E-06	-4.51251E-07
0.22	0.001057027	0.000196873	-4.60608E-06	-6.88894E-06	-3.46219E-06
0.24	0.00121174	0.000149345	-6.81521E-06	4.56818E-07	7.62806E-07
0.26	0.001389763	0.000126359	2.46762E-05	2.27824E-05	9.79795E-06
0.28	0.001568934	0.00011542	6.61605E-05	4.11894E-05	1.50033E-05
0.3	0.001725263	0.000100716	9.03533E-05	3.96916E-05	1.08891E-05
0.32	0.001853166	8.2822E-05	8.79728E-05	1.98514E-05	8.4561E-07
0.34	0.001946653	6.18034E-05	5.94601E-05	-6.73884E-06	-7.88815E-06
0.36	0.002001842	3.9276E-05	1.56144E-05	-2.50764E-05	-9.42092E-06
0.38	0.002031451	3.05821E-05	-1.87288E-05	-2.13525E-05	-1.7935E-06
0.4	0.002056427	5.49999E-05	-1.91895E-05	6.97361E-06	1.11018E-05
0.42	0.002097509	0.000125686	2.46542E-05	4.82209E-05	2.19117E-05
0.44	0.0021436	0.000220809	8.83443E-05	7.50779E-05	2.20577E-05
0.46	0.002121361	0.000261474	0.000105745	5.2211E-05	4.67664E-06
0.48	0.00197254	0.000191406	3.87513E-05	-2.13056E-05	-2.2804E-05
0.5	0.001729789	4.98656E-05	-6.73665E-05	-9.21089E-05	-3.72064E-05
0.52	0.001454717	-9.02301E-05	-0.000139791	-0.000104122	-2.3548E-05
0.54	0.001188913	-0.000176225	-0.000133729	-4.44462E-05	9.97103E-06
0.56	0.000982299	-0.000158338	-3.07915E-05	6.06679E-05	4.25791E-05
0.58	0.000895377	5.45401E-06	0.000157737	0.000164529	5.70397E-05
0.6	0.000952494	0.000303795	0.000370883	0.000214935	4.69362E-05
0.62	0.001109418	0.000647816	0.000504863	0.000174941	1.70416E-05
0.64	0.001305704	0.000932109	0.000482841	5.75211E-05	-1.56546E-05
0.66	0.001516578	0.001095968	0.000310677	-7.0658E-05	-2.97028E-05
0.68	0.001735129	0.001116025	5.98006E-05	-0.000136174	-1.66726E-05
0.7	0.001937498	0.000978529	-0.000182915	-0.000111324	1.01833E-05
0.72	0.002066821	0.000666581	-0.000357934	-3.17121E-05	2.5222E-05
0.74	0.002051934	0.000177606	-0.000443907	3.3319E-05	1.13669E-05
0.76	0.001841915	-0.00044851	-0.000444691	3.20902E-05	-2.4952E-05
0.78	0.001394663	-0.001148209	-0.000393535	-4.46972E-05	-6.14239E-05
0.8	0.000678462	-0.001844872	-0.000338664	-0.000161349	-7.68605E-05

Tabel L.21 Contoh perhitungan mencari simpangan relati lantai Tipe 4

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.243E-05	2.4E-05	2.416E-05	2.419E-05	2.421E-05
0.04	9.695E-05	0.0001087	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.0002005	0.0002434	0.0002503	0.0002517	0.000252
0.08	0.0002979	0.0004019	0.0004243	0.0004289	0.00043
0.1	0.0004055	0.0005995	0.0006556	0.0006685	0.0006715
0.12	0.0005639	0.0008714	0.0009866	0.0010184	0.001026
0.14	0.0007789	0.0012233	0.0014276	0.0014953	0.0015131
0.16	0.0009957	0.0016055	0.0019286	0.0020565	0.0020943
0.18	0.0011414	0.001941	0.0024107	0.0026277	0.0027007
0.2	0.0011995	0.0021902	0.0028301	0.0031665	0.0032947
0.22	0.0012389	0.0023894	0.003214	0.0036973	0.0039038
0.24	0.0013555	0.0026189	0.0036269	0.0042776	0.0045843
0.26	0.0015734	0.0029229	0.0040943	0.0049208	0.0053441
0.28	0.0018067	0.0032586	0.004561	0.0055553	0.0061009
0.3	0.0019669	0.0035666	0.0049708	0.0061071	0.006766
0.32	0.0020447	0.0038263	0.0053218	0.0065605	0.0073081
0.34	0.0020533	0.0040062	0.0056019	0.0069003	0.0076987
0.36	0.0020222	0.0040843	0.0057925	0.0071165	0.0079225
0.38	0.0020202	0.0041034	0.0059147	0.0072462	0.0080216
0.4	0.0021103	0.0041457	0.0060133	0.0073467	0.0080699
0.42	0.002318	0.0042948	0.0061429	0.0074729	0.0081448
0.44	0.0025499	0.0045229	0.0062779	0.0075865	0.0082269
0.46	0.0025455	0.0045861	0.0062137	0.007468	0.0081023
0.48	0.0021586	0.0042646	0.005786	0.0069501	0.0075918
0.5	0.001583	0.0036189	0.0050867	0.0061426	0.006782
0.52	0.001097	0.0028357	0.0042772	0.0052379	0.0058449
0.54	0.0008445	0.0020914	0.0034571	0.0043568	0.0048966
0.56	0.0008964	0.0016142	0.0027732	0.0036341	0.0040874
0.58	0.0012801	0.0016403	0.0024419	0.0032365	0.0036088
0.6	0.001889	0.002228	0.0026003	0.0032395	0.0035503
0.62	0.0024541	0.0031461	0.0031759	0.0035432	0.0037989
0.64	0.0027625	0.0040621	0.0040038	0.0040272	0.0041987
0.66	0.0028229	0.0047615	0.0049574	0.004685	0.0047111
0.68	0.0027581	0.0051578	0.0059037	0.0055356	0.0053642
0.7	0.002632	0.0052181	0.0066425	0.0064892	0.0061409
0.72	0.002369	0.0048947	0.0069148	0.0072921	0.00691
0.74	0.0018303	0.0041281	0.0065008	0.0076071	0.0074526
0.76	0.0009559	0.0028982	0.0053268	0.0071648	0.007541
0.78	-0.0002532	0.001168	0.0033963	0.005773	0.0068969
0.8	-0.0017433	-0.0010972	0.0007429	0.0033402	0.005219

Tabel L.22 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat Tipe 4

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.24345E-05	1.56243E-06	1.61417E-07	3.6055E-08	1.34507E-08
0.04	9.6949E-05	1.17638E-05	1.47014E-06	2.96327E-07	9.58285E-08
0.06	0.000200462	4.29562E-05	6.91406E-06	1.33795E-06	3.6869E-07
0.08	0.000297873	0.00010405	2.24026E-05	4.56067E-06	1.10589E-06
0.1	0.000405526	0.00019401	5.60316E-05	1.29818E-05	2.99951E-06
0.12	0.0005639	0.000307451	0.000115287	3.17703E-05	7.60101E-06
0.14	0.000778853	0.000444466	0.000204233	6.77777E-05	1.77686E-05
0.16	0.000995672	0.000609829	0.000323099	0.0001279	3.78096E-05
0.18	0.001141356	0.000799597	0.000469736	0.000216999	7.29826E-05
0.2	0.001199505	0.000990706	0.000639852	0.000336409	0.000128237
0.22	0.001238943	0.001150506	0.000824512	0.000483355	0.000206456
0.24	0.001355489	0.001263383	0.001008022	0.000650682	0.000306746
0.26	0.001573379	0.001349503	0.001171427	0.000826458	0.000423357
0.28	0.001806707	0.001451941	0.001302341	0.000994314	0.000545583
0.3	0.001966914	0.001599681	0.001404205	0.0011363	0.000658906
0.32	0.002044657	0.00178168	0.001495437	0.001238742	0.00074756
0.34	0.002053289	0.001952875	0.001595752	0.001298341	0.000798473
0.36	0.002022235	0.002062026	0.001708283	0.001323987	0.000805949
0.38	0.002020158	0.002083247	0.001811305	0.001331531	0.000775334
0.4	0.002110313	0.002035343	0.001867626	0.001333456	0.000723151
0.42	0.002317982	0.001976844	0.001848073	0.001329974	0.000671903
0.44	0.002549889	0.001973043	0.001754919	0.001308618	0.000640468
0.46	0.002545468	0.002040642	0.001627618	0.001254283	0.000634329
0.48	0.002158588	0.002105966	0.001521486	0.001164089	0.000641688
0.5	0.001582973	0.002035908	0.001467811	0.00105591	0.000639436
0.52	0.001097026	0.001738627	0.001441547	0.000960744	0.000606951
0.54	0.000844484	0.001246962	0.001365625	0.000899779	0.000539745
0.56	0.000896416	0.000717791	0.001159011	0.000860888	0.000453306
0.58	0.001280137	0.000360194	0.000801602	0.000794524	0.000372375
0.6	0.001889044	0.000338999	0.000372208	0.000639258	0.000310763
0.62	0.00245408	0.000692006	2.97835E-05	0.000367333	0.000255719
0.64	0.00276252	0.001299534	-5.8241E-05	2.33717E-05	0.000171491
0.66	0.002822862	0.001938613	0.000195948	-0.00027246	2.61095E-05
0.68	0.002758107	0.002399742	0.000745895	-0.00036815	-0.00017142
0.7	0.002631972	0.002586116	0.001424361	-0.00015321	-0.00034836
0.72	0.002368978	0.002525701	0.002020092	0.000377331	-0.00038213
0.74	0.001830318	0.002297775	0.002372673	0.001106377	-0.00015452
0.76	0.000955853	0.001942359	0.002428599	0.001837973	0.000376177
0.78	-0.0002532	0.001421241	0.002228284	0.0023767	0.001123878
0.8	-0.00174328	0.000646075	0.001840095	0.002597329	0.001878787

Tabel L.23 Contoh perhitungan mencari gaya horisontal lantai dan gaya geser dasar

Tipe 4

t_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.384286494	5.279331082	4.831675345	4.354997715	3.873261185	23.723552
-0.04	23.26777146	23.91683332	22.03660437	19.88628275	17.69202834	106.79952
0.06	48.11084311	53.55197245	50.06642329	45.30061201	40.326201	237.35605
0.08	71.48953753	88.42304998	84.8651159	77.19952465	68.79874174	390.77597
0.1	97.32620806	131.8978359	131.1134377	120.3388176	107.4477592	588.12406
0.12	135.3359559	191.6971751	197.3275797	183.3134673	164.1614664	871.83564
0.14	186.9248273	269.1303498	285.510639	269.1595689	242.0959196	1252.8213
0.16	238.9612051	353.2100599	385.7199412	370.1700081	335.08955	1683.1508
0.18	273.9253965	427.0096297	482.1378131	472.9838862	432.1073418	2088.1641
0.2	287.8812941	481.846558	566.0127573	569.9651546	527.1536858	2432.8594
0.22	297.3464132	525.6788909	642.7922266	665.5169097	624.603547	2755.938
0.24	325.3174658	576.1519845	725.3789102	769.9637102	733.4915961	3130.3037
0.26	377.610955	643.0340386	818.861733	885.7380101	855.0597986	3580.3045
0.28	433.6096056	716.9025212	912.1977088	999.9544019	976.1416754	4038.8059
0.3	472.0592714	784.6507602	994.1599681	1099.278012	1082.561045	4432.7091
0.32	490.7177808	841.7943205	1064.355033	1180.893016	1169.292203	4747.0524
0.34	492.7894212	881.3560347	1120.383072	1242.046055	1231.796628	4968.3712
0.36	485.3364727	898.5374946	1158.508868	1280.975634	1267.596826	5090.9553
0.38	484.8378856	902.7489817	1182.941979	1304.323411	1283.452092	5158.3043
0.4	506.4750701	912.0442591	1202.656323	1322.412732	1291.182183	5234.7706
0.42	556.3156603	944.8616822	1228.579764	1345.117172	1303.164193	5378.0385
0.44	611.9733261	995.0449726	1255.57006	1365.564278	1316.309846	5544.4625
0.46	610.9124346	1008.944323	1242.745629	1344.241975	1296.374324	5503.2187
0.48	518.0610108	938.2017924	1157.207877	1251.02317	1214.690651	5079.1845
0.5	379.9135296	796.1538744	1017.338514	1105.668376	1085.126053	4384.2003
0.52	263.2862882	623.8436745	855.4400611	942.8298946	935.1831352	3620.5831
0.54	202.6761193	460.1180734	691.4142007	784.232971	783.4551123	2921.8965
0.56	215.1398859	355.1255541	554.6436718	654.1391548	653.9859739	2433.0342
0.58	307.2329223	360.8729647	488.3866918	582.5622922	577.4131845	2316.4681
0.6	453.3705497	490.1695424	520.0502804	583.1117707	568.0436951	2614.7458
0.62	588.979144	692.1389461	635.1739302	637.7764955	607.8275149	3161.896
0.64	663.0047966	893.6518209	800.7625779	724.8932198	671.7881182	3754.1005
0.66	677.486942	1047.524462	991.4845819	843.2936373	753.771857	4313.5615
0.68	661.945791	1134.726867	1180.748959	996.4072702	858.2679351	4832.0968
0.7	631.6733901	1147.97953	1328.49002	1168.063226	982.5415219	5258.7477
0.72	568.5546878	1076.829316	1382.954096	1312.578334	1105.595228	5446.5117
0.74	439.2764151	908.1805414	1300.153364	1369.285959	1192.419796	5209.3161
0.76	229.4047009	637.6066084	1065.36222	1289.661174	1206.553838	4428.5885
0.78	-60.76854389	256.968454	679.264529	1039.14405	1103.504141	3018.1126
0.8	-418.3879246	-241.3858618	148.5773049	601.2387541	835.0403283	925.0826

Tabel L.24 Contoh perhitungan mencari momen lantai dan momen guling Tipe 4

t_i	$MI=F1 * H$	$MI=F2 * H$	$MI=F3 * H$	$MI=F4 * H$	$MI=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	753.8001092	1478.212703	2029.303645	2438.79872	2711.282829	9411.398
0.04	3257.488004	6696.713329	9255.373836	11136.31834	12384.41984	42730.313
0.06	6735.518035	14994.55229	21027.89778	25368.34273	28228.3407	96354.652
0.08	10008.53525	24758.454	35643.34868	43231.7338	48159.11922	161801.19
0.1	13625.66913	36931.39406	55067.64385	67389.73787	75213.43145	248227.88
0.12	18947.03383	53675.20903	82877.58346	102655.5417	114913.0265	373068.39
0.14	26169.47582	75356.49795	119914.4684	150729.3586	169467.1437	541636.94
0.16	33454.56872	98898.81676	162002.3753	207295.2045	234562.685	736213.65
0.18	38349.55551	119562.6963	202497.8815	264870.9763	302475.1393	927756.25
0.2	40303.38118	134917.0362	237725.3581	319180.4866	369007.5801	1101133.8
0.22	41628.49785	147190.0895	269972.7352	372689.4694	437222.4829	1268703.3
0.24	45544.44521	161322.5557	304659.1423	431179.6777	513444.1173	1456149.9
0.26	52865.5337	180049.5308	343921.9279	496013.2857	598541.859	1671392.1
0.28	60705.34478	200732.7059	383123.0377	559974.4651	683299.1728	1887834.7
0.3	66088.29799	219702.2129	417547.1866	615595.6867	757792.7317	2076726.1
0.32	68700.48932	235702.4098	447029.1138	661300.0891	818504.5423	2231236.6
0.34	68990.51896	246779.6897	470560.8903	695545.7909	862257.6399	2344134.5
0.36	67947.10618	251590.4985	486573.7245	717346.3549	887317.7783	2410775.5
0.38	67877.30398	252769.7149	496835.6312	730421.1101	898416.4642	2446320.2
0.4	70906.50981	255372.3925	505115.6557	740551.1302	903827.5284	2475773.2
0.42	77884.19244	264561.271	516003.5007	753265.6161	912214.9349	2523929.5
0.44	85676.26566	278612.5923	527339.4253	764715.9956	921416.8919	2577761.2
0.46	85527.74084	282504.4105	521953.1641	752775.5061	907462.0269	2550222.8
0.48	72528.54152	262696.5019	486027.3084	700572.9752	850283.4559	2372108.8
0.5	53187.89414	222923.0848	427282.176	619174.2906	759588.237	2082155.7
0.52	36860.08035	174676.2288	359284.8257	527984.741	654628.1946	1753434.1
0.54	28374.6567	128833.0605	290393.9643	439170.4638	548418.5786	1435190.7
0.56	30119.58402	99435.15515	232950.3421	366317.9267	457790.1817	1186613.2
0.58	43012.60913	101044.4301	205122.4106	326234.8837	404189.2291	1079603.6
0.6	63471.87696	137247.4719	218421.1178	326542.5916	397630.5865	1143313.6
0.62	82457.08016	193798.9049	266773.0507	357154.8375	425479.2605	1325663.1
0.64	92820.67153	250222.5099	336320.2827	405940.2031	470251.6828	1555555.3
0.66	94848.17188	293306.8494	416423.5244	472244.4369	527640.2999	1804463.3
0.68	92672.41075	317723.5229	495914.5626	557988.0713	600787.5546	2065086.1
0.7	88434.27461	321434.2684	557965.8084	654115.4064	687779.0653	2309728.8
0.72	79597.65629	301512.2084	580840.7202	735043.8672	773916.6598	2470911.1
0.74	61498.69811	254290.5516	546064.413	766800.1372	834693.8575	2463347.7
0.76	32116.65812	178529.8504	447452.1323	722210.2575	844587.6864	2224896.6
0.78	-8507.596145	71951.16712	285291.1022	581920.6681	772452.8984	1703108.2
0.8	-58574.30944	-67588.0413	62402.46805	336693.7023	584528.2298	857462.05

Tabel L.25 Contoh perhitungan mencari nilai g_1 tipe 5

i	t_i	$(y_g)_i$	$\Delta(y_g)_i =$ $((y_g)_{i+1}) - (y_g)_i$	$g_{2i+1} =$ $g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta'p = \Delta(y_g) + a*$ $g_{li} + b * g_{2i}$	$g_i = \Delta'p_i / k$	$\Delta g_{li} = (2 * \Delta g_i / t_i) -$ $(2 * g_{li})$	$\Delta g_{2i} = ((4 * (\Delta g_i - t_i * g_{li})) / t_i^2) - 2 * g_{2i}$	$g_{li+1} =$ $g_{li} + \Delta g_{li}$	$g_{i+1} = g_i +$ Δg_i
0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.40031E-05	0.0024003	0.2400306	0	0
1	0.02	0.243319	-0.1027347	0.24003061	0.861105332	8.49468E-05	0.0036941	-0.1106548	0.0024003	2.4003E-05
2	0.04	0.1405843	-0.1023485	0.1293758	1.384716103	0.0001366	0.0014713	-0.1116237	0.0060944	0.00010895
3	0.06	0.0382358	0.1270666	0.01775205	1.687418106	0.000166461	0.0015148	0.1159791	0.0075656	0.00024555
4	0.08	0.1653025	0.1274528	0.13373113	2.225075035	0.0002195	0.0037891	0.1114451	0.0090805	0.00041201
5	0.1	0.2927553	0.1270666	0.24517626	3.211262369	0.000316786	0.0059395	0.1035993	0.0128696	0.00063151
6	0.12	0.4198219	-0.1564194	0.34877551	4.332077558	0.000427353	0.0051172	-0.1858352	0.0188091	0.0009483
7	0.14	0.2634025	-0.1564194	0.16294026	4.991754062	0.00049243	0.0013906	-0.1868254	0.0239262	0.00137565
8	0.16	0.1069831	-0.1564194	-0.0235851	4.898377371	0.000483218	-0.0023118	-0.1834096	0.0253168	0.00186808
9	0.18	-0.0494362	0.1915655	-0.2072947	4.413603062	0.000435395	-0.0024704	0.1675464	0.023005	0.0023513
10	0.2	0.1421292	0.1915655	-0.0397482	4.250783866	0.000419334	0.0008642	0.1659207	0.0205346	0.00278669
11	0.22	0.3336947	0.1915655	0.12617244	4.756812146	0.000469252	0.0041277	0.1604203	0.0213988	0.00320603
12	0.24	0.5252601	-0.2444777	0.28659276	5.473532958	0.000539956	0.0029427	-0.2789163	0.0255264	0.00367528
13	0.26	0.2807824	-0.2444777	0.00767648	5.508796512	0.000543435	-0.0025948	-0.2748352	0.0284691	0.00421524
14	0.28	0.0363047	0.1259079	-0.2671587	4.806528296	0.000474157	-0.0043329	0.1010226	0.0258743	0.00475867
15	0.3	0.1622127	-0.0768579	-0.1661362	3.932506954	0.000387936	-0.0042891	-0.0966419	0.0215414	0.00523283
16	0.32	0.0853548	-0.0772441	-0.262778	2.874365616	0.000283552	-0.0061493	-0.0893705	0.0172522	0.00562076
17	0.34	0.0081106	0.1633713	-0.3521485	1.696863037	0.000167393	-0.0054666	0.1576348	0.011103	0.00590432
18	0.36	0.171482	0.1633713	-0.1945137	0.910341342	8.98038E-05	-0.0022923	0.1597978	0.0056363	0.00607171
19	0.38	0.3348533	0.1633713	-0.034716	0.767927191	7.57549E-05	0.0008874	0.1581722	0.003344	0.00616151
20	0.4	0.4982247	0.1633713	0.12345622	1.263126491	0.000124606	0.0039977	0.152854	0.0042314	0.00623727

Tabel L.26 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo tipe 5

t_i	$ZI=\Gamma * g1$	$ZI=\Gamma * g2$	$ZI=\Gamma * g3$	$ZI=\Gamma * g4$	$ZI=\Gamma * g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	8.10344E-06	6.99705E-06	4.56878E-06	2.21672E-06	6.09779E-07
0.04	3.67735E-05	3.06186E-05	1.89583E-05	8.73E-06	2.31399E-06
0.06	8.28476E-05	6.45159E-05	3.6056E-05	1.49387E-05	3.66214E-06
0.08	0.00013893	9.7584E-05	4.59749E-05	1.56755E-05	3.27379E-06
0.1	0.000212804	0.000132504	5.06871E-05	1.34388E-05	2.25336E-06
0.12	0.000319351	0.00017816	5.82993E-05	1.43471E-05	2.64656E-06
0.14	0.000462977	0.000233177	7.00485E-05	1.97174E-05	4.63368E-06
0.16	0.000628222	0.000278396	7.49126E-05	2.30602E-05	5.83063E-06
0.18	0.000789901	0.000288849	5.97314E-05	1.69055E-05	3.88048E-06
0.2	0.000934891	0.000256209	2.60699E-05	2.88882E-06	-2.96499E-07
0.22	0.001073859	0.000199502	-4.66951E-06	-6.63699E-06	-2.5271E-06
0.24	0.00122904	0.000150932	-6.85711E-06	4.40138E-07	5.43904E-07
0.26	0.001407411	0.000127581	2.48887E-05	2.19495E-05	7.17315E-06
0.28	0.001586234	0.000116679	6.6673E-05	3.96837E-05	1.10413E-05
0.3	0.001740924	0.000102044	9.10075E-05	3.82409E-05	8.09166E-06
0.32	0.001865781	8.42034E-05	8.8552E-05	1.91263E-05	7.48116E-07
0.34	0.001954734	6.31654E-05	5.97754E-05	-6.49168E-06	-5.7229E-06
0.36	0.002003912	4.05237E-05	1.55848E-05	-2.41591E-05	-6.97293E-06
0.38	0.002026488	3.18983E-05	-1.89862E-05	-2.0572E-05	-1.4713E-06
0.4	0.002044087	5.69365E-05	-1.93861E-05	6.71794E-06	8.01884E-06
0.42	0.002078121	0.000129039	2.48522E-05	4.64572E-05	1.61151E-05
0.44	0.002117388	0.000225892	8.90533E-05	7.2333E-05	1.64245E-05
0.46	0.002086943	0.000266948	0.000106579	5.03031E-05	3.7473E-06
0.48	0.001927353	0.00019482	3.90579E-05	-2.05251E-05	-1.65768E-05
0.5	0.001672366	4.97404E-05	-6.78789E-05	-8.87401E-05	-2.74828E-05
0.52	0.001385424	-9.36721E-05	-0.000140847	-0.000100315	-1.77511E-05
0.54	0.001109455	-0.000181525	-0.000134711	-4.28231E-05	6.85378E-06
0.56	0.000895859	-0.000162955	-3.09718E-05	5.84471E-05	3.11688E-05
0.58	0.000806769	4.85424E-06	0.000158943	0.000158512	4.23492E-05
0.6	0.000867133	0.000310093	0.000373559	0.000207078	3.53141E-05
0.62	0.00103151	0.000661742	0.000508323	0.00016855	1.32709E-05
0.64	0.001237741	0.000951927	0.000485894	5.54248E-05	-1.1302E-05
0.66	0.001460142	0.001118538	0.000312283	-6.80693E-05	-2.23161E-05
0.68	0.001691284	0.001137762	5.95571E-05	-0.000131195	-1.31144E-05
0.7	0.001906366	0.000995789	-0.000184709	-0.000107258	6.84334E-06
0.72	0.0020468	0.000675734	-0.000360569	-3.05601E-05	1.8583E-05
0.74	0.002039431	0.000175426	-0.000446635	3.20938E-05	9.06654E-06
0.76	0.001831965	-0.00046395	-0.000446966	3.09141E-05	-1.74995E-05
0.78	0.001381321	-0.001177135	-0.000395214	-4.30606E-05	-4.48789E-05
0.8	0.000655259	-0.001885726	-0.00034003	-0.000155445	-5.71489E-05

Tabel L.27 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif lantai tipe 5

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.25E-05	2.401E-05	2.416E-05	2.42E-05	2.421E-05
0.04	9.739E-05	0.0001088	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.000202	0.0002438	0.0002504	0.0002517	0.0002521
0.08	0.0003014	0.0004031	0.0004245	0.0004289	0.0004299
0.1	0.0004117	0.0006023	0.000656	0.0006684	0.0006713
0.12	0.0005728	0.0008767	0.0009877	0.0010181	0.0010254
0.14	0.0007906	0.0012321	0.0014298	0.0014947	0.0015118
0.16	0.0010104	0.0016182	0.0019327	0.0020555	0.0020919
0.18	0.0011593	0.0019577	0.0024172	0.0026261	0.0026963
0.2	0.0012198	0.0022106	0.0028391	0.003164	0.0032873
0.22	0.0012595	0.0024126	0.003225	0.0036934	0.0038918
0.24	0.0013741	0.002643	0.0036388	0.0042712	0.0045659
0.26	0.001589	0.0029453	0.0041051	0.0049101	0.0053166
0.28	0.0018203	0.0032764	0.0045678	0.0055378	0.0060611
0.3	0.0019803	0.0035775	0.0049699	0.006079	0.0067102
0.32	0.0020584	0.0038296	0.0053092	0.0065175	0.0072323
0.34	0.0020655	0.0040023	0.0055741	0.0068376	0.0075988
0.36	0.0020289	0.0040733	0.0057467	0.0070295	0.0077948
0.38	0.0020174	0.0040835	0.0058493	0.007131	0.0078633
0.4	0.0020964	0.0041126	0.0059273	0.007201	0.0078793
0.42	0.0022946	0.0042433	0.006035	0.0072961	0.0079214
0.44	0.0025211	0.0044493	0.0061457	0.0073794	0.0079713
0.46	0.0025145	0.0044905	0.0060546	0.0072323	0.0078159
0.48	0.0021241	0.004151	0.0055985	0.0066877	0.0072767
0.5	0.001538	0.0034927	0.0048723	0.0058554	0.0064408
0.52	0.0010328	0.0026994	0.0040411	0.0049282	0.0054808
0.54	0.0007573	0.0019422	0.0032066	0.0040278	0.0045138
0.56	0.0007915	0.0014456	0.0025145	0.0032904	0.0036911
0.58	0.0011714	0.0014484	0.0021775	0.0028844	0.0032054
0.6	0.0017932	0.0020172	0.0023288	0.0028859	0.0031467
0.62	0.0023834	0.002932	0.0028955	0.0031944	0.0034028
0.64	0.0027197	0.0038676	0.0037175	0.0036882	0.0038173
0.66	0.0028006	0.0046078	0.0046771	0.0043601	0.0043517
0.68	0.0027443	0.0050553	0.0056497	0.00523	0.0050338
0.7	0.002617	0.0051621	0.0064373	0.0062113	0.0058468
0.72	0.00235	0.0048688	0.0067746	0.0070538	0.006659
0.74	0.0018094	0.004113	0.0064275	0.0074222	0.0072506
0.76	0.0009345	0.0028806	0.0053073	0.0070445	0.0073909
0.78	-0.000279	0.001144	0.003408	0.0057209	0.0067971
0.8	-0.0017831	-0.001126	0.0007633	0.003348	0.0051618

Tabel L.28 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat tipe 5

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.24958E-05	1.51253E-06	1.53051E-07	4.01849E-08	1.29241E-08
0.04	9.73944E-05	1.14052E-05	1.39829E-06	3.05956E-07	9.31379E-08
0.06	0.00020202	4.17679E-05	6.59004E-06	1.31659E-06	3.59907E-07
0.08	0.000301438	0.000101623	2.14049E-05	4.39021E-06	1.07656E-06
0.1	0.000411687	0.000190576	5.37208E-05	1.24115E-05	2.9034E-06
0.12	0.000572804	0.000303868	0.000111031	3.03592E-05	7.32545E-06
0.14	0.000790553	0.000441557	0.000197726	6.48826E-05	1.70891E-05
0.16	0.001010421	0.000607827	0.0003145	0.000122764	3.63412E-05
0.18	0.001159267	0.000798436	0.000459505	0.000208933	7.01434E-05
0.2	0.001219762	0.000990831	0.000628479	0.000324973	0.000123249
0.22	0.001259527	0.001153024	0.00081245	0.000468426	0.000198402
0.24	0.001374099	0.001268854	0.000995846	0.000632389	0.000294684
0.26	0.001589003	0.001356304	0.001159782	0.000805044	0.000406475
0.28	0.001820311	0.001456133	0.001291319	0.000969997	0.000523356
0.3	0.001980308	0.001597206	0.001392399	0.00110912	0.000631215
0.32	0.002058411	0.001771224	0.001479599	0.0012083	0.000714744
0.34	0.00206546	0.001936795	0.001571819	0.001263481	0.000761283
0.36	0.002028889	0.002044369	0.001673471	0.001282744	0.000765367
0.38	0.002017357	0.00206613	0.001765856	0.001281693	0.000732299
0.4	0.002096374	0.002016219	0.001814741	0.001273711	0.000678271
0.42	0.002294585	0.001948746	0.001791646	0.001261078	0.000625317
0.44	0.002521091	0.001928213	0.001696365	0.001233691	0.000591956
0.46	0.002514521	0.00197596	0.001564128	0.001177664	0.000583658
0.48	0.002124129	0.00202687	0.001447522	0.001089141	0.000588997
0.5	0.001538004	0.001954726	0.0013796	0.000983032	0.000585399
0.52	0.001032839	0.001666534	0.001341776	0.00088705	0.000552599
0.54	0.00075725	0.001184942	0.001264375	0.000821221	0.000486028
0.56	0.000791549	0.000654086	0.001068866	0.000775922	0.000400716
0.58	0.001171428	0.000276944	0.000729149	0.000706842	0.000320989
0.6	0.001793177	0.000224055	0.000311572	0.000557099	0.000260812
0.62	0.002383395	0.000548622	-3.6504E-05	0.000298886	0.000208354
0.64	0.002719684	0.001147866	-0.00015003	-2.932E-05	0.000129093
0.66	0.002800577	0.001807188	6.9319E-05	-0.00031703	-8.3962E-06
0.68	0.002744294	0.002311046	0.000594329	-0.00041963	-0.00019621
0.7	0.002617032	0.002545065	0.001275225	-0.00022601	-0.00036454
0.72	0.002349989	0.002518773	0.001905818	0.000279172	-0.00039473
0.74	0.001809382	0.002303573	0.002314565	0.000994653	-0.00017154
0.76	0.000934464	0.001946103	0.002426748	0.001737189	0.000346421
0.78	-0.00027897	0.001422925	0.00226403	0.002312906	0.001076197
0.8	-0.00178309	0.000657085	0.001889311	0.002584713	0.00181377

Tabel L.29 Contoh perhitungan gaya geser lantai dan gaya geser dasar tipe 5

i_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.398984638	5.281826331	4.83227058	4.356276799	3.874313905	23.743672
0.04	23.37466242	23.9359147	22.0395811	19.89069505	17.69551988	106.93637
0.06	48.48486606	53.63340678	50.07565009	45.30507186	40.32876015	237.82775
0.08	72.34523438	88.67351234	84.89326562	77.19417685	68.78929626	391.89549
0.1	98.80495751	132.4978251	131.1967363	120.3111293	107.4077697	590.21842
0.12	137.4729416	192.8678114	197.5406069	183.251197	164.0620248	875.19458
0.14	189.732829	271.0642792	285.9672078	269.0493473	241.8892287	1257.7029
0.16	242.5011414	356.01464	386.5496084	369.9921956	334.6965392	1689.7541
0.18	278.2240076	430.694617	483.4415705	472.7053577	431.4054831	2096.471
0.2	292.7429062	486.3304913	567.8143626	569.5279796	525.9669948	2442.3827
0.22	302.286481	530.7611281	645.0001647	664.8167578	622.6924819	2765.557
0.24	329.7837273	581.4497175	727.7598275	768.8137819	730.5394763	3138.3465
0.26	381.3607696	647.9675273	821.0177545	883.8238883	850.6572534	3584.8272
0.28	436.8746819	720.8177313	913.552581	996.7967187	969.7785033	4037.8202
0.3	475.2739198	787.0530404	993.9825534	1094.225905	1073.639724	4424.1751
0.32	494.0185501	842.5195639	1061.846586	1173.155923	1157.164376	4728.705
0.34	495.7103469	880.4959687	1114.814707	1230.75977	1215.813927	4937.5947
0.36	486.933342	896.1166425	1149.345599	1265.304879	1247.1741	5044.8746
0.38	484.1656158	898.3670613	1169.868537	1283.586411	1258.13348	5094.1211
0.4	503.1296845	904.7702816	1185.466634	1296.187874	1260.690392	5150.2449
0.42	550.7003825	933.5328843	1206.995394	1313.289895	1267.419488	5271.938
0.44	605.0617208	978.8466778	1229.13352	1328.284506	1275.410357	5416.7368
0.46	603.4850529	987.9058069	1210.921821	1301.809071	1250.548947	5354.6707
0.48	509.791038	913.2198342	1119.704208	1203.779158	1164.265389	4910.7596
0.5	369.1210005	768.4006788	974.4660184	1053.965093	1030.521689	4196.4745
0.52	247.8812893	593.8620213	808.2298423	887.0759267	876.9278168	3413.9769
0.54	181.7400292	427.2823217	641.3134931	725.001932	722.2106528	2697.5484
0.56	189.9717064	318.0395876	502.9000388	592.2759951	590.5821099	2193.7694
0.58	281.142648	318.6418718	435.504266	519.1853858	512.8562979	2067.3305
0.6	430.3624669	443.7909199	465.7607329	519.4624522	503.4742763	2362.8508
0.62	572.0148495	645.0437434	579.1026017	574.9918519	544.4405344	2915.5936
0.64	652.7242723	850.8611375	743.5034938	663.8754575	610.7663805	3521.7307
0.66	672.1384245	1013.70819	935.4167101	784.8100516	696.2655494	4102.3389
0.68	658.6306271	1112.174859	1129.933847	941.4074016	805.4136398	4647.5604
0.7	628.0876882	1135.661379	1287.464374	1118.036182	935.482844	5104.7325
0.72	563.9972406	1071.127568	1354.915944	1269.675281	1065.443346	5325.1594
0.74	434.2516238	904.8500074	1285.503956	1335.991125	1160.101807	5120.6985
0.76	224.2712829	633.7246041	1061.462877	1268.010619	1182.547839	4370.0172
0.78	-66.95221093	251.670544	681.5973206	1029.760619	1087.534292	2983.6106
0.8	-427.9416376	-247.7210723	152.6613235	602.6435944	825.8864215	905.52863

Tabel L.30 Contoh perhitungan mencari momen guling tipe 5

t_i	$MI=F1 * H$	$MI=F2 * H$	$MI=F3 * H$	$MI=F4 * H$	$MI=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	755.8578493	1478.911373	2029.553644	2439.515007	2712.019733	9415.8576
0.04	3272.452739	6702.056116	9256.62406	11138.78923	12386.86392	42756.786
0.06	6787.881249	15017.3539	21031.77304	25370.84024	28230.13211	96437.981
0.08	10128.33281	24828.58345	35655.17156	43228.73903	48152.50738	161993.33
0.1	13832.69405	37099.39104	55102.62925	67374.23239	75185.43882	248594.39
0.12	19246.21182	54002.9872	82967.05489	102620.6703	114843.4174	373680.34
0.14	26562.59606	75897.99817	120106.2273	150667.6345	169322.4601	542556.92
0.16	33950.15979	99684.09919	162350.8355	207195.6295	234287.5774	737468.3
0.18	38951.36107	120594.4928	203045.4596	264715.0003	301983.8381	929290.15
0.2	40984.00687	136172.5376	238482.0323	318935.6686	368176.8963	1102751.1
0.22	42320.10735	148613.1159	270900.0692	372297.3844	435884.7373	1270015.4
0.24	46169.72182	162805.9209	305659.1276	430535.7179	511377.6334	1456548.1
0.26	53390.50775	181430.9077	344827.4569	494941.3775	595460.0774	1670050.3
0.28	61162.45547	201828.9648	383692.084	558206.1625	678844.9523	1883734.6
0.3	66538.34877	220374.8513	417472.6724	612766.5069	751547.807	2068700.2
0.32	69162.59701	235905.4779	445975.566	656967.3171	810015.0629	2218026
0.34	69399.44857	246538.8712	468222.177	689225.4712	851069.7488	2324455.7
0.36	68170.66788	250912.6599	482725.1517	708570.7322	873021.8702	2383401.1
0.38	67783.18622	251542.7772	491344.7856	718808.39	880693.436	2410172.6
0.4	70438.15583	253335.6789	497895.9865	725865.2094	882483.2745	2430018.3
0.42	77098.05356	261389.2076	506938.0653	735442.3415	887193.6418	2468061.3
0.44	84708.64092	274077.0698	516236.0784	743839.3236	892787.2502	2511648.4
0.46	84487.9074	276613.6259	508587.1648	729013.08	875384.2626	2474086
0.48	71370.74532	255701.5536	470275.7675	674116.3287	814985.7722	2286450.2
0.5	51676.94007	215152.1901	409275.7277	590220.4519	721365.1823	1987690.5
0.52	34703.3805	166281.366	339456.5338	496762.519	613849.4718	1651053.3
0.54	25443.60408	119639.0509	269351.6671	406001.0819	505547.457	1325982.9
0.56	26596.0389	89051.08452	211218.0163	331674.5573	413407.4769	1071917.2
0.58	39359.97071	89219.72409	182911.7917	290743.8161	358999.4086	961234.71
0.6	60250.74536	124261.4576	195619.5078	290898.9732	352431.9934	1023462.7
0.62	80082.07893	180612.2482	243223.0927	321995.4371	381108.3741	1207021.2
0.64	91381.39812	238241.1185	312271.4674	371770.2562	427536.4664	1441200.7
0.66	94099.37943	283838.2933	392875.0182	439493.6289	487385.8846	1697692.2
0.68	92208.28779	311408.9605	474572.2155	527188.1449	563789.5478	1969167.2
0.7	87932.27634	317985.1862	540735.0373	626100.267	654837.9908	2227590.8
0.72	78959.61368	299915.7189	569064.6966	711018.1576	745810.342	2404768.5
0.74	60795.22734	253358.0021	539911.6617	748155.0302	812071.2647	2414291.2
0.76	31397.97961	177442.8891	445814.4084	710085.9468	827783.4875	2192524.7
0.78	-9373.30953	70467.75233	286270.8746	576665.9464	761274.0042	1685305.3
0.8	-59911.82927	-69361.9003	64117.75585	337480.4129	578120.495	850444.93

Tabel L.31 Contoh perhitungan mencari nilai g_l tipe 6

i	t_i	$(y_g)_i$	$\Delta(y_g)_i =$ $((y_g)_{i+1}) - (y_g)_i$	$g_{2i+1} =$ $g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta'p = \Delta(y_g) + a^*$ $g_{1i} + b^*g_{2i}$	$g_i = \Delta'p_i/k$	$\Delta g_{1i} = (2^* \Delta g_i / t_i) -$ $(2^* g_{1i})$	$\Delta g_{2i} = ((4^* (\Delta g_i - t_i^*$ $g_{1i})) / t_i^2) - 2^* g_{2i}$	$g_{1i+1} =$ $g_{1i} + \Delta g_{1i}$	$g_{i+1} = g_i +$ Δg_i
0	0	0	0.243319	0	0.243319029	2.3996E-05	0.0023996	0.2399596	0	0
1	0.02	0.243319	-0.1027347	0.23995959	0.860866724	8.48981E-05	0.0036906	-0.1108574	0.0023996	2.3996E-05
2	0.04	0.140584	-0.1023485	0.12910221	1.383449396	0.000136435	0.0014631	-0.1118987	0.0060902	0.00010889
3	0.06	0.038236	0.1270666	0.01720352	1.683972927	0.000166072	0.0015007	0.1156615	0.0075533	0.00024533
4	0.08	0.165302	0.1274528	0.13286504	2.218172701	0.000218755	0.0037676	0.1110256	0.009054	0.0004114
5	0.1	0.292755	0.1270666	0.24389063	3.199257266	0.000315509	0.0059078	0.1030021	0.0128215	0.00063016
6	0.12	0.419322	-0.1564194	0.34689272	4.312606841	0.000425306	0.0050719	-0.1865909	0.0187293	0.00094566
7	0.14	0.263403	-0.1564194	0.16030181	4.96176792	0.000489326	0.00133	-0.1875999	0.0238013	0.00137097
8	0.16	0.106983	-0.1564194	-0.027298	4.854661497	0.000478763	-0.0023863	-0.1840353	0.0251313	0.0018603
9	0.18	-0.04944	0.1915655	-0.2113334	4.353570691	0.000429346	-0.0025554	0.1671257	0.022745	0.00233906
10	0.2	0.142129	0.1915655	-0.0442076	4.172732759	0.000411512	0.000772	0.1656151	0.0201896	0.00276841
11	0.22	0.333695	0.1915655	0.12140747	4.559573281	0.000459524	0.0040292	0.1601041	0.0209616	0.00317992
12	0.24	0.52526	-0.2444777	0.2815156	5.355894931	0.000528195	0.0028379	-0.2792344	0.0249908	0.00363944
13	0.26	0.280782	-0.2444777	0.00227716	5.369453952	0.000529532	-0.0027042	-0.2749712	0.0278287	0.00416764
14	0.28	0.036305	0.1259079	-0.2726941	4.644822654	0.000458069	-0.0044421	0.1011785	0.0251245	0.00469717
15	0.3	0.162213	-0.0768579	-0.1715155	3.749028456	0.000369727	-0.0043922	-0.0961855	0.0206824	0.00515524
16	0.32	0.085355	-0.0772441	-0.267701	2.670950259	0.000263407	-0.0062398	-0.0885748	0.0162903	0.00552497
17	0.34	0.008111	0.1633713	-0.3562758	1.476677194	0.000145629	-0.0055381	0.1587445	0.0100505	0.00578837
18	0.36	0.171482	0.1633713	-0.1975314	0.677866908	6.68508E-05	-0.0023397	0.1610886	0.0045124	0.005934
19	0.38	0.334853	0.1633713	-0.0364428	0.528426644	5.21131E-05	0.000866	0.1594827	0.0021727	0.00600085
20	0.4	0.498225	0.1633713	0.12303992	1.021944359	0.000100783	0.0040011	0.1540269	0.0030386	0.00605297

Tabel L.32 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo tipe 6

t_i	$Z1=\Gamma * g1$	$Z1=\Gamma * g2$	$Z1=\Gamma * g3$	$Z1=\Gamma * g4$	$Z1=\Gamma * g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	8.30096E-06	7.12995E-06	4.58294E-06	2.10859E-06	4.26406E-07
0.04	3.7665E-05	3.11932E-05	1.90143E-05	8.30413E-06	1.61853E-06
0.06	8.4837E-05	6.56987E-05	3.61525E-05	1.42099E-05	2.56286E-06
0.08	0.00014222	9.93059E-05	4.60754E-05	1.49106E-05	2.29371E-06
0.1	0.000217764	0.000134733	5.07665E-05	1.27828E-05	1.58131E-06
0.12	0.000326685	0.000181029	5.83691E-05	1.36466E-05	1.85479E-06
0.14	0.000473453	0.00023679	7.01319E-05	1.8755E-05	3.24175E-06
0.16	0.000642177	0.000282493	7.49998E-05	2.19348E-05	4.07827E-06
0.18	0.000807002	0.000292722	5.97728E-05	1.60805E-05	2.71711E-06
0.2	0.000954447	0.000259054	2.60286E-05	2.74755E-06	-2.01549E-07
0.22	0.001095411	0.000200976	-4.75371E-06	-6.31353E-06	-1.76371E-06
0.24	0.001252658	0.000151402	-6.8693E-06	4.18629E-07	3.77504E-07
0.26	0.001433316	0.000127787	2.50497E-05	2.08791E-05	5.00984E-06
0.28	0.001614071	0.000117098	6.69881E-05	3.77482E-05	7.72074E-06
0.3	0.001769732	0.000102777	9.13422E-05	3.63752E-05	5.67091E-06
0.32	0.001894477	8.52711E-05	8.87554E-05	1.81921E-05	5.43665E-07
0.34	0.001982127	6.44919E-05	5.97501E-05	-6.17679E-06	-3.98829E-06
0.36	0.002028778	4.19758E-05	1.53367E-05	-2.2982E-05	-4.88225E-06
0.38	0.002048006	3.35734E-05	-1.93196E-05	-1.95684E-05	-1.05346E-06
0.4	0.00206206	5.92555E-05	-1.95864E-05	6.39187E-06	5.58242E-06
0.42	0.002092968	0.000132633	2.49786E-05	4.41933E-05	1.12666E-05
0.44	0.002129333	0.000230923	8.95239E-05	6.88057E-05	1.15161E-05
0.46	0.002094461	0.000272036	0.000107117	4.7848E-05	2.67034E-06
0.48	0.001927585	0.000197593	3.92614E-05	-1.95276E-05	-1.15574E-05
0.5	0.001663444	4.88285E-05	-6.81751E-05	-8.44154E-05	-1.92336E-05
0.52	0.001367214	-9.79304E-05	0.000141455	-9.54229E-05	-1.24812E-05
0.54	0.00108304	-0.000187546	-0.000135236	-4.07308E-05	4.71292E-06
0.56	0.000863706	-0.00016812	-3.10001E-05	5.56029E-05	2.17668E-05
0.58	0.000772934	3.84639E-06	0.000159658	0.000150786	2.96729E-05
0.6	0.000836262	0.000315977	0.000374907	0.000196977	2.48201E-05
0.62	0.001007036	0.000675048	0.000509773	0.00016032	9.40063E-06
0.64	0.001221423	0.000970703	0.000486735	5.27077E-05	-7.86495E-06
0.66	0.00145293	0.001139429	0.000312054	-6.47615E-05	-1.5678E-05
0.68	0.001693756	0.001157029	5.83193E-05	-0.000124799	-9.30916E-06
0.7	0.001918293	0.001009787	-0.000186414	-0.000102019	4.67606E-06
0.72	0.002066335	0.000681085	-0.000362014	-2.90539E-05	1.29947E-05
0.74	0.002062798	0.000169439	-0.000447259	3.05438E-05	6.45326E-06
0.76	0.00185405	-0.00048244	-0.000446597	2.94128E-05	-1.20937E-05
0.78	0.001395993	-0.001207456	-0.000394149	-4.09659E-05	-3.13248E-05
0.8	0.000655745	-0.001925416	-0.000338921	-0.000147876	-4.00542E-05

Tabel L.33 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif lantai tipe 6

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.255E-05	2.401E-05	2.205E-05	2.42E-05	2.421E-05
0.04	9.78E-05	0.0001089	0.0001019	0.0001105	0.0001106
0.06	0.0002035	0.0002441	0.0002362	0.0002517	0.000252
0.08	0.0003048	0.0004042	0.0004098	0.0004289	0.00043
0.1	0.0004176	0.000605	0.0006439	0.0006686	0.0006715
0.12	0.0005816	0.0008821	0.0009758	0.0010187	0.0010259
0.14	0.0008024	0.0012414	0.0014147	0.001496	0.0015127
0.16	0.0010257	0.0016322	0.0019174	0.0020579	0.0020933
0.18	0.0011783	0.0019769	0.0024118	0.0026303	0.0026984
0.2	0.0012421	0.0022353	0.002852	0.0031705	0.0032901
0.22	0.0012836	0.0024425	0.0032525	0.0037027	0.0038948
0.24	0.001398	0.0026772	0.0036649	0.0042833	0.0045682
0.26	0.001612	0.0029819	0.0041152	0.0049245	0.0053168
0.28	0.0018436	0.0033133	0.0045637	0.0055529	0.0060572
0.3	0.0020059	0.0036131	0.0049673	0.0060926	0.0066999
0.32	0.0020872	0.0038637	0.0053219	0.0065265	0.0072128
0.34	0.0020962	0.0040356	0.0056054	0.0068382	0.0075676
0.36	0.0020582	0.0041065	0.005787	0.0070183	0.0077495
0.38	0.0020416	0.0041152	0.0058771	0.0071049	0.0078023
0.4	0.0021137	0.0041391	0.0059193	0.0071582	0.0078016
0.42	0.002306	0.0042596	0.0059781	0.0072361	0.007827
0.44	0.0025301	0.0044514	0.0060511	0.0073032	0.007861
0.46	0.0025241	0.0044777	0.0059653	0.0071416	0.007691
0.48	0.0021334	0.0041264	0.0055591	0.0065842	0.0071386
0.5	0.0015404	0.0034608	0.0048809	0.0057402	0.0062909
0.52	0.0010199	0.0026621	0.0040473	0.0048018	0.0053205
0.54	0.0007242	0.0018968	0.0031497	0.0038905	0.0043443
0.56	0.000742	0.0013854	0.0023569	0.0031436	0.0035142
0.58	0.0011169	0.0013676	0.0019207	0.0027304	0.0030233
0.6	0.0017489	0.0019173	0.0020182	0.0027282	0.0029624
0.62	0.0023616	0.0028247	0.0026098	0.0030362	0.0032199
0.64	0.0027237	0.0037723	0.0035277	0.0035324	0.0036401
0.66	0.002824	0.0045441	0.0046017	0.004209	0.0041851
0.68	0.002775	0.0050344	0.0056487	0.0050873	0.0048838
0.7	0.0026443	0.0051815	0.0064491	0.0060835	0.0057199
0.72	0.0023693	0.0049144	0.0067655	0.0069516	0.0065624
0.74	0.001822	0.0041664	0.0064154	0.0073594	0.0071901
0.76	0.0009423	0.0029276	0.0053429	0.0070332	0.0073689
0.78	-0.0002779	0.0011789	0.0035404	0.0057661	0.0068106
0.8	-0.0017965	-0.0011027	0.001007	0.0034425	0.0052011

Tabel L.34 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat tipe 6

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.25489E-05	1.46435E-06	-1.9615E-06	2.14548E-06	1.2486E-08
0.04	9.77953E-05	1.10649E-05	-6.9626E-06	8.59262E-06	9.12316E-08
0.06	0.000203461	4.06501E-05	-7.8903E-06	1.54704E-05	3.55816E-07
0.08	0.000304806	9.93447E-05	5.63988E-06	1.91353E-05	1.06694E-06
0.1	0.000417628	0.000187351	3.89358E-05	2.47336E-05	2.8679E-06
0.12	0.000581584	0.000300532	9.36819E-05	4.28843E-05	7.19691E-06
0.14	0.000802371	0.000438998	0.000173325	8.13108E-05	1.67086E-05
0.16	0.001025683	0.000606497	0.000285197	0.000140545	3.54051E-05
0.18	0.001178294	0.000798581	0.0004349	0.000218503	6.81591E-05
0.2	0.001242075	0.000993185	0.000616729	0.000318551	0.000119523
0.22	0.001283556	0.001158926	0.000810003	0.000450245	0.00019208
0.24	0.001397987	0.001279163	0.000987766	0.000618408	0.000284858
0.26	0.001612041	0.001369895	0.001133256	0.000809283	0.000392335
0.28	0.001843626	0.001469717	0.001250321	0.000989206	0.000504372
0.3	0.002005897	0.001607237	0.001354153	0.001125316	0.000607301
0.32	0.002087239	0.001776498	0.00145815	0.00120457	0.000686353
0.34	0.002096203	0.001939437	0.001569718	0.001232862	0.000729386
0.36	0.002058226	0.002048224	0.001680535	0.001231276	0.000731273
0.38	0.002041638	0.002073551	0.00176195	0.001227795	0.000697331
0.4	0.002113704	0.00202539	0.001780229	0.001238881	0.000643399
0.42	0.002306039	0.001953554	0.00171853	0.001257962	0.000590914
0.44	0.002530101	0.001921249	0.00159972	0.001252124	0.000557831
0.46	0.002524133	0.001953536	0.001487592	0.001176367	0.000549379
0.48	0.002133354	0.001993029	0.001432708	0.001025145	0.000554356
0.5	0.001540448	0.001920322	0.00142014	0.000859308	0.000550725
0.52	0.001019925	0.001642216	0.001385167	0.000754468	0.000518705
0.54	0.000724239	0.001172569	0.001252868	0.00074086	0.000453801
0.56	0.000741956	0.000643412	0.000971512	0.000786715	0.000370611
0.58	0.001116896	0.000250673	0.000553096	0.000809744	0.000292846
0.6	0.001748943	0.000168402	0.000100872	0.000709936	0.000234254
0.62	0.002361578	0.000463148	-0.00021494	0.000426465	0.00018361
0.64	0.002723704	0.001048566	-0.00024458	4.72531E-06	0.000107657
0.66	0.002823973	0.001720148	5.75578E-05	-0.00039264	-2.3944E-05
0.68	0.002774995	0.002259441	0.000614244	-0.00056139	-0.00020352
0.7	0.002644324	0.002537201	0.001267571	-0.00036563	-0.00036354
0.72	0.002369348	0.002545045	0.001851086	0.000186148	-0.00038922
0.74	0.001821974	0.002344425	0.00224899	0.000944006	-0.0001693
0.76	0.000942333	0.001985293	0.002415306	0.001690312	0.000335692
0.78	-0.0002779	0.001456777	0.002361543	0.002225663	0.001044528
0.8	-0.00179652	0.00069378	0.002109699	0.002435548	0.00175864

Tabel L.35 Contoh perhitungan mencari gaya horisontal lantai dan gaya geser dasar tipe 6

t_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.411724721	5.282904185	4.410338216	4.355489961	3.873544392	23.334001
-0.04	23.47086308	23.94923751	20.37950928	19.88822926	17.69302307	105.38086
0.06	48.8306328	53.70443931	47.24415742	45.30442024	40.32752627	235.41118
0.08	73.15333958	88.9130716	81.95804099	77.20659055	68.79879012	390.02983
0.1	100.2306361	133.0953741	128.7829633	120.3567077	107.4426034	589.90828
0.12	139.5801947	194.0655132	195.1595785	183.362803	164.1406646	876.30875
0.14	192.5690364	273.1011703	282.9387843	269.2808488	242.0341275	1259.924
0.16	246.1639551	359.0796914	383.4754305	370.476071	334.9324301	1694.0776
0.18	282.7906201	434.9125602	482.3549764	473.4499861	431.7498856	2105.258
0.2	298.0980185	491.7571103	570.3976524	570.6970246	526.4099508	2457.3598
0.22	308.053545	537.3461483	650.4971353	666.4915924	623.1697916	2785.5582
0.24	335.5169646	588.9731872	732.9833831	770.9985686	730.9093453	3159.3814
0.26	386.8898917	656.0258722	823.0383254	886.405356	850.689453	3603.0489
0.28	442.4701924	728.9353428	912.7327246	999.5165698	969.1587001	4052.8135
0.3	481.4152541	794.8894508	993.457467	1096.668641	1071.984774	4438.4156
0.32	500.9374348	850.0222413	1064.377466	1174.762301	1154.049699	4744.1491
0.34	503.088835	887.840822	1121.071691	1230.87967	1210.816991	4953.698
0.36	493.9742756	903.4191283	1157.397038	1263.287013	1239.925406	5058.0029
0.38	489.993167	905.3416268	1175.427883	1278.888173	1248.362392	5098.0132
0.4	507.2888754	910.6007011	1183.864542	1288.476674	1248.256479	5138.4873
0.42	553.4494419	937.1105158	1195.624683	1302.495458	1252.32005	5241.0001
0.44	607.2242727	979.2970416	1210.214074	1314.575066	1257.76412	5369.0746
0.46	605.7918927	985.0870584	1193.052154	1285.493066	1230.56118	5299.9854
0.48	512.0050418	907.8042536	1111.818213	1185.162438	1142.174693	4858.9646
0.5	369.7075607	761.3693331	976.1819533	1033.239179	1006.550808	4147.0488
0.52	244.7820063	585.6711348	809.4617586	864.3197892	851.2771101	3355.5118
0.54	173.8174765	417.2979398	629.9352946	700.2965932	695.0939754	2616.4413
0.56	178.0693512	304.7808451	471.3759435	565.8471369	562.2729572	2082.3462
0.58	268.0551087	300.8651353	384.1330363	491.4735888	483.7207781	1928.2476
0.6	419.7462779	421.8159178	403.6433289	491.0674118	473.9850719	2210.258
0.62	566.7787139	621.439644	521.9566729	546.5246875	515.177286	2771.877
0.64	653.6889157	829.8993394	705.5383729	635.8350918	582.411849	3407.3736
0.66	677.7535766	999.706747	920.3358655	757.627297	669.615456	4025.0389
0.68	665.9989144	1107.575975	1129.736116	915.7123732	781.4030484	4600.4264
0.7	634.6378066	1139.935453	1289.819123	1095.023159	915.1872009	5074.6027
0.72	568.6434744	1081.166377	1353.095813	1251.292864	1049.985194	5304.1837
0.74	437.2738594	916.6077981	1283.077751	1324.690983	1150.415639	5112.066
0.76	226.1598305	644.077638	1068.58633	1265.983915	1179.029734	4383.8374
0.78	-66.69650005	259.3524749	708.0835172	1037.894417	1089.697266	3028.3312
0.8	-431.1652733	-242.60313	201.3915506	619.6510974	832.1834367	979.45768

Tabel L.36 Contoh perhitungan mencari momen guling tipe 6

h	$M1=F1 * H$	$M1=F2 * H$	$M1=F3 * H$	$M1=F4 * H$	$M1=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	757.641461	1479.213172	1852.342051	2439.074378	2711.481074	9239.7521
0.04	3285.920831	6705.786502	8559.393896	11137.40839	12385.11615	42073.626
0.06	6836.288593	15037.24301	19842.54611	25370.47533	28229.26839	95315.821
0.08	10241.46754	24895.66005	34422.37722	43235.69071	48159.15309	160954.35
0.1	14032.28905	37266.70474	54088.84457	67399.75631	75209.82239	247997.42
0.12	19541.22726	54338.3437	81967.02297	102683.1697	114898.4652	373428.23
0.14	26959.6651	76468.32768	118834.2894	150797.2753	169423.8893	542483.45
0.16	34462.95372	100542.3136	161059.6808	207438.5998	234452.7011	737956.25
0.18	39590.68681	121775.5169	202589.0901	265131.9922	302224.9199	931312.21
0.2	41733.72259	137691.9909	239567.014	319590.3337	368486.9656	1107070
0.22	43127.4963	150456.9215	273208.7968	373235.2917	436218.8541	1276247.4
0.24	46972.37504	164912.4924	307853.0209	431759.1984	511636.5417	1463133.6
0.26	54164.58484	183687.2442	345676.0967	496386.9993	595482.6171	1675397.5
0.28	61945.82693	204101.896	383347.7443	559729.2791	678411.0901	1887535.8
0.3	67398.13557	222569.0462	417252.1361	614134.4391	750389.3416	2071743.1
0.32	70131.24087	238006.2276	447038.5357	657866.8884	807834.7895	2220877.7
0.34	70432.43691	248595.4301	470850.1104	689292.6153	847571.8934	2326742.5
0.36	69156.39859	252957.3559	486106.7562	707440.727	867947.7841	2383609
0.38	68599.04338	253495.6555	493679.7109	716177.3769	873853.6746	2405805.5
0.4	71020.44256	254968.1963	497223.1077	721546.9376	873779.5355	2418538.2
0.42	77482.92186	262390.9444	502162.3668	729397.4565	876624.0348	2448057.7
0.44	85011.39818	274203.1717	508289.9109	736162.0369	880434.8843	2484101.4
0.46	84810.86498	275824.3763	501081.9045	719876.1168	861392.8262	2442986.1
0.48	71680.70585	254185.191	466963.6497	663690.9652	799522.285	2256042.8
0.5	51759.0585	213183.4133	409996.4204	578613.9401	704585.5656	1958138.4
0.52	34269.48089	163987.9177	339973.9386	484019.0819	595893.9771	1618144.4
0.54	24334.44671	116843.4231	264572.8237	392166.0922	486565.7828	1284482.6
0.56	24929.70916	85338.63663	197977.8963	316874.3967	393591.0701	1018711.7
0.58	37527.71522	84242.23789	161335.8752	275225.2097	338604.5447	896935.58
0.6	58764.4789	118108.457	169530.1981	274997.7506	331789.5503	953190.43
0.62	79349.01995	174003.1003	219221.8026	306053.825	360624.1002	1139251.8
0.64	91516.44819	232371.815	296326.1166	356067.6514	407688.2943	1383970.3
0.66	94885.50073	279917.8892	386541.0635	424271.2863	468730.8192	1654346.6
0.68	93239.84802	310121.273	474489.1687	512798.929	546982.1339	1937631.4
0.7	88849.29293	319181.9268	541724.0317	613212.9692	640631.0406	2203599.3
0.72	79610.08641	302726.5855	568300.2414	700724.0036	734989.6358	2386350.6
0.74	61218.34031	256650.1835	538892.6554	741826.9504	805290.9475	2403879.1
0.76	31662.37627	180341.7386	448806.2588	708950.9927	825320.8138	2195082.2
0.78	-9337.510007	72618.69297	297395.0772	581220.8736	762788.0864	1704685.2
0.8	-60363.13827	-67928.8764	84584.45125	347004.6145	582528.4057	885825.46

Tabel L.37 Contoh perhitungan mencari nilai g1 tipe 7

ti	(yg)i	$\Delta(yg)_i = ((yg)_{i+1}) - (yg)_i$	$g_{2i+1} = g_{2i} + \Delta g_{2i}$	$\Delta^*p = \Delta(yg) + a^* g_{li} + b^* g_{2i}$	$g_i = \Delta^*p_i / k$	$\Delta g_{li} = (2^* \Delta g_i / t_i) - (2^* g_{li})$	$\Delta g_{2i} = ((4^* (\Delta g_i - t_i^* g_{li})) / t_i^2) - 2^* g_{2i}$	$g_{li+1} = g_{li} + \Delta g_{li}$	$g_{i+1} = g_i + \Delta g_i$	$g_{i+1} = g_i + \Delta g_i$
0	0	0.243319	0	0.243319029	2.39841E-05	0.0023984	0.2398413	0	0	0.243319
1	0.02	-0.1027347	0.23984133	0.860487506	8.48189E-05	0.0036851	-0.1111765	0.0023984	2.3984E-05	-0.1027347
2	0.04	-0.1023485	0.12866478	1.381458793	0.000136171	0.0014502	-0.1123105	0.0060835	0.0001088	-0.1023485
3	0.06	0.1270666	0.01635428	1.678623059	0.000165463	0.001479	0.1151893	0.0075337	0.00024497	0.1270666
4	0.08	0.1274528	0.13154362	2.207562126	0.000217601	0.0037348	0.1103939	0.0090126	0.00041044	0.1274528
5	0.1	0.1270666	0.24193754	3.180932008	0.000313547	0.0058598	0.1021015	0.0127475	0.00062804	0.1270666
6	0.12	-0.1564194	0.34403904	4.283025291	0.000422181	0.0050036	-0.1877133	0.0186072	0.00094159	-0.1564194
7	0.14	-0.1564194	0.15632571	4.916374494	0.000484611	0.0012393	-0.1887193	0.0236109	0.00136377	-0.1564194
8	0.16	-0.1564194	-0.0323936	4.78879319	0.000472035	-0.0024969	-0.1849028	0.0248502	0.00184838	-0.1564194
9	0.18	0.1915655	-0.2172964	4.263577172	0.000420264	-0.0026802	0.1665735	0.0223533	0.00232041	0.1915655
10	0.2	0.1915655	-0.0507229	4.056375649	0.00039984	0.0006378	0.165225	0.0196731	0.00274068	0.1915655
11	0.22	0.1915655	0.11450211	4.515409712	0.000445087	0.0038869	0.1596898	0.0203109	0.00314052	0.1915655
12	0.24	-0.2444777	0.27419186	5.182384603	0.000510831	0.0026875	-0.2796357	0.0241978	0.0035856	-0.2444777
13	0.26	-0.2444777	-0.0054439	5.164930936	0.000509111	-0.0028595	-0.2750645	0.0268853	0.00409643	-0.2444777
14	0.28	0.1259079	-0.2805084	4.408634702	0.000434567	-0.0045949	0.1015316	0.0240258	0.00460554	0.1259079
15	0.3	-0.0768579	-0.1789768	3.48262264	0.000343285	-0.0045334	-0.0953873	0.0194309	0.00504011	-0.0768579
16	0.32	-0.0772441	-0.2743641	2.377489824	0.000234351	-0.00636	-0.0872683	0.0148975	0.0053834	-0.0772441
17	0.34	0.1633713	-0.3616324	1.161348219	0.000114475	-0.0056276	0.1605017	0.0085376	0.00561775	0.1633713
18	0.36	0.1633713	-0.2011307	0.347775742	3.42805E-05	-0.0023918	0.1630801	0.0029099	0.00573222	0.1633713
19	0.38	0.1633713	-0.0380505	0.191727325	1.88987E-05	0.0008536	0.1614642	0.0005181	0.0057665	0.1633713
20	0.4	0.1633713	0.12341369	0.686754803	6.76939E-05	0.0040259	0.1557616	0.0013718	0.0057854	0.1633713

Tabel L.38 Contoh perhitungan mencari modal amplitudo pada tipe 7

t_i	$ZI=\Gamma * g1$	$ZI=\Gamma * g2$	$ZI=\Gamma * g3$	$ZI=\Gamma * g4$	$ZI=\Gamma * g5$
0	0	0	0	0	0
0.02	8.51197E-06	7.25135E-06	4.57959E-06	1.97659E-06	2.82796E-07
0.04	3.86142E-05	3.17175E-05	1.89964E-05	7.7848E-06	1.07282E-06
0.06	8.69414E-05	6.67756E-05	3.61033E-05	1.33231E-05	1.69671E-06
0.08	0.000145664	0.000100868	4.59788E-05	1.39838E-05	1.51457E-06
0.1	0.000222891	0.000136748	5.06134E-05	1.19925E-05	1.04034E-06
0.12	0.000334169	0.000183614	5.8161E-05	1.28027E-05	1.22393E-06
0.14	0.000484001	0.000240037	6.98814E-05	1.7589E-05	2.14767E-06
0.16	0.000655989	0.000286163	7.47292E-05	2.05675E-05	2.70319E-06
0.18	0.000823514	0.000296164	5.95154E-05	1.50793E-05	1.79664E-06
0.2	0.000972666	0.00026154	2.58285E-05	2.58139E-06	-1.4239E-07
0.22	0.001114569	0.000202205	-4.85328E-06	-5.91495E-06	-1.1749E-06
0.24	0.00127253	0.000151723	-6.84991E-06	3.89963E-07	2.54607E-07
0.26	0.001453824	0.000127892	2.51569E-05	1.95657E-05	3.3319E-06
0.28	0.001634508	0.000117435	6.71004E-05	3.53839E-05	5.12079E-06
0.3	0.001788736	0.00010344	9.13527E-05	3.41113E-05	3.7421E-06
0.32	0.001910568	8.62769E-05	8.85826E-05	1.7081E-05	3.29671E-07
0.34	0.001993739	6.57616E-05	5.93903E-05	-5.76065E-06	-2.6656E-06
0.36	0.002034366	4.33745E-05	1.48825E-05	-2.15307E-05	-3.22864E-06
0.38	0.002046532	3.51754E-05	-1.97137E-05	-1.83593E-05	-6.61648E-07
0.4	0.002053239	6.14303E-05	-1.97778E-05	5.95381E-06	3.73992E-06
0.42	0.002077264	0.000135942	2.50386E-05	4.13917E-05	7.47563E-06
0.44	0.002107086	0.0002355	8.97524E-05	6.44968E-05	7.59134E-06
0.46	0.00206422	0.00027661	0.000107349	4.48995E-05	1.69587E-06
0.48	0.001886571	0.000199996	3.93528E-05	-1.82289E-05	-7.71671E-06
0.5	0.001610077	4.78282E-05	-6.82588E-05	-7.9076E-05	-1.27327E-05
0.52	0.001301931	-0.00010199	-0.000141612	-8.94661E-05	-8.17499E-06
0.54	0.001007733	-0.000193177	-0.0001353	-3.82775E-05	3.24565E-06
0.56	0.000781882	-0.000172892	-3.08749E-05	5.19972E-05	1.44794E-05
0.58	0.000689872	2.96562E-06	0.000159877	0.00014128	1.95906E-05
0.6	0.000757881	0.000321469	0.000374922	0.000184709	1.62719E-05
0.62	0.000937878	0.000687347	0.000509215	0.000150478	6.05334E-06
0.64	0.001164094	0.000987953	0.000485386	4.96506E-05	-5.27351E-06
0.66	0.001409	0.00115849	0.000310037	-6.05466E-05	-1.02882E-05
0.68	0.001664197	0.001174434	5.61515E-05	-0.00011701	-5.96576E-06
0.7	0.001903013	0.001022191	-0.000187964	-9.58437E-05	3.2652E-06
0.72	0.00206331	0.000685438	-0.000362228	-2.75249E-05	8.6178E-06
0.74	0.002067778	0.000163368	-0.000445784	2.84282E-05	4.10949E-06
0.76	0.001861256	-0.00049987	-0.00044364	2.75723E-05	-8.23585E-06
0.78	0.001398548	-0.00123548	-0.000390441	-3.82038E-05	-2.08614E-05
0.8	0.000646184	-0.001961642	-0.000335458	-0.000138361	-2.64266E-05

Tabel L.39 Contoh perhitungan mencari simpangan relatif Tipe 7

t_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
0	0	0	0	0	0
0.02	2.26E-05	2.402E-05	2.416E-05	2.42E-05	2.421E-05
0.04	9.819E-05	0.0001089	0.0001102	0.0001105	0.0001106
0.06	0.0002048	0.0002444	0.0002505	0.0002517	0.000252
0.08	0.000308	0.0004051	0.0004249	0.0004289	0.0004299
0.1	0.0004233	0.0006074	0.0006571	0.0006685	0.0006712
0.12	0.00059	0.000887	0.0009905	0.0010184	0.0010251
0.14	0.0008137	0.0012496	0.0014357	0.0014955	0.0015113
0.16	0.0010402	0.0016444	0.0019434	0.0020571	0.0020908
0.18	0.0011961	0.0019933	0.0024343	0.002629	0.002694
0.2	0.0012625	0.0022558	0.0028639	0.0031685	0.0032827
0.22	0.0013048	0.0024664	0.0032577	0.0036995	0.003883
0.24	0.001418	0.0027028	0.0036784	0.0042779	0.0045499
0.26	0.0016298	0.0030069	0.0041488	0.0049152	0.0052895
0.28	0.0018595	0.0033348	0.0046111	0.0055371	0.0060176
0.3	0.0020214	0.0036286	0.0050068	0.0060668	0.0066442
0.32	0.0021028	0.0038721	0.0053325	0.0064862	0.007137
0.34	0.0021105	0.0040367	0.005577	0.0067788	0.007468
0.36	0.0020679	0.0041001	0.0057241	0.006935	0.0076229
0.38	0.002043	0.0040999	0.0057979	0.0069942	0.0076463
0.4	0.0021046	0.0041112	0.0058451	0.0070178	0.0076153
0.42	0.0022871	0.0042143	0.0059196	0.0070657	0.0076104
0.44	0.0025044	0.0043849	0.0059936	0.0071042	0.0076154
0.46	0.0024948	0.0043893	0.0058616	0.0069164	0.0074181
0.48	0.0021	0.0040192	0.0053622	0.0063355	0.0068407
0.5	0.0014978	0.0033398	0.0045948	0.0054706	0.0059709
0.52	0.0009607	0.002531	0.0037306	0.0045136	0.0049818
0.54	0.0006442	0.0017548	0.0028748	0.0035868	0.0039914
0.56	0.0006446	0.0012284	0.0021717	0.0028285	0.0031523
0.58	0.0010136	0.001192	0.0018275	0.0024097	0.0026586
0.6	0.0016553	0.0017258	0.0019681	0.0024086	0.0026018
0.62	0.002291	0.0026292	0.0025187	0.0027247	0.0028702
0.64	0.0026818	0.0035923	0.003327	0.0032345	0.003308
0.66	0.0028067	0.0044007	0.0042912	0.0039292	0.0038775
0.68	0.0027718	0.0049412	0.0053032	0.0048304	0.004608
0.7	0.0026447	0.0051393	0.0061727	0.0058563	0.0054836
0.72	0.0023676	0.0049115	0.0066253	0.0067646	0.0063728
0.74	0.0018179	0.0041849	0.0064038	0.0072254	0.0070525
0.76	0.0009371	0.0029511	0.0053905	0.0069639	0.0072843
0.78	-0.0002864	0.0011979	0.0035582	0.0057661	0.0067741
0.8	-0.0018157	-0.001091	0.0009353	0.0035045	0.0052012

Tabel L.40 Contoh perhitungan mencari simpangan antar tingkat Tipe 7

t_i	$\Delta y_1 = y_1 - y_0$	$\Delta y_2 = y_2 - y_1$	$\Delta y_3 = y_3 - y_2$	$\Delta y_4 = y_4 - y_3$	$\Delta y_5 = y_5 - y_4$
0	0	0	0	0	0
0.02	2.26023E-05	1.41836E-06	1.42742E-07	3.7756E-08	1.0108E-08
0.04	9.81857E-05	1.0741E-05	1.29134E-06	2.8432E-07	7.81509E-08
0.06	0.00020484	3.95811E-05	6.0612E-06	1.21285E-06	3.16701E-07
0.08	0.00030801	9.71355E-05	1.97071E-05	4.02516E-06	9.74093E-07
0.1	0.000423285	0.000184133	4.97037E-05	1.13696E-05	2.66438E-06
0.12	0.000589971	0.000296998	0.000103524	2.78652E-05	6.76578E-06
0.14	0.000813656	0.000435906	0.000186108	5.97825E-05	1.58272E-05
0.16	0.001040152	0.00060421	0.000299	0.000113697	3.3691E-05
0.18	0.00119607	0.000797241	0.000441003	0.000194654	6.50242E-05
0.2	0.001262473	0.000993316	0.000608085	0.000304653	0.000114161
0.22	0.00130483	0.001161532	0.000791379	0.000441763	0.000183509
0.24	0.001418048	0.001284757	0.000975586	0.000599518	0.000272031
0.26	0.001629771	0.001377135	0.00114192	0.000766354	0.000374306
0.28	0.001859548	0.001475207	0.001276383	0.000925954	0.000480491
0.3	0.002021382	0.001607214	0.001378171	0.001060003	0.000577394
0.32	0.002102838	0.001769227	0.001460427	0.00115371	0.00065083
0.34	0.002110464	0.001926251	0.001540267	0.001201777	0.000689231
0.36	0.002067863	0.002032256	0.001623958	0.001210914	0.00068787
0.38	0.002042973	0.002056899	0.001698025	0.001196262	0.000652126
0.4	0.002104585	0.002006589	0.001733901	0.001172689	0.000597492
0.42	0.002287112	0.001927182	0.001705326	0.001146062	0.000544751
0.44	0.002504427	0.001880439	0.001608767	0.001110563	0.000511182
0.46	0.002494775	0.001894551	0.001472323	0.001054785	0.000501664
0.48	0.002099974	0.001919274	0.001342911	0.00097338	0.000505186
0.5	0.001497837	0.001842006	0.001254965	0.00087576	0.000500367
0.52	0.000960687	0.001570267	0.001199654	0.000783026	0.000468187
0.54	0.000644224	0.001110563	0.001119995	0.000712053	0.000404547
0.56	0.000644592	0.000583784	0.000943347	0.000656777	0.00032381
0.58	0.001013585	0.000178462	0.000635477	0.00058214	0.000248984
0.6	0.001655253	7.05789E-05	0.000242265	0.000440501	0.000193236
0.62	0.002290972	0.00033818	-0.00011041	0.000205918	0.000145502
0.64	0.002681811	0.000910507	-0.00026529	-9.2573E-05	7.35492E-05
0.66	0.002806692	0.001593983	-0.00010952	-0.00036191	-5.1726E-05
0.68	0.002771806	0.00216938	0.000362055	-0.00047287	-0.0002224
0.7	0.002644662	0.002494647	0.00103337	-0.00031639	-0.00037273
0.72	0.002367614	0.002543928	0.001713766	0.000139256	-0.00039179
0.74	0.001817899	0.002366958	0.002218896	0.000821607	-0.00017291
0.76	0.000937083	0.002013972	0.002439422	0.001573412	0.000320442
0.78	-0.00028644	0.001484318	0.002360341	0.002207866	0.001007977
0.8	-0.0018157	0.000724696	0.002026341	0.002569189	0.001696696

Tabel L.41 Contoh perhitungan mencari gaya horisontal lantai dan gaya geser

Tipe 7

t_i	$F1=k1 * y1$	$F2=k2 * y2$	$F3=k3 * y3$	$F4=k4 * y4$	$F5=k5 * y5$	V
0	0	0	0	0	0	0
0.02	5.424552374	5.284544684	4.832679831	4.356207927	3.87380211	23.771787
0.04	23.56456509	23.96386556	22.04360055	19.89041805	17.69287574	107.15532
0.06	49.16162308	53.77266839	50.09648337	45.30514873	40.3219155	238.65784
0.08	73.92236479	89.13197283	84.97047664	77.19795773	68.77626179	393.99903
0.1	101.5885053	133.6319637	131.4243414	120.328441	107.3849145	594.35817
0.12	141.5929348	195.1330095	198.09854	183.3044146	164.0197829	882.14868
0.14	195.2773523	274.903497	287.1338093	269.1812713	241.8045993	1268.3005
0.16	249.6364008	361.7595206	388.672321	370.2706278	334.5200143	1704.8589
0.18	287.0567508	438.5284777	486.8628317	473.2143353	431.0388443	2116.7012
0.2	302.9936394	496.2735842	572.7748825	570.3348668	525.2300879	2467.6071
0.22	313.1592975	542.5997444	651.5482452	665.9108415	621.282205	2794.5003
0.24	340.331637	594.617314	735.6784081	770.0237345	727.9905034	3168.6416
0.26	391.1451523	661.5195299	829.7653448	884.7324812	846.317779	3613.4803
0.28	446.2915486	733.6460741	922.2275115	996.6764598	962.8132062	4061.6548
0.3	485.1317331	798.2911523	1001.353518	1092.018628	1063.066255	4439.8613
0.32	504.6810299	851.8541583	1066.49824	1167.516264	1141.924964	4732.4747
0.34	506.5114316	888.0773173	1115.3965	1220.176636	1194.878349	4925.0402
0.36	496.2872355	902.0263347	1144.815558	1248.298546	1219.657977	5011.0857
0.38	490.3134481	901.9718703	1159.579372	1258.948507	1223.405557	5034.2188
0.4	505.1004777	904.4582938	1169.014975	1263.197529	1218.440944	5060.2122
0.42	548.9067617	927.1446299	1183.924044	1271.822775	1217.669333	5149.4675
0.44	601.0625034	964.6705545	1198.72673	1278.75539	1218.460521	5261.6757
0.46	598.7460847	965.6517898	1172.329824	1244.958118	1186.89561	5168.5814
0.48	503.9938215	884.2345682	1072.431821	1140.396994	1094.515941	4695.5731
0.5	359.4809718	734.7656232	918.961702	984.7022527	955.3495828	3953.2601
0.52	230.5649729	556.8100451	746.1216614	812.4542401	797.0914307	3143.0424
0.54	154.6138442	386.0532177	574.9564412	645.6303859	638.6212628	2399.8752
0.56	154.7019698	270.2425569	434.3444927	509.1298885	504.3695227	1872.7884
0.58	243.2604974	262.2503638	365.5048862	433.7396673	425.3837658	1730.1392
0.6	397.2607115	379.683001	393.6193929	433.5476804	416.2935509	2020.4043
0.62	549.8331959	578.4132718	503.7473676	490.4378409	459.2250989	2581.6568
0.64	643.6345717	790.3098847	665.4054238	582.2018245	529.2806114	3210.8323
0.66	673.6060657	968.1485154	858.2311906	707.2646847	620.4035709	3827.654
0.68	665.2335105	1087.06101	1060.648291	869.4663514	737.2743284	4419.6835
0.7	634.7187658	1130.647842	1234.535759	1054.13162	877.3685782	4931.4026
0.72	568.2272488	1080.539208	1325.061653	1217.621562	1019.643495	5211.0932
0.74	436.2958436	920.6686025	1280.750606	1300.564724	1128.392127	5066.6719
0.76	224.8998103	649.2320165	1078.095269	1253.499988	1165.49294	4371.22
0.78	-68.74495119	263.5337557	711.6443278	1037.895711	1083.850257	3028.1791
0.8	-435.7688781	-240.0217661	187.0666166	630.814024	832.1948689	974.28487

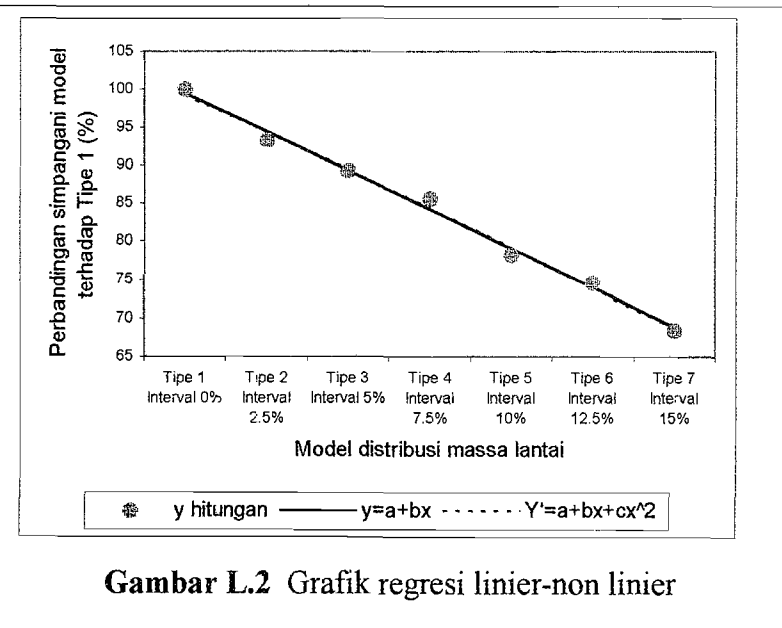
Tabel L.42 Contoh perhitungan mencari momen lantai dan momen guling Tipe 7

t_i	$Ml=F1 * H$	$Ml=F2 * H$	$Ml=F3 * H$	$Ml=F4 * H$	$Ml=F5 * H$	Mb
0	0	0	0	0	0	0
0.02	759.4373323	1479.672512	2029.725529	2439.476439	2711.661477	9419.9733
0.04	3299.039112	6709.882356	9258.31223	11138.63411	12385.01302	42790.881
0.06	6882.627231	15056.34715	21040.52301	25370.88329	28225.34085	96575.722
0.08	10349.13107	24956.95239	35687.60019	43230.85633	48143.38326	162367.92
0.1	14222.39074	37416.94982	55198.22337	67383.92698	75169.44018	249390.93
0.12	19823.01088	54637.24265	83201.38681	102650.4722	114813.8481	375125.96
0.14	27338.82932	76972.97917	120596.1999	150741.5119	169263.2195	544912.74
0.16	34949.09611	101292.6658	163242.3748	207351.5516	234164.01	740999.7
0.18	40187.94512	122787.9738	204482.3893	265000.0277	301727.191	934185.53
0.2	42419.10951	138956.6036	240565.4507	319387.5254	367661.0615	1108989.8
0.22	43842.30164	151927.9284	273650.263	372910.0712	434897.5435	1277228.1
0.24	47646.42918	166492.8479	308984.9314	431213.2913	509593.3524	1463930.9
0.26	54760.32132	185225.4684	348501.4448	495450.1895	592422.4453	1676359.9
0.28	62480.81681	205420.9007	387335.5548	558138.8175	673969.2444	1887345.3
0.3	67918.44263	223521.5226	420568.4777	611530.4315	744146.3784	2067685.3
0.32	70655.34419	238519.1643	447929.2606	653809.1081	799347.4747	2210260.4
0.34	70911.60042	248661.6488	468466.5299	683298.916	836414.8442	2307753.5
0.36	69480.21297	252567.3737	480822.5345	699047.186	853760.584	2355677.9
0.38	68643.88273	252552.1237	487023.336	705011.1639	856383.8897	2369614.4
0.4	70714.06688	253248.3223	490986.2896	707390.6164	852908.6611	2375248
0.42	76846.94664	259600.4964	497248.0986	712220.7539	852368.533	2398284.8
0.44	84148.75047	270107.7553	503465.2266	716103.0183	852922.365	2426747.1
0.46	83824.45186	270382.5012	492378.526	697176.5463	830826.9271	2374589
0.48	70559.13502	247585.6791	450421.3648	638622.3166	766161.1588	2173349.7
0.5	50327.33605	205734.3745	385963.9149	551433.2615	668744.708	1862203.6
0.52	32279.0962	155906.8126	313371.0978	454974.3744	557964.0015	1514495.4
0.54	21645.93819	108094.9009	241481.7053	361553.0161	447034.8839	1179810.4
0.56	21658.27578	75667.91594	182424.6869	285112.7376	353058.6659	917922.28
0.58	34056.46964	73430.10186	153512.0522	242894.2137	297768.636	801661.47
0.6	55616.49961	106311.2403	165320.145	242786.701	291405.4856	861440.07
0.62	76976.64743	161955.7161	211573.8944	274645.1909	321457.5692	1046609
0.64	90108.84003	221286.7677	279470.278	326033.0217	370496.428	1287395.3
0.66	94304.84919	271081.5843	360457.1001	396068.2234	434282.4996	1556194.3
0.68	93132.69147	304377.0827	445472.2823	486901.1568	516092.0299	1845975.2
0.7	88860.62721	316581.3958	518505.0189	590313.7071	614158.0047	2128418.8
0.72	79551.81434	302550.9782	556525.8944	681868.0745	713750.4468	2334247.2
0.74	61081.4181	257787.2087	537915.2543	728316.2454	789874.4892	2374974.6
0.76	31485.97344	181784.9646	452800.0128	701959.9931	815845.0579	2183876
0.78	-9624.293166	73789.4516	298890.6177	581221.5982	758695.18	1702972.6
0.8	-61007.64294	-67206.0945	78567.97896	353255.8534	582536.4083	886146.5

Tabel L.43 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk simpangan maksimum struktur

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	x	y	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y'=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.53084181	99.3964
2	2.5	93.29781917	233.2445479	6.25	583.113698	15.625	39.0625	8704.483062	94.41773431	94.417775
3	5	89.27324995	446.3662497	25	2231.831249	125	625	7969.713156	89.30462682	89.3854
4	7.5	85.5694096	641.770572	56.25	4813.27929	421.875	3164.0625	7322.123859	84.19151932	84.299275
5	10	78.16532302	781.6532302	100	7816.532302	1000	10000	6109.817723	79.07841183	79.1594
6	12.5	74.56794516	932.0993145	156.25	11651.24143	1953.125	24414.0625	5560.378445	73.96530433	73.965775
7	15	68.46688836	1027.003325	225	15405.04988	3375	50625	4687.714802	68.85219684	68.7184
sum	52.5	589.3406353	4062.13724	568.75	42501.04552	6890.625	88867.1875	50354.23105		

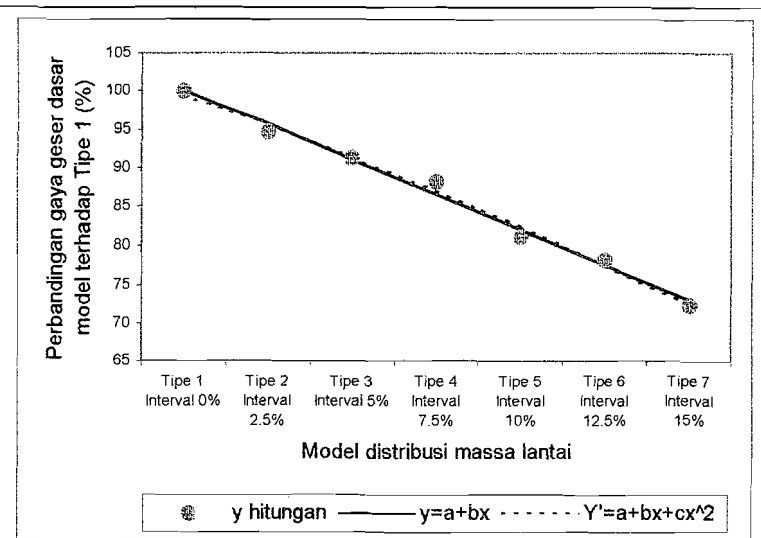
<p>Rumus untuk mencari regresi linier</p> $y' = a + bx$ $b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$ $a = \frac{(\sum y - m \sum x)}{n}$ <p>$b = -2.04524$ $a = 99.53084$</p> $y' = 99.53084 - 2.04524x$	<p>Rumus untuk mencari regresi non linier</p> $Y' = a + bx + cx^2$ $\sum y = na + b \sum x + c \sum x^2$ $\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3$ $\sum x^2 y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4$ <p>dari persamaan diatas didapat</p> <p>$a = 99.3964$ $b = -1.9807$ $c = -0.0043$</p> $Y' = 99.3964 - 1.9807x - 1.9807x^2$
<p>Koefisien korelasi, $r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0.995782$</p>	



Tabel L.44 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk gaya geser dasar maksimum struktur

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	x	y	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y'=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.0893342	99.5143
2	2.5	94.63571549	236.5892887	6.25	591.4732218	15.625	39.0625	8955.918646	95.57679761	95.5768
3	5	91.32688186	456.6344093	25	2283.172046	125	625	8340.59935	91.06426098	91.4093
4	7.5	88.28904453	662.1678339	56.25	4966.258755	421.875	3164.0625	7794.955383	86.55172435	87.0118
5	10	81.17171741	811.7171741	100	8117.171741	1000	10000	6588.847708	82.03918773	82.3843
6	12.5	78.24056367	978.0070459	156.25	12225.08807	1953.125	24414.0625	6121.585803	77.5266511	77.5268
7	15	72.19814751	1082.972213	225	16244.58319	3375	50625	5212.572504	73.01411447	72.4393
Σ	52.5	605.8620705	4228.087965	568.75	44427.74703	6890.625	88867.1875	53014.4794		

<p>Rumus untuk mencari regresi linier</p> $y' = a + bx$ $b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$ $a = \frac{(\sum y - m \sum x)}{n}$ <p>b = -1.80501 a = 100.0893</p> $y' = 100.0893 - 1.80501x$	<p>Rumus untuk mencari regresi non linier</p> $Y' = a + bx - cx^2$ $\sum y = na + b \sum x + c \sum x^2$ $\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3$ $\sum x^2 y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4$ <p>dari persamaan diatas didapat</p> <p>a = 99.5143 b = -1.529 c = -0.0184</p> $Y' = 99.5143 - 1.529x - 0.0184x^2$
<p>Koefisien korelasi, $r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0.994858$</p>	

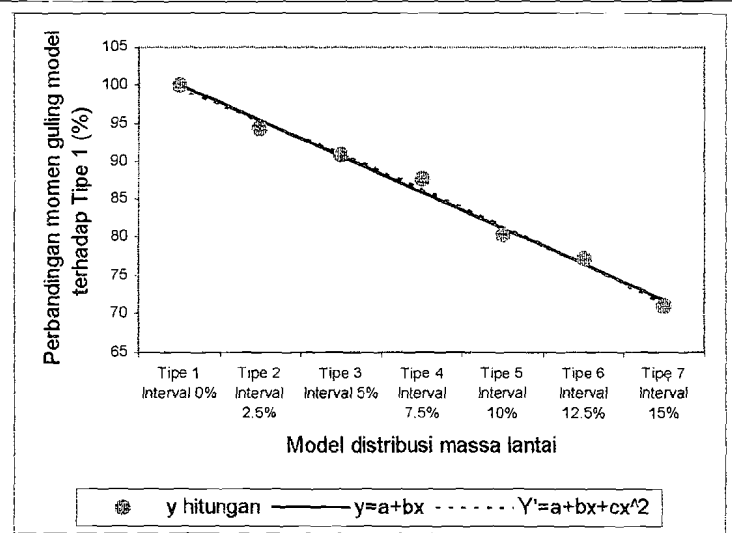


Gambar L.3 Grafik regresi linier-non linier

Tabel L.45 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan non linier untuk momen guling maksimum struktur

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	x	y	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y'=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.0678036	99.51392
2	2.5	94.40234981	236.0058745	6.25	590.0146863	15.625	39.0625	8911.803649	95.34533146	95.345545
3	5	90.87091282	454.3545641	25	2271.77282	125	625	8257.522796	90.62285932	90.95592
4	7.5	87.62779715	657.2084786	56.25	4929.063589	421.875	3164.0625	7678.630833	85.90038718	86.345045
5	10	80.3014302	803.014302	100	8030.14302	1000	10000	6448.319691	81.17791504	81.51292
6	12.5	77.15569853	964.4462316	156.25	12055.5779	1953.125	24414.0625	5953.001816	76.4554429	76.459545
7	15	70.94452175	1064.167826	225	15962.51739	3375	50625	5033.125167	71.73297076	71.18492
Σ	52.5	601.3027102	4179.197277	568.75	43839.08941	6890.625	88867.1875	52282.40395		

<p>Rumus untuk mencari regresi linier</p> $y' = a + bx$ $b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$ $a = \frac{(\sum y - m \sum x)}{n}$ <p>$b = -1.88899$</p> <p>$a = 100.0678$</p> <p>$y' = 100.0678 - 1.88899x$</p>	<p>Rumus untuk mencari regresi non linier</p> $Y' = a + bx + cx^2$ $\sum y = na + b \sum x + c \sum x^2$ $\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3$ $\sum x^2 y = a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4$ <p>dari persamaan diatas didapat</p> <p>$a = 99.5139$</p> <p>$b = -1.6231$</p> <p>$c = -0.0177$</p> $Y' = 99.5139 - 1.6231x - 0.0177x^2$
<p>Koefisien korelasi, $r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0.996441$</p>	



Gambar L.4 Grafik regresi linier-non linier

Tabel L.46 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan relatif lantai 1

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.60442793	99.5145
2	2.5	94.89826007	237.2456502	6.25	593.1141254	15.625	39.0625	9005.679764	95.9398514	95.939625
3	5	92.43443279	462.1721639	25	2310.86082	125	625	8544.124365	92.27527486	92.3285
4	7.5	89.91674522	674.3755891	56.25	5057.816919	421.875	3164.0625	8085.021071	88.61069833	88.681125
5	10	83.80020587	838.0020587	100	8380.020587	1000	10000	7022.474504	84.94612179	84.9975
6	12.5	81.85312893	1023.164112	156.25	12789.5514	1953.125	24414.0625	6699.934716	81.28154525	81.277625
7	15	77.3721154	1160.581731	225	17408.72597	3375	50625	5986.444242	77.61696872	77.5215
sum	52.5	620.2748883	4395.541305	568.75	46540.08981	6890.625	88867.1875	55343.67866		

Tabel L.47 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan relatif lantai 2

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.0967234	99.4545
2	2.5	95.36061742	238.4015436	6.25	596.0038589	15.625	39.0625	9093.647355	96.37935568	96.379
3	5	92.98674451	464.9337226	25	2324.668613	125	625	8646.534655	92.66198797	93.046
4	7.5	90.60586683	679.5440012	56.25	5096.580009	421.875	3164.0625	8209.423104	88.94462027	89.4555
5	10	84.53840367	845.3840367	100	8453.840367	1000	10000	7146.741696	85.22725256	85.6075
6	12.5	82.27884832	1028.485604	156.25	12856.07005	1953.125	24414.0625	6769.808881	81.50988486	81.502
7	15	76.8418611	1152.627916	225	17289.41875	3375	50625	5904.671617	77.79251715	77.139
sum	52.5	622.6123419	4409.376825	568.75	46616.58165	6890.625	88867.1875	55770.82731		

Tabel L.48 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan relatif lantai 3

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.5397539	99.6019
2	2.5	95.40486493	238.5121623	6.25	596.2804058	15.625	39.0625	9102.088253	96.28711725	96.28715
3	5	92.66070861	463.303543	25	2316.517715	125	625	8586.00692	92.03448063	92.5974
4	7.5	89.82557426	673.6918069	56.25	5052.688552	421.875	3164.0625	8068.633791	87.78184402	88.53265
5	10	82.68175137	826.8175137	100	8263.175137	1000	10000	6836.27201	83.52920741	84.0929
6	12.5	79.98516497	999.8145621	156.25	12497.68203	1953.125	24414.0625	6397.626615	79.2765708	79.27815
7	15	73.914844	1108.72266	225	16630.8399	3375	50625	5463.404164	75.02393418	74.0884
sum	52.5	614.4729081	4310.862248	568.75	45352.18374	6890.625	88867.1875	54454.03175		

Tabel L.49 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan relatif lantai 4

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.2861685	99.6566
2	2.5	94.5293176	236.323294	6.25	590.808235	15.625	39.0625	8935.791885	95.34018183	95.340475
3	5	90.82845503	454.1422751	25	2270.711376	125	625	8249.808242	90.39419511	90.7731
4	7.5	87.30573883	654.7930412	56.25	4910.947809	421.875	3164.0625	7622.292033	85.44820839	85.954475
5	10	79.43724739	794.3724739	100	7943.724739	1000	10000	6310.276272	80.50222167	80.8846
6	12.5	76.14788491	951.8485614	156.25	11898.10702	1953.125	24414.0625	5798.500377	75.55623495	75.563475
7	15	69.88881495	1048.332224	225	15724.98336	3375	50625	4884.446455	70.61024823	69.9911
sum	52.5	598.1374587	4139.81187	568.75	43339.28254	6890.625	88867.1875	51801.11526		

Tabel L.50 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan relatif lantai 5

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.53084181	99.3964
2	2.5	93.29781917	233.2445479	6.25	583.1113698	15.625	39.0625	8704.483062	94.41773431	94.417775
3	5	89.27324995	446.3662497	25	2231.831249	125	625	7969.713156	89.30462682	89.3854
4	7.5	85.5694096	641.770572	56.25	4813.27929	421.875	3164.0625	7322.123859	84.19151932	84.299275
5	10	78.16532302	781.6532302	100	7816.532302	1000	10000	6109.817723	79.07841183	79.1594
6	12.5	74.56794516	932.0993145	156.25	11651.24143	1953.125	24414.0625	5560.378445	73.96530433	73.965775
7	15	68.46688836	1027.003325	225	15405.04988	3375	50625	4687.714802	68.85219684	68.7184
sum	52.5	589.3406353	4062.13724	568.75	42501.04552	6890.625	88867.1875	50354.23105		

Tabel L.51 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan antar tingkat lantai 1

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=bx+a	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.60442793	99.5145
2	2.5	94.89826007	237.2456502	6.25	593.1141254	15.625	39.0625	9005.679764	95.9398514	95.939625
3	5	92.43443279	462.1721639	25	2310.86082	125	625	8544.124365	92.27527486	92.3285
4	7.5	89.91674522	674.3755891	56.25	5057.816919	421.875	3164.0625	8085.021071	88.61069833	88.681125
5	10	83.80020587	838.0020587	100	8380.020587	1000	10000	7022.474504	84.94612179	84.9975
6	12.5	81.85312893	1023.164112	156.25	12789.5514	1953.125	24414.0625	6699.934716	81.28154525	81.277625
7	15	77.3721154	1160.581731	225	17408.72597	3375	50625	5986.444242	77.61696872	77.5215
sum	52.5	620.2748883	4395.541305	568.75	46540.08981	6890.625	88867.1875	55343.67866		

Tabel L.52 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan antar tingkat lantai 2

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=bx+a	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.6055412	99.5331
2	2.5	95.90360854	239.7590213	6.25	599.3975534	15.625	39.0625	9197.502131	96.88787408	96.887975
3	5	93.97284196	469.8642098	25	2349.321049	125	625	8830.895027	93.17020692	93.8141
4	7.5	91.30295152	684.7721364	56.25	5135.791023	421.875	3164.0625	8336.228957	89.45253976	90.311475
5	10	85.28513165	852.8513165	100	8528.513165	1000	10000	7273.553681	85.7348726	86.3801
6	12.5	82.70948708	1033.868588	156.25	12923.35736	1953.125	24414.0625	6840.859252	82.01720544	82.019975
7	15	76.99375757	1154.906364	225	17323.59545	3375	50625	5928.038705	78.29953828	77.2311
sum	52.5	626.1677783	4436.021636	568.75	46859.9756	6890.625	88867.1875	56407.07775		

Tabel L.53 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan antar tingkat lantai 3

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=bx+a	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	101.4202145	99.8203
2	2.5	95.50095949	238.7523987	6.25	596.8809968	15.625	39.0625	9120.433264	96.12456022	96.12455
3	5	91.95263992	459.7631996	25	2298.815998	125	625	8455.287988	90.82890599	91.7888
4	7.5	88.13097334	660.9823001	56.25	4957.367251	421.875	3164.0625	7767.068462	85.53325176	86.81305
5	10	79.80165888	798.0165888	100	7980.165888	1000	10000	6368.30476	80.23759753	81.1973
6	12.5	75.16501051	939.5626313	156.25	11744.53289	1953.125	24414.0625	5649.778805	74.9419433	74.94155
7	15	68.18152018	1022.722803	225	15340.84204	3375	50625	4648.719695	69.64628907	68.0458
sum	52.5	598.7327623	4119.799921	568.75	42918.60507	6890.625	88867.1875	52009.59297		

Tabel L.54 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan antar tingkat lantai 4

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=bx+a	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	96.29903626	100.3708
2	2.5	91.46520411	228.6630103	6.25	571.6575257	15.625	39.0625	8365.883564	91.45646089	91.456425
3	5	85.16552006	425.8276003	25	2129.138002	125	625	7253.165808	86.61388552	84.1708
4	7.5	78.78329035	590.8746776	56.25	4431.560082	421.875	3164.0625	6206.806838	81.77131015	78.513925
5	10	73.18402649	731.8402649	100	7318.402649	1000	10000	5355.901734	76.92873478	74.4858
6	12.5	72.08359863	901.0449829	156.25	11263.06229	1953.125	24414.0625	5196.045192	72.0861594	72.086425
7	15	71.71753137	1075.762971	225	16136.44456	3375	50625	5143.404306	67.24358403	71.3158
sum	52.5	572.399171	3954.013507	568.75	41850.2651	6890.625	88867.1875	47521.20744		

Tabel L.55 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier simpangan antar tingkat lantai 5

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	97.01167518	98.1204
2	2.5	90.85307548	227.1326887	6.25	567.8317218	15.625	39.0625	8254.281325	93.62141265	93.621525
3	5	88.9261167	444.6305835	25	2223.152918	125	625	7907.854232	90.23115012	89.5664
4	7.5	86.69516996	650.2137747	56.25	4876.603311	421.875	3164.0625	7516.052495	86.84088759	85.955025
5	10	83.88957687	838.8957687	100	8388.957687	1000	10000	7037.461107	83.45062506	82.7874
6	12.5	80.75148236	1009.393529	156.25	12617.41912	1953.125	24414.0625	6520.801903	80.06036253	80.063525
7	15	76.77079175	1151.561876	225	17273.42814	3375	50625	5893.754465	76.6701	77.7834
sum	52.5	607.8862131	4321.828221	568.75	45947.3929	6890.625	88867.1875	53130.20553		

Tabel L.56 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier gaya horisontal lantai 1

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.60442793	99.5145
2	2.5	94.89826007	237.2456502	6.25	593.1141254	15.625	39.0625	9005.679764	95.9398514	95.939625
3	5	92.43443279	462.1721639	25	2310.86082	125	625	8544.124365	92.27527486	92.3285
4	7.5	89.91674522	674.3755891	56.25	5057.816919	421.875	3164.0625	8085.021071	88.61069833	88.681125
5	10	83.80020587	838.0020587	100	8380.020587	1000	10000	7022.474504	84.94612179	84.9975
6	12.5	81.85312893	1023.164112	156.25	12789.5514	1953.125	24414.0625	6699.934716	81.28154525	81.277625
7	15	77.3721154	1160.581731	225	17408.72597	3375	50625	5986.444242	77.61696872	77.5215
sum	52.5	620.2748883	4395.541305	568.75	46540.08981	6890.625	88867.1875	55343.67866		

Tabel L.57 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier gaya horisontal lantai 2

n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.0967234	99.4545
2	2.5	95.36061742	238.4015436	6.25	596.0038589	15.625	39.0625	9093.647355	96.37935568	96.379
3	5	92.98674451	464.9337226	25	2324.668613	125	625	8646.534655	92.66198797	93.046
4	7.5	90.60586683	679.5440012	56.25	5096.580009	421.875	3164.0625	8209.423104	88.94462027	89.4555
5	10	84.53840367	845.3840367	100	8453.840367	1000	10000	7146.741696	85.22725256	85.6075
6	12.5	82.27884832	1028.485604	156.25	12856.07005	1953.125	24414.0625	6769.808881	81.50988486	81.502
7	15	76.8418611	1152.627916	225	17289.41875	3375	50625	5904.671617	77.79251715	77.139
sum	52.5	622.6123419	4409.376825	568.75	46616.58165	6890.625	88867.1875	55770.82731		

Tabel L.58 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier gaya horisontal lantai 3

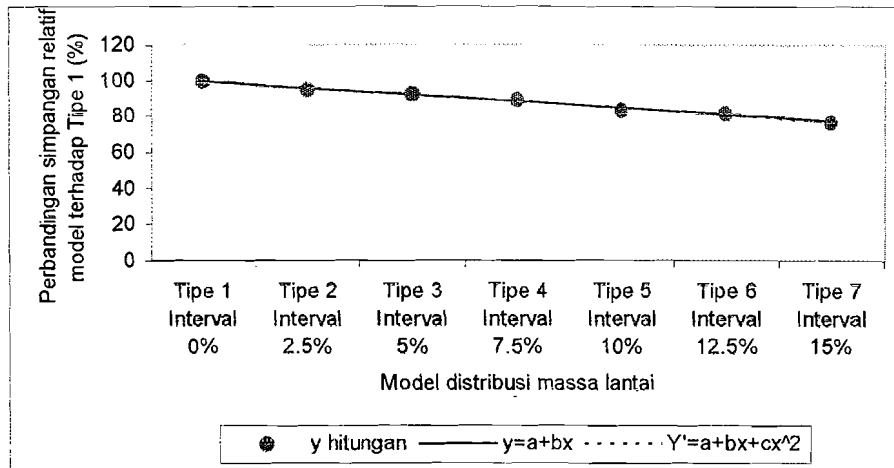
n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.5397539	99.6019
2	2.5	95.40486493	238.5121623	6.25	596.2804058	15.625	39.0625	9102.088253	96.28711725	96.28715
3	5	92.66070861	463.303543	25	2316.517715	125	625	8586.00692	92.03448063	92.5974
4	7.5	89.82557426	673.6918069	56.25	5052.688552	421.875	3164.0625	8068.633791	87.78184402	88.53265
5	10	82.68175137	826.8175137	100	8268.175137	1000	10000	6836.27201	83.52920741	84.0929
6	12.5	79.98516497	999.8145621	156.25	12497.68203	1953.125	24414.0625	6397.626615	79.2765708	79.27815
7	15	73.914844	1108.72266	225	16630.8399	3375	50625	5463.404164	75.02393418	74.0884
sum	52.5	614.4729081	4310.862248	568.75	45362.18374	6890.625	88867.1875	54454.03175		

Tabel L.59 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier gaya horisontal lantai 4

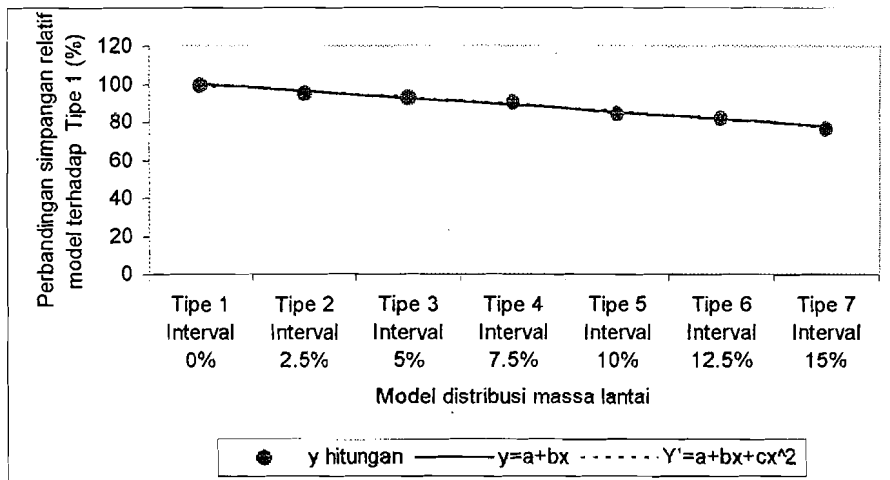
n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	100.2861685	99.6566
2	2.5	94.5293176	236.323294	6.25	590.808235	15.625	39.0625	8935.791885	95.34018183	95.340475
3	5	90.82845503	454.1422751	25	2270.711376	125	625	8249.808242	90.39419511	90.7731
4	7.5	87.30573883	654.7930412	56.25	4910.947809	421.875	3164.0625	7622.292033	85.44820839	85.954475
5	10	79.43724739	794.3724739	100	7943.724739	1000	10000	6310.276272	80.50222167	80.8846
6	12.5	76.14788491	951.8485614	156.25	11898.10702	1953.125	24414.0625	5798.500377	75.55623495	75.563475
7	15	69.88881495	1048.332224	225	15724.98336	3375	50625	4884.446455	70.61024823	69.9911
sum	52.5	598.1374587	4139.81187	568.75	43339.28254	6890.625	88867.1875	57801.11526		

Tabel L.60 Contoh perhitungan mencari regresi linier dan nonlinier gaya horisontal lantai 5

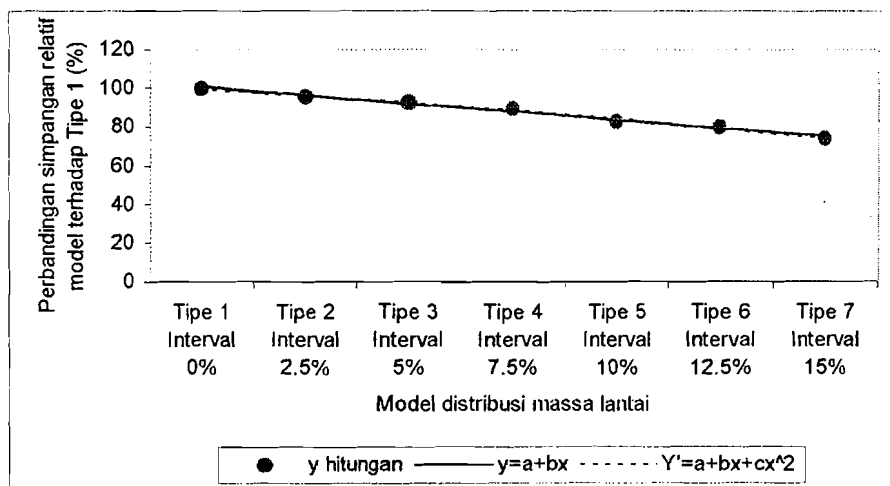
n	x	y hitungan	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	y ²	y=a+bx	Y'=a+bx+cx ²
1	0	100	0	0	0	0	0	10000	99.53084181	99.3984
2	2.5	93.29781917	233.2445479	6.25	583.1113698	15.625	39.0625	8704.483062	94.41773431	94.417775
3	5	89.27324995	446.3662497	25	2231.831249	125	625	7969.713156	89.30462682	89.3854
4	7.5	85.5694096	641.770572	56.25	4813.27929	421.875	3164.0625	7322.123859	84.19151932	84.299275
5	10	78.16532302	781.6532302	100	7816.532302	1000	10000	6109.817723	79.07841183	79.1594
6	12.5	74.56794516	932.0993145	156.25	11651.24143	1953.125	24414.0625	5560.378445	73.96530433	73.965775
7	15	68.46688836	1027.003325	225	15405.04988	3375	50625	4687.714802	68.85219684	68.7184
sum	52.5	589.3406353	4062.13724	568.75	42501.04552	6890.625	88867.1875	50354.23105		



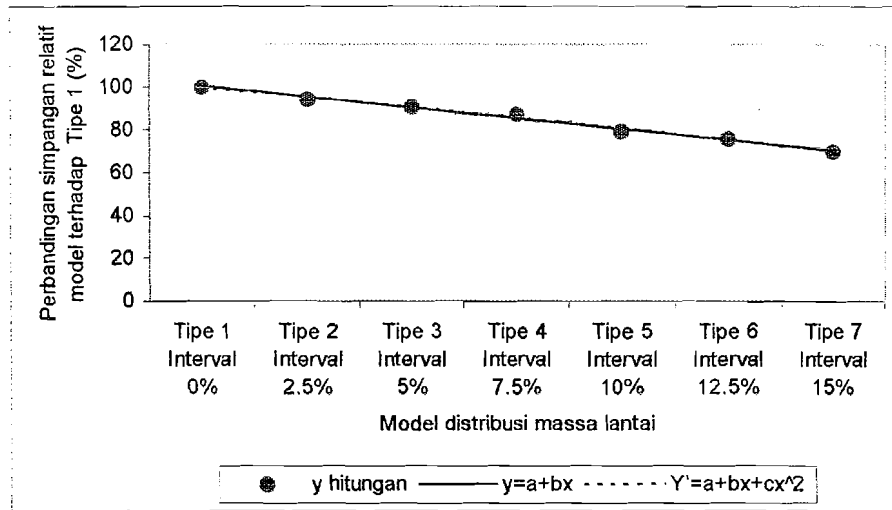
Gambar L.5 Grafik regresi linier dn non linier simpangan relatif rantai 1



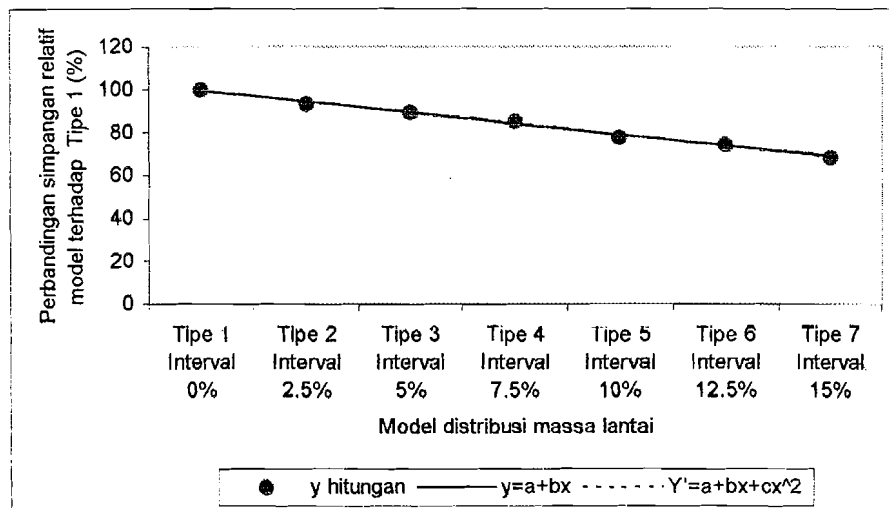
Gambar L.6 Grafik regresi linier dn non linier simpangan relatif rantai 2



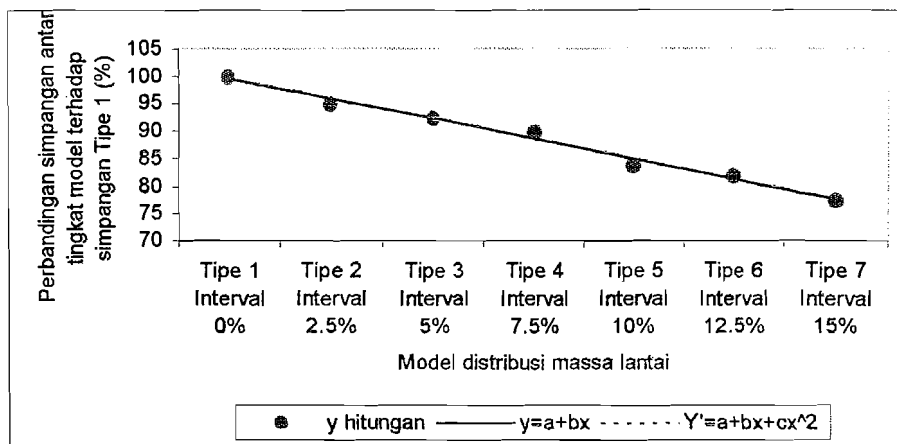
Gambar L.7 Grafik regresi linier dn non linier simpangan relatif rantai 3



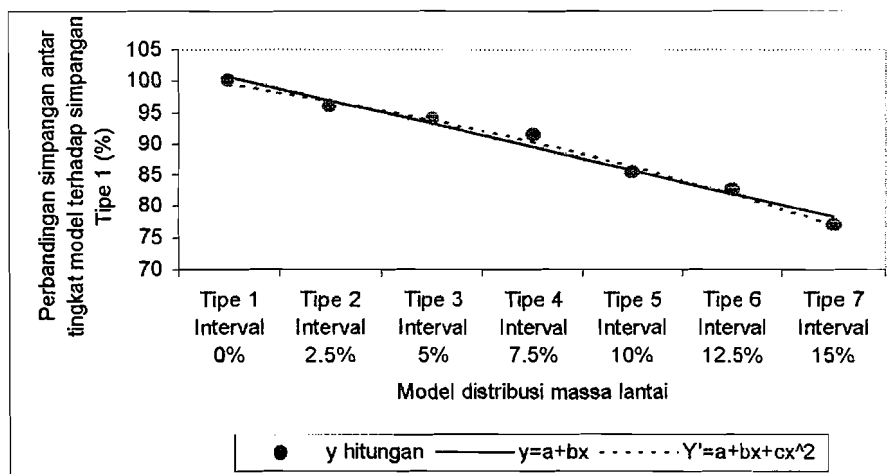
Gambar L.8 Grafik regresi linier dn non linier simpangan relatif rantai 4



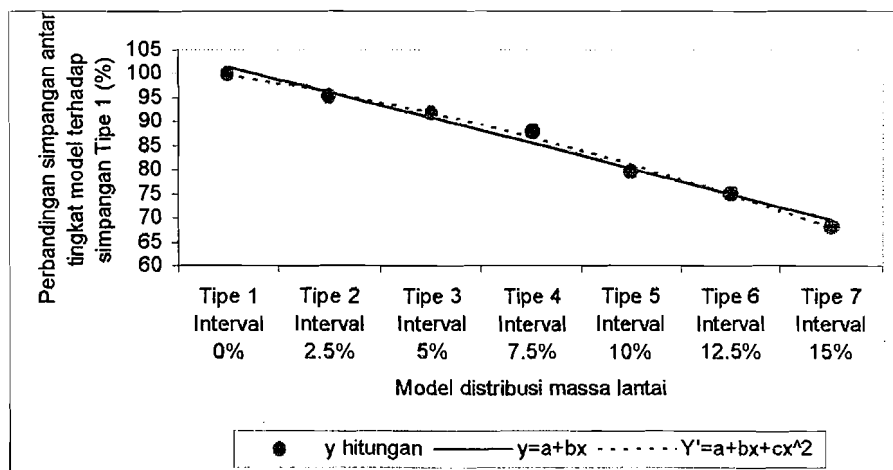
Gambar L.9 Grafik regresi linier dn non linier simpangan relatif rantai 5



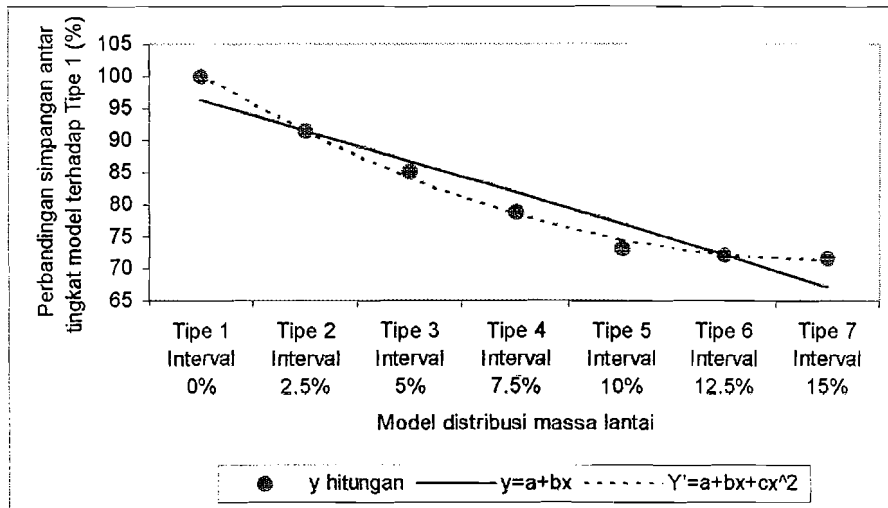
Gambar L.10 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 1



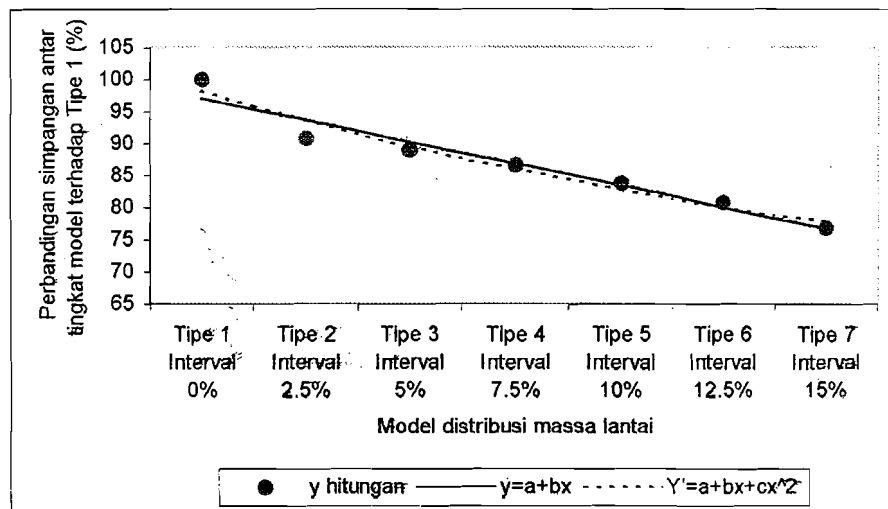
Gambar L.11 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 2



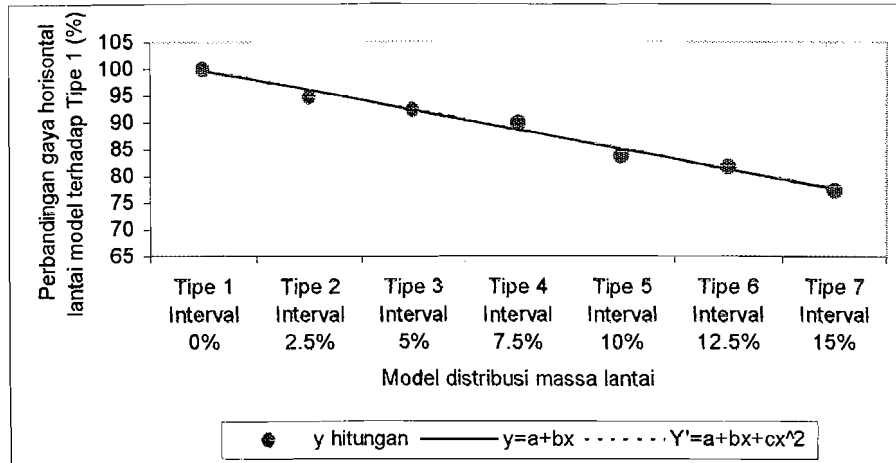
Gambar L.12 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 3



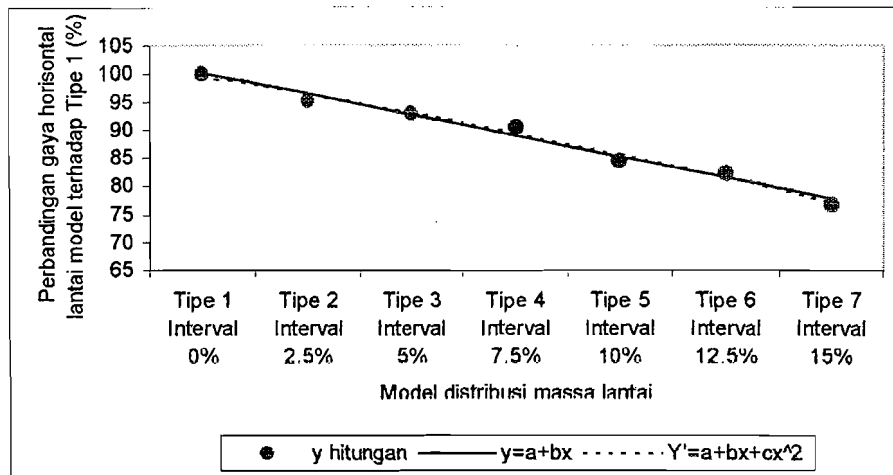
Gambar L.13 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 4



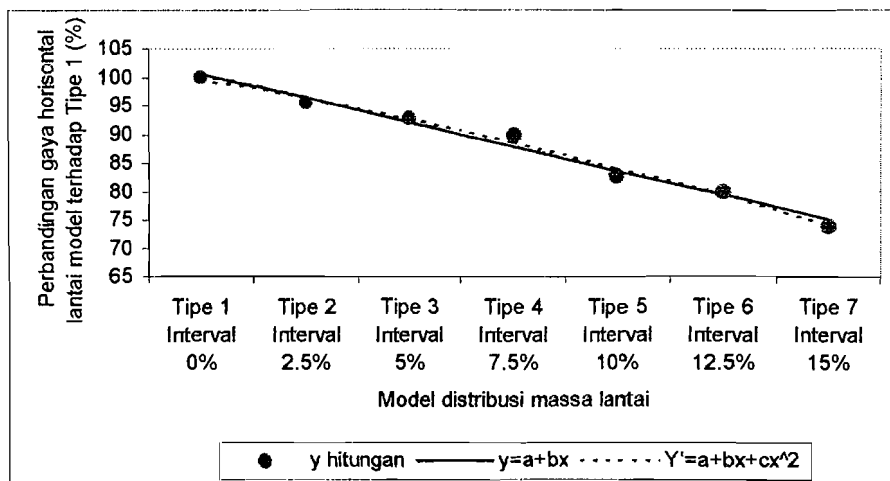
Gambar L.14 Grafik regresi linier dan non linier simpangan antar tingkat lantai 5



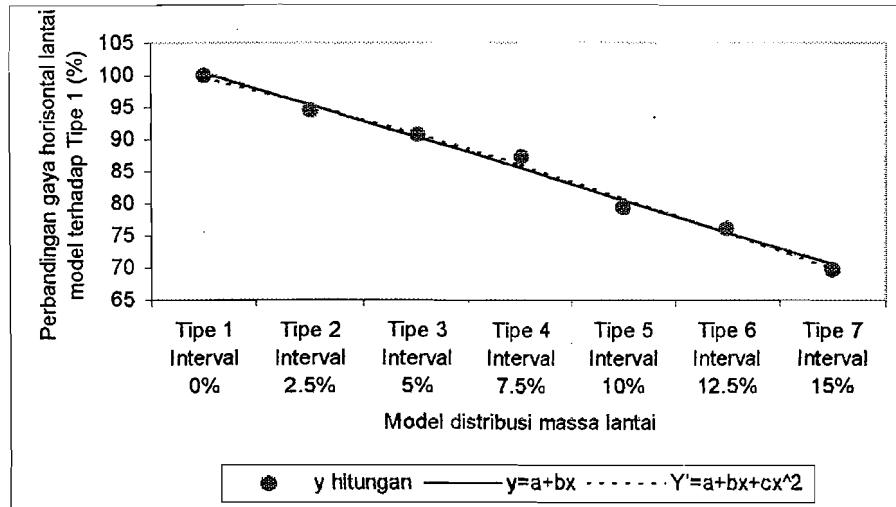
Gambar L.15 Grafik regresi linier dan non linier gaya horizontal lantai 1



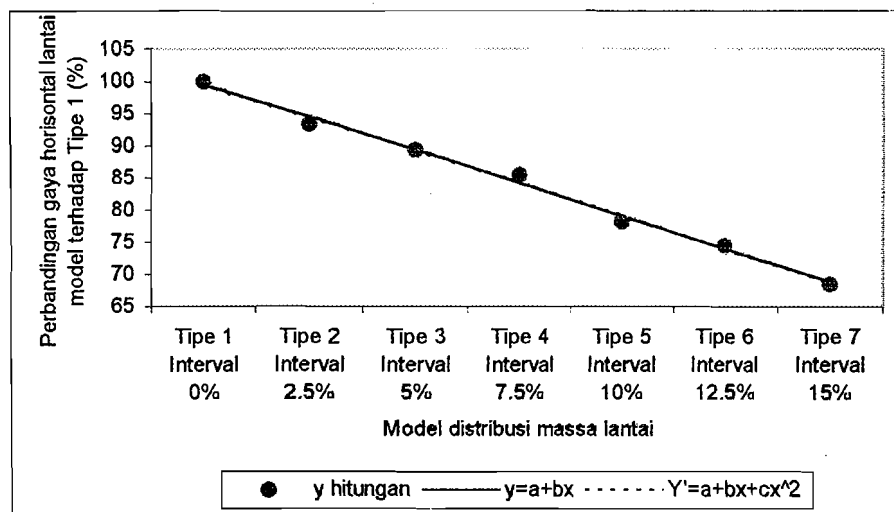
Gambar L.16 Grafik regresi linier dan non linier gaya horizontal lantai 2



Gambar L.17 Grafik regresi linier dan non linier gaya horizontal lantai 3



Gambar L.18 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 4



Gambar L.19 Grafik regresi linier dan non linier gaya horisontal lantai 5