

**PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHADAP PERIODE
GETARAN, SIMPANGAN ANTAR LANTAI, DAN GAYA GEMPA PADA
STRUKTUR GEDUNG BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN
ANALISIS RESPON SPEKTRUM BERDASARKAN SNI: 1726-2019**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Progam Studi Teknik Sipil**



NETASYA OKTA FERNANDA

19041000111

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH LETAK BRACING KONSENTRIS TERHADAP PERIODE
GETARAN, SIMPANGAN ANTAR LANTAI, DAN GAYA GEMPA PADA
STRUKTUR GEDUNG BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN ANALISIS
RESPON SPEKTRUM BERDASARKAN SNI: 1726-2019**


Dipersiapkan dan disusun oleh :
NETASYA OKTA FERNANDA
19041000111


**Telah dipertahankan di Dewan Penguji
Pada 22 Februari 2023**

Susunan Dewan Penguji

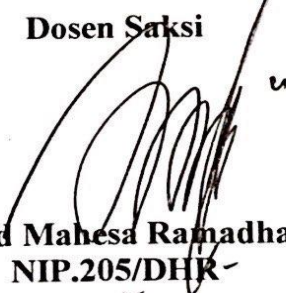
Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2


(Dr. Ninik Catur E.Y., S.T., M.T.)
NIDN. 0004097002


(Ir. Rizki Prasetya, S.T., M.T., IPM)
NIDN. 0701108802

Dosen Saksi


(Muhammad Mahesa Ramadhan, S.T., M.T.)
NIP.205/DHR-

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu Persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik.

Malang,

2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



(Prof. Ir. Agus Suprpto, MSc., Ph.D., IPM)

NIDN.0707095801

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang di kutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Netasya Okta Fernanda

NIM : 19041000111

Tanda Tangan :  

Tanggal :

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini berjudul “Pengaruh Letak *Bracing* Konsentris Terhadap Periode Getaran, Simpangan Antar Lantai, dan Gaya Gempa Pada Struktur Gedung Baja Tahan Gempa Menggunakan Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726-2019”. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Pendidikan pada program Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih pada :

1. Bapak Ir.Riki Prasetya, ST., MT, UPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang.
2. Bapak Zaid Dzulkarnain Zubizaretta., ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang.
3. Bapak Ir.Dionisius Tripriyo Arry Bramantoro, MT., selaku Dosen Pembimbing 1 (satu) yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing 2 (dua) yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Segenap Dosen, Staff, dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang yang telah membantu penulis selama penulis menuntut ilmu di Universitas Merdeka Malang
6. Kedua orang tua, seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan penulis dari awal perkuliahan hingga penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Proposal Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu

Malang, 2022

Penulis,

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Netasya Okta Fernanda
NIM : 19041000111
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Raight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENGARUH LETAK BRACING KONSENTRIS TERHADAP PERIODE GETARAN, SIMPANGAN ANTAR LANTAI, DAN GAYA GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM BERDASARKAN SNI: 1726-2019

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Proram Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Malang

Pada tanggal : 22 Februari 2023.

Yang Me:




(Netasya Okta Fernanda)

PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHADAP PERIODE GETARAN, SIMPANGAN ANTAR LANTAI, DAN GAYA GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM BERDASARKAN SNI: 1726-2019

Netasya Okta Fernanda

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan harus memenuhi standar keamanan yang dianggap cukup kuat untuk menahan kerusakan akibat beban gempa. Inovasi yang perlu diberikan adalah menambah pengaku (*bracing*), salah satu jenis sistem rangka tersebut adalah *bracing* konsentris yang dirancang untuk menahan beban gempa.

Struktur yang dimodelkan gedung bertingkat 8 lantai dengan letak *bracing* yang bervariasi. Terdapat 4 variasi yaitu Model Denah Kontrol (MDK), Model Letak *Bracing* Simetris 4 sisi-Sudut-Tengah (MLBKSST), Model Letak *Bracing* Simetris 4 sisi-Tanpa-Sudut-Tengah (MLBKSTT), Model Letak *Bracing* Simetris 4 sisi-Tengah (MLBKST), Model Letak *Bracing* Simetris 4 sisi-Penuh (MLBKSP). Analisa gaya gempa menggunakan analisis dinamis respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019. Pemodelan struktur dilakukan 3D dengan program SAP2000.

Berdasarkan teori kinerja, pada penelitian ini direkomendasikan model bangunan MLBKSTT. Karena periode getaran terbesar, gaya gempa terkecil, meskipun simpangan antar lantai terbesar tetap direkomendasikan MLBKSST karena dominan memenuhi syarat. Hasil analisa ini menunjukkan MLBKSTT terhadap MDK terjadi penurunan pada periode getaran dengan presentase sebesar 45,7% dan penurunan pada simpangan antar lantai arah X dan Y dengan presentase sebesar 49,4% dan 57,3%, terjadi kenaikan pada gaya gempa dasar arah X dan Y dengan presentase sebesar 19,4% dan 44,6% terhadap MDK.

Kata kunci : baja tahan gempa, *bracing* konsentris, periode getaran, simpangan antar lantai, gaya gempa, respon spektrum

ABSTRACT

Building structure planning must meet safety standards that are considered strong enough to withstand damage due to earthquake loads. The innovation that needs to be given is to add bracing, one type of frame system is concentric bracing which is designed to withstand earthquake loads.

The structure is modeled after an 8-storey multi-storey building with various bracing locations. There are 4 variations, namely the Control Plan Model (MDK), Center-Center 4-sided-Angle Symmetrical Bracing Model (MLBKSST), 4-sided-Center-No-Center Symmetrical Bracing Layout Model (MLBKST), 4-side-Center Symmetrical Bracing Layout Model (MLBKST), 4-sided Full-sided Symmetrical Bracing Layout Model (MLBKSP). The earthquake force analysis used dynamic response spectrum analysis based on SNI 1726-2019. Structure modeling was carried out in 3D with the SAP2000 program.

Based on performance theory, this research recommends the MLBKSTT building model. Due to the largest period of vibration, the smallest earthquake force, even though the largest floor deviation is still recommended by MLBKSST because it is dominant, it fulfills the requirements. The results of this analysis show that the MLBKSTT to MDK decreased in the period of vibration with a percentage of 45.7% and a decrease in the floor intersections in the X and Y directions with a percentage of 49.4% and 57.3%, an increase in the base seismic force in the X direction and Y with a percentage of 19.4% and 44.6% of MDK.

Keywords: earthquake resistant steel, concentric bracing, vibration period, floor drift, seismic force, spectrum response

DAFTAR ISI

COVER	v
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
UCAPAK TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xx
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Relevan	6
2.1.1. Analisis Pengaruh <i>Bracing</i> oleh Dwi Wahyu Anggraeni, dkk (2017)	6
2.1.2. Analisis Pengaruh <i>Bracing</i> oleh Dyah Ayu Utari Mahadewi, dkk (2021).....	7
2.1.3. Pengaruh Penempatan <i>Bracing</i> oleh Fajri (2015).....	7
2.2. Konsep Bangunan Tahan Gempa	8
2.2.1. Filosofi Bangunan Tahan Gempa	8
2.2.2. Hubungan Gempa dengan Respon Dinamis.....	9
2.2.3. Faktor Yang Berpengaruh Pada Bangunan Tahan Gempa	9
2.3. Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa	11
2.3.1. Respon Struktur	11
2.3.2. Periode Getar Fundamental Struktur (T)	12
2.3.3. Simpangan (<i>displacement</i>)	14
2.3.4. Simpangan Antar Tingkat (<i>drift story</i>).....	14

2.3.5. Gaya Geser Dasar (V).....	16
2.3.6. Partisipasi Massa	17
2.4. Analisis Beban Gempa Respon Spektrum Dinamis	17
2.5. Pembebanan Gravitasi	24
2.5.1. Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	25
2.5.2. Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	29
2.5.3. Beban Mati Tambahan (SDL)	32
2.5.4. Kombinasi Pembebanan	34
2.6. Struktur Rangka Baja Tahan Gempa	35
2.6.1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	35
2.6.2. Sistem Rangka <i>Bracing</i> Konsentrik (SRBK)	36
2.6.3. Sistem Rangka <i>Bracing</i> Eksentris	37
2.7. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	38
2.7.1. Batang Tarik	38
2.7.2. Batang Tekan	39
BAB III	43
METODOLOGI ANALISIS	43
3.1. Kriteria Desain.....	43
3.1.1. Data Umum	43
3.1.2. Mutu Baja Profil	43
3.2. Prosedur Analisis	44
3.3. Penentuan Variasi Struktur	46
3.4. Estimasi Dimensi Struktur	60
3.4.1. Estimasi Dimensi Balok	60
3.4.2. Estimasi Dimensi Kolom.....	64
3.4.3. Estimasi Dimensi <i>Bracing</i>	67
3.5. Pembebanan Pada Struktur	68
3.5.1. Beban Gravitasi	68
3.5.2. Beban Gempa	83
3.5.3. Kombinasi Pembebanan	94
3.6. Analisis Struktur Dinamik pada SAP2000 v.20.....	96
3.6.1. Penentuan Massa Struktur dan Diafragma	96
3.6.2. Analisis Modal.....	100
3.6.3. Periode Getaran	102

3.6.4. Rasio Partisipasi Massa	105
3.6.5. Gaya Gempa Dasar	107
3.6.6. Simpangan Antar Lantai (<i>Drift Story</i>)	108
3.7. Hasil Analisis	111
3.7.1. Periode Getaran (T)	111
3.7.2. Gaya Gempa Dasar	111
3.7.3. Simpangan Antar Lantai (<i>Drift Story</i>)	114
3.8. Pembahasan Hasil Analisis	120
3.8.1. Perbandingan Nilai Periode Getar Penempatan Bracing MLBKSST, MLBKSTS, MLBKST, MLBKSP terhadap Bangunan Kontrol MDK	120
3.8.2. Perbandingan Gaya Gempa Dasar (Fx dan Fy) MLBKSST, MLBKSTT, MLBKST, MLBKSP terhadap Bangunan Kontrol MDK	123
3.8.3. Perbandingan Nilai <i>drift Story</i> MLBKSST, MLBKSTT, MLBKST, MLBKSP dan MDK	126
BAB IV	131
ANALISIS PEMBAHASAN	131
4.1. Permodelan Struktur	131
4.1.1. Data Permodelan	131
4.1.2. Permodelan Struktur	132
4.2. Perhitungan Estimasi Dimensi Balok, Kolom, Pelat	144
4.2.1. Estimasi Dimensi Balok dan Balok Link	144
4.2.2. Estimasi Dimensi Kolom	145
4.2.3. Estimasi Dimensi <i>Bracing</i>	147
4.2.4. Perhitungan Komponen Struktur	147
4.2.5. Estimasi Dimensi Pelat	156
4.3. Pembebanan pada Struktur	157
4.3.1. Beban Gravitasi	157
4.3.2. Beban Gempa	158
4.4. Pemodelan Struktur Menggunakan Program SAP2000	159
4.4.1. Penggambaran Model Struktur	159
4.4.2. Definisi Material Property	160
4.4.3. Definisi Dimensi Penampang Balok, Kolom, dan Pelat	162
4.4.4. Definisi Tumpuan	171
4.4.5. Definisi Profil Balok <i>Bracing</i>	171

4.4.6. Input Pembebanan Struktur	173
4.4.7. Kombinasi Pembebanan	187
4.4.8. Penentuan Massa Struktur dan Diafragma	189
4.4.9. Analisa Modal.....	193
4.4.10. Analisa Struktur Tahap 1	194
4.4.11. Pemeriksaan Hasil Analisis	195
4.5. Kontrol Analisis Terhadap Permodelan Struktur (SNI 1726-2019).....	206
4.5.1. Periode Getar Struktur	206
4.5.2. Gaya Geser Dasar	212
4.5.3. Rasio Partisipasi Massa	220
4.5.4. Analisa Struktur Tahap II	221
4.6. Evaluasi Kinerja Struktur Baja <i>Bracing</i> Konsentris	225
4.6.1. Periode Getaran (T)	225
BAB V.....	249
KESIMPULAN DAN SARAN	249
DAFTAR PUSTAKA	252

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Level Kerusakan Bangunan Akibat Gempa	9
Gambar 2.2 Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	15
Gambar 2.3 Parameter Percepatan Respon Spektrum Periode Pendek (Ss)	18
Gambar 2.4 Parameter Percepatan Respon Spektrum Periode 1 Detik (S1).....	18
Gambar 2.5 Peta Transisi Periode Panjang	18
Gambar 2.6 Spektrum Respon Desain	22
Gambar 2.7 Menu <i>Define Response Spectrum Functions</i>	23
Gambar 2.8 Menu <i>Response Spectrum IBC 2012</i>	23
Gambar 2.9 Menu <i>Response Spectrum Function Definition</i>	24
Gambar 2.10 Menu <i>Define Response Spectrum Functions</i>	24
Gambar 2.11 Input Tipe Pembebanan.....	26
Gambar 2.12 Kotak Dialog <i>Select by Area Sections</i> Kotak Dialog <i>Select by Area Sections</i>	26
Gambar 2.13 Kotak Input Beban Hidup (LL)	27
Gambar 2.14 Kotak Dialog <i>Select by Area Sections</i>	28
Gambar 2.15 Kotak Input Beban Hidup (LL)	28
Gambar 2.16 Contoh Distribusi Beban Hidup (LL) Pada Model 3 Lantai:(a) Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Sumbu XY Struktur Lantai 8 (Atap).....	29
Gambar 2.17 Input Tipe Pembebanan Pelat Lantai (Beban Mati)	30
Gambar 2.18 Input Tipe Pembebanan Pelat Atap (Beban Mati).....	30
Gambar 2.19 Input Tipe Pembebanan Pelat Atap (Beban Mati).....	31
Gambar 2.20 Input Tipe Pembebanan Pelat Atap	31
Gambar 2.21 Gambar <i>Area Uniform to Frame 3 Dimensi</i>	32
Gambar 2.22 Input Tipe Pembebanan <i>Super Dead Load</i>	32
Gambar 2.23 Kotak Input Beban <i>Super Dead Frame Load</i>	33
Gambar 2.24 Gambar <i>Area Uniform to Frame 3 Dimensi</i>	34
Gambar 2.25 Sistem Rangka Pemikul Momen	36
Gambar 2.26 Rangka <i>Bracing</i> Konsentrik	37
Gambar 2.27 Rangka <i>Bracing</i> Eksentris	38
Gambar 2.28 Fenomena <i>buckling</i> pada kolom baja	41
Gambar 2.29 Konsep panjang efektif dan daya dukung kolom	41

Gambar 2.30 Panduan nilai K (faktor panjang efektif).....	41
Gambar 2.31 Rangka bergoyang.....	42
Gambar 2.32 Rangka tidak bergoyang.....	42
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	45
Gambar 3.2 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 1	47
Gambar 3.3 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 2-7.....	47
Gambar 3.4 Denah Pemodelan MDK Lantai 8 (Atap).....	48
Gambar 3.5 Portal Pomedalan MDK arah X.....	48
Gambar 3.6 Portal Pemodelan MDK arah Y.....	49
Gambar 3.7 Model 3D Bangunan MDK (Kontrol).....	49
Gambar 3.8 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- 4 sudut- tengah Lantai 1-7.....	50
Gambar 3.9 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- 4 sudut- tengah Lantai 8 (Atap)	51
Gambar 3.10 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi – sudut- tengah arah X.....	51
Gambar 3.11 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- sudut- tengah arah Y	52
Gambar 3.12 Model 3D Letak <i>Bracing</i> 4 sisi-sudut-tengah	52
Gambar 3.13 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut-tengah Lantai 1-7.....	53
Gambar 3.14 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut-tengah	53
Gambar 3.15 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut-tengah arah X.....	54
Gambar 3.16 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut-tengah arah Y.....	54
Gambar 3.17 Model 3D Letak <i>Bracing</i> Tanpa sudut- tengah.....	55
Gambar 3.18 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut Lantai 1-7.....	55
Gambar 3.19 Denah Penempatan <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut	56
Gambar 3.20 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut arah X.....	56
Gambar 3.21 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- tanpa sudut arah Y.....	57
Gambar 3.22 Model 3D Letak <i>Bracing</i> Tanpa Sudut	57
Gambar 3.23 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- penuh Lantai 1-8	58
Gambar 3.24 Denah Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- penuh Lantai 8 (Atap)	58
Gambar 3.25 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- penuh arah X	59
Gambar 3.26 Portal Letak <i>Bracing</i> 4 sisi- penuh arah Y	59
Gambar 3.27 Model 3D Letak <i>Bracing</i> Penuh.....	60
Gambar 3.28 Menu <i>define materials</i>	69
Gambar 3.29 Input Tipe Material Baja	70

Gambar 3.30 Input data material baja	70
Gambar 3.31 Kotak Dialog <i>I/ Wide Flange Sections</i>	71
Gambar 3.32 Kotak Dialog <i>I/Wide Flange Sections</i>	72
Gambar 3.33 Kotak Dialog <i>I/Wide Flange Sections</i>	72
Gambar 3.34 Kotak Dialog <i>Area Sections</i>	73
Gambar 3.35 Kotak Dialog Input <i>Shell Section Data</i>	73
Gambar 3.36 Kotak Dialog Input <i>Shell Section Data</i>	74
Gambar 3.37 Input <i>Type</i> Pembebanan (Beban Mati).....	74
Gambar 3.38 Kotak Input Beban Mati untuk.....	75
Gambar 3.39 Kotak Input Beban Mati untuk.....	75
Gambar 3.40 Model Plat Atap 2D dan 3D	76
Gambar 3.41 Model Plat Lantai 2D dan 3D.....	77
Gambar 3.42 <i>Area Uniform to Frame 3D</i>	77
Gambar 3.43 Input <i>Type</i> Pembebanan (Beban Hidup)	78
Gambar 3.44 Kotak <i>Dialog Select by Area Sections</i>	79
Gambar 3.45 Kotak Input Beban Hidup Pelat Lantai	79
Gambar 3.46 Kotak Input Beban Hidup Pelat Atap.....	80
Gambar 3.47 Beban Hidup <i>Area Uniform</i>	81
Gambar 3.48 Beban Hidup <i>Area Uniform</i>	81
Gambar 3.49 <i>Area Unifrom to Frame 3D</i>	82
Gambar 3.50 Letak <i>bracing</i> konsentris 2D dan 3D arah X-Z plane	83
Gambar 3.51 Penempatan <i>Bracing</i> Konsentris Lengkap Arah X-Z.....	83
Gambar 3.52 <i>Define Respon Spectrum Function</i>	86
Gambar 3. 53 Menu Response Spectrum IBC 2012	87
Gambar 3.54 Menu <i>Response Spectrum Function Definition</i>	87
Gambar 3.55 Menu <i>Define Response Spectrum Functions</i>	88
Gambar 3.56 Kotak Dialog <i>Load Cases Data</i> –	90
Gambar 3.57 Kotak Dialog <i>Load Cases Data – Response</i>	91
Gambar 3.58 Kotak Dialog <i>Select by Specifed</i>	92
Gambar 3.59 Kotak <i>Dialog Define Constrains</i>	92
Gambar 3.60 Kotak <i>Dialog Diaphragm Constraint</i>	93
Gambar 3.61 Kotak <i>Dialog Diaphragm Constraint</i>	93

Gambar 3.62 Menu <i>Define Load Combinations</i>	95
Gambar 3.63 Menu <i>Load Combinations Data</i>	96
Gambar 3.64 Kotak Dialog <i>Mass Source</i>	97
Gambar 3. 65 Kotak menu <i>Mass Source Data</i>	97
Gambar 3. 66 Menu Dialog <i>Select by Specified</i>	98
Gambar 3. 67 Menu <i>Dialog Define Constrains</i>	99
Gambar 3.68 Menu <i>Diaphragm Constraint</i>	99
Gambar 3.69 Kotak Dialog <i>Assign Joint Constraints</i>	100
Gambar 3.70 Menu <i>Define Load Case</i>	100
Gambar 3.71 Menu <i>Load Case Data – Modal Target Dynamic Participation Ratios (%)</i> = 100 %	101
Gambar 3.72 Kotak <i>Load Case to Run</i>	102
Gambar 3.73 Menu <i>Deformed Shape</i>	103
Gambar 3. 74 Kotak <i>Dialog Deformed Shape (MODAL)</i>	103
Gambar 3.75 Kotak <i>Dialog Define Load Pattern</i>	104
Gambar 3.76 <i>Menu User Defined Seismic Load Pattern</i>	105
Gambar 3.77 Kotak Dialog <i>Define Load Pattern</i>	105
Gambar 3.78 Kotak Dialog <i>Choose Table for Display</i>	106
Gambar 3.79 Kotak Dialog <i>Select Load Pattern</i>	106
Gambar 3.80 Kotak Dialog <i>Modal Participating Mass Ratios</i>	107
Gambar 3.81 Pilihan Menu <i>Choose Table for Display</i>	107
Gambar 3.82 Menu <i>Select Output Cases</i>	108
Gambar 3.83 Menu Dialog <i>Base Reactions</i>	108
Gambar 3. 84 Pemilihan Item <i>Output Simpangan Antar Lantai</i>	109
Gambar 3.85 Pemilihan Kombinasi Pembebanan untuk.....	109
Gambar 3.86 Tabel <i>Output Simpangan Antar Lantai</i>	110
Gambar 3.87 Kotak <i>Dialog Input Joint Label</i>	110
Gambar 3. 88 <i>Bar chart</i> Perbandingan Jumlah <i>Mode Shape (Ta)</i> Terpanjang Pada Model Bangunan yang Ditinjau Terhadap Model.....	120
Gambar 3. 89 <i>Bar chart</i> Perbandingan Jumlah <i>Mode Shape (Tb)</i> Terpendek pada Model Bangunan yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol	122

Gambar 3.90 <i>Bar chart</i> Perbandingan Nilai Gaya Gempa Dasar (F_x) pada Model Bangunan yang ditinjau terhadap Model.....	123
Gambar 3.91 <i>Bar chart</i> Perbandingan Nilai Gaya Gempa Dasar (F_y) pada Model Bangunan yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol	125
Gambar 3.92 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X terbesar pada Model Bangunan yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol .	126
Gambar 3.93 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah Y terbesar pada Model Bangunan yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol .	129
Gambar 4.1 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 1	132
Gambar 4.2 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 2-7.....	133
Gambar 4.3 Denah Pemodelan MDK Lantai 8 (Atap).....	133
Gambar 4.4 Portal Pomedalan MDK arah X.....	134
Gambar 4.5 Portal Pemodelan MDK arah Y.....	134
Gambar 4.6 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- 4 Sudut- Tengah Lantai 1-7	135
Gambar 4.7 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- 4 Sudut- Tengah Lantai 8 (Atap)	135
Gambar 4.8 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi – Sudut- Tengah Arah X	136
Gambar 4.9 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Sudut- Tengah Arah Y.....	136
Gambar 4.10 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- tanpa sudut -tengah lantai 1-7..	137
Gambar 4.11 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris sisi-tanpa sudut-tengah lantai 8(Atap)	138
Gambar 4.12 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- tanpa sudut-tengah Arah X	138
Gambar 4.13 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Tanpa sudut-Tengah Arah Y.....	139
Gambar 4.14 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Tanpa sudut Lantai 1-7	140
Gambar 4.15 Denah Penempatan <i>Bracing</i> Simetris sisi-tanpa sudut lantai 8 (Atap)	140
Gambar 4.16 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Tanpa sudut.....	141
Gambar 4.17 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Tanpa sudut Arah Y.....	141
Gambar 4.18 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Penuh	142
Gambar 4.19 Denah Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Penuh	143
Gambar 4.20 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Penuh	143
Gambar 4.21 Portal Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- Penuh Arah Y	144
Gambar 4.22 Justifikasi Modul <i>Area Load</i> Terbesar	145
Gambar 4.23 Estimasi dimensi profil <i>bracing</i> MLBKSST, MLBKSTT, MLBKST, dan MLBKSP.....	147

Gambar 4.24 Modul Pelat Terbesar	156
Gambar 4.25 Kotak Dialog <i>New Model</i>	159
Gambar 4.26 Kotak Dialog <i>Define Grid System Data</i>	160
Gambar 4.27 Tampilan Grid Permodelan Struktur 2D dan 3D	160
Gambar 4.28 Kotak Dialog <i>Define Material</i>	161
Gambar 4.29 Input Tipe Material Baja	161
Gambar 4.30 Input Data Material Beton.....	162
Gambar 4.31 Kotak <i>Dialog Define Material</i>	162
Gambar 4.32 Kotak Dialog <i>Frame Properties</i>	163
Gambar 4. 33 Input Property Profil Baja	163
Gambar 4.34 Input Dimensi Balok WF 350.175.7.11	164
Gambar 4.35 Kotak <i>Dialog Frame Properties</i>	164
Gambar 4.36 <i>Frame Properties</i>	165
Gambar 4. 37 Menu <i>Add Frame Section Property</i>	165
Gambar 4. 38 Input Dimensi Balok <i>Bracing</i> WF 350.175.7.11	166
Gambar 4.39 Kotak <i>Dialog Frame Properties</i>	166
Gambar 4.40 <i>Frame Properties</i>	167
Gambar 4.41 Menu <i>Add Frame Section Property</i>	167
Gambar 4.42 Input Dimensi Kolom WF 400.400.30.50.....	168
Gambar 4.43 Kotak <i>Dialog Frame Properties</i>	168
Gambar 4.44 Kotak Dialog <i>Area Section</i>	169
Gambar 4.45 Kotak Input <i>Shell Section Data</i> untuk	170
Gambar 4.46 Kotak Input <i>Shell Section Data</i> untuk	170
Gambar 4.47 Kotak Dialog <i>Area Section</i>	171
Gambar 4.48 Kotak <i>Joint Restraints</i>	171
Gambar 4.49 Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Konsentris MLBKSST 2D dan 3D arah X-Z Plane.....	172
Gambar 4.50 Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Konsentris MLBKSTT 2D dan 3D arah X-Z Plane.....	172
Gambar 4.51 Model Bentuk Sistem <i>Bracing</i> Konsentris MLBKST 2D dan 3D arah X-Z Plane.....	173

Gambar 4.52 Model bentuk sistem <i>bracing</i> konsentris MLBKSP 2D dan 3D arah X-Z Plane.....	173
Gambar 4.53 Input Beban Mati.....	174
Gambar 4.54 Input Beban <i>Super Dead Load</i>	175
Gambar 4.55 Input Beban <i>Super Dead Load</i>	176
Gambar 4. 56 Kotak Input <i>Super-imposed Dead Load</i> untuk Pelat Lantai.....	177
Gambar 4. 57 Kotak Input <i>Super-imposed Dead Load</i> untuk Pelat Lantai.....	178
Gambar 4.58 Input <i>Super-imposed Dead Load</i> Model Denah Kontrol (MDK).....	178
Gambar 4.59 Input Beban Hidup	179
Gambar 4.60 Input Beban Hidup (<i>Live Load</i>) pada	180
Gambar 4.61 Kotak <i>Dialog Define Response Spectrum Functions</i>	181
Gambar 4.62 Data Hasil Penginputan Aplikasi Desain	182
Gambar 4.63 Input Data <i>Response Spectrume</i> dari Aplikasi Desain Spektra Puskim Kota Malang	182
Gambar 4. 64 Input Data Grafik <i>Response Spectrum</i>	183
Gambar 4.65 Kotak Dialog <i>Define Load Cases</i>	183
Gambar 4.66 Kotak Input <i>Scale Factor</i> Respon Spektrum.....	184
Gambar 4.67 Kotak Input <i>Scale Factor</i> Respon Spektrum arah X.....	185
Gambar 4. 68 Input Tipe beban statis	185
Gambar 4.69 Input Tipe beban statis arah X.....	186
Gambar 4. 70 Input Tipe beban statis arah Y.....	187
Gambar 4.71 Kotak Dialog <i>Mass Source</i>	190
Gambar 4. 72 Input Data Massa Struktur.....	190
Gambar 4.73 Kotak Dialog <i>Select by Specified Coordinate Range</i>	191
Gambar 4. 74 Kotak Dialog <i>Define Constrains</i>	192
Gambar 4.75 Kotak Dialog <i>Assign Joint Constraint</i>	192
Gambar 4.76 Kotak Dialog <i>Define Load Case</i>	193
Gambar 4.77 Kotak Dialog <i>Load Case Data</i>	194
Gambar 4.78 Pemilihan DOF untuk analisis 3D.....	195
Gambar 4.79 Pemilihan Analisis Program.....	195
Gambar 4.80 Kotak Dialog <i>Show Last Run Details</i>	195
Gambar 4.81 Kontak Dialog <i>Choose Tables For Display</i>	196

Gambar 4.82 Kotak <i>Element Forces-Frames</i> Model Denah.....	197
Gambar 4.83 Konversi <i>Element Forces-Freames</i> Dari SAP ke Excel Model Denah Kontrol (MDK)	197
Gambar 4.84 Dialog <i>Choose Tables for Display</i>	198
Gambar 4.85 Kotak <i>Joint Displacements</i>	198
Gambar 4.86 Konversi <i>Joint Displacements</i> Dari SAP ke Excel	199
Gambar 4.87 Dialog <i>Choose Tables For Display</i>	200
Gambar 4.88 Dialog <i>Joint Reactions</i>	200
Gambar 4. 89 Konversi <i>Joint Reactions</i> Dari SAP ke Excel	201
Gambar 4.90 Dialog <i>Display Frame Forces/Streses</i>	202
Gambar 4. 91 Bidang N Model Denah Kontrol (MDK)	202
Gambar 4.92 Dialog <i>Display Frame Forces/Streses</i>	203
Gambar 4.93 Bidang D Model Denah Kontrol (MDK)	203
Gambar 4.94 Dialog <i>Display Frame Forces/Streses</i>	204
Gambar 4. 95 Bidang M Model Denah Kontrol (MDK).....	204
Gambar 4.96 Dialog <i>Display Deformed Shape</i>	205
Gambar 4. 97 Deformasi Model Denah Kontrol (MDK).....	206
Gambar 4. 98 Kotak <i>Dialog Choose Table for Display</i>	207
Gambar 4. 99 Modal <i>Period and Frequencies</i> Model Denah Kontrol (MDK).....	207
Gambar 4. 100 Modal <i>Period and Frequencies</i> Model Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi- sudut-tengah (MLBKSST)	209
Gambar 4. 101 Modal <i>Period and Frequencies</i> Model Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi-tanpa sudut-tengah (MLBKSTT).....	210
Gambar 4. 102 Modal <i>Period and Frequencies</i> Model Letak <i>Bracing</i> Simetris 4 sisi-tanpa sudut (MLBKST).....	211
Gambar 4. 103 Modal <i>Period and Frequencies</i> Model Letak <i>Bracing</i> -Penuh (MLBKSP)	212
Gambar 4.104 Kotak Dialog <i>Choose Table for Display</i>	213
Gambar 4.105 Kotak <i>Dialog Masses and Weight</i>	214
Gambar 4.106 Kotak Dialog <i>Load Ouput Cases</i>	214
Gambar 4.107 Kotak Dialog <i>Choose Table for Display</i>	214
Gambar 4.108 Kotak <i>Dialog Base Reactions</i>	215

Gambar 4.109 Kotak Dialog <i>Masses and Weight</i>	216
Gambar 4.110 Kotak Dialog <i>Base Reactions</i>	216
Gambar 4.111 Kotak Dialog <i>Masses and Weight</i>	217
Gambar 4.112 Kotak Dialog <i>Base Reactions</i>	217
Gambar 4.113 Kotak Dialog <i>Masses and Weight</i>	218
Gambar 4.114 Kotak Dialog <i>Base Reactions</i>	218
Gambar 4.115 Kotak Dialog <i>Masses and Weight</i>	219
Gambar 4.116 Kotak Dialog <i>Base Reactions</i>	219
Gambar 4.117 Kotak Dialog <i>Choose Table for Display</i>	220
Gambar 4. 118 Kotak Dialog <i>Participating Mass Rations</i>	221
Gambar 4.119 Kotak Dialog <i>Define Load Patterns</i>	222
Gambar 4.120 Kotak dialog ASCE 7-16 <i>Seismic Load Pattern</i> pada.....	222
Gambar 4.121 Kotak Dialog <i>Define Load Patterns</i>	223
Gambar 4.122 Kotak dialog ASCE 7-16 <i>Seismic Load Pattern</i> pada Arah Y Model Denah Kontrol (MDK)	223
Gambar 4.123 Kotak Dialog <i>Define Load Patterns</i>	224
Gambar 4.124 Kotak dialog ASCE 7-16 <i>Seismic Load Pattern</i> pada.....	224
Gambar 4.125 Kotak Dialog <i>Define Load Patterns</i>	224
Gambar 4.126 Kotak dialog ASCE 7-16 <i>Seismic Load Pattern</i> pada Arah Y Model Denah Kontrol (MDK)	225
Gambar 4.127 Kotak Dialog <i>Joint Displacements</i>	227
Gambar 4.128 Kotak Dialog <i>Select Output Cases</i>	228
Gambar 4.129 Kotak Dialog <i>Joint Displacement</i>	228
Gambar 4.130 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Jumlah Mode Shape (Ta) Terpanjang pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	235
Gambar 4.131 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Jumlah Mode Shape (Tb) Terkecil pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	237
Gambar 4.132 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Nilai Gaya Geser Dasar (Fx) pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	240
Gambar 4.133 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Nilai Gaya Geser Dasar (Fy) pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	243

Gambar 4.134 <i>Bar Chart</i> Perbandingan Simpangan Antar Lantai (Δx) pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap	245
Gambar 4.135 <i>Bar Chart</i> Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai (Δy) pada Model Denah yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	246

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	13
Tabel 2. 2 Koefisien Untuk Batas Pada Periode Yang Dihitung.....	14
Tabel 2.3 Simpangan Antar Tingkat Izin	16
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs	19
Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_a	20
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_v	20
Tabel 2.7 Input nilai T_0 , T_s , dan S_a pada excel.....	22
Tabel 2.8 Beban Hidup (<i>Live Load</i>) pada Lantai Gedung	25
Tabel 2.9 Beban Mati (<i>Dead Load</i>) Pada Gedung	29
Tabel 2.10 Klasifikasi elemen pada batang tekan aksial.....	40
Tabel 3.1 Model Penempatan Struktur.....	46
Tabel 3.2 Besar Beban Mati untuk Material dan	69
Tabel 3.3 Beban Hidup	78
Tabel 3.4 Input Nilai T_0 , T_a dan S_a pada Excel	86
Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek	88
Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode 1	88
Tabel 3.7 Sistem Struktur Berdasarkan Kategori Desain Seismik.....	89
Tabel 3. 8 Faktor Keutamaan Gempa	89
Tabel 3.9 Faktor Koefisien Modifikasi Respon	90
Tabel 3.10 Periode Getaran Struktur Setiap Model	111
Tabel 3.11 Gaya Gempa Dasar Model Denah Kontrol (MDK)	111
Tabel 3.12 Gaya Gempa Dasar Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Sudut- Tengah (MLBKSST).....	112
Tabel 3.13 Gaya Gempa Dasar Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Tanpa Sudut-Tengah (MLBKSTT)	112
Tabel 3. 14 Gaya Gempa Dasar Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Tanpa Sudut (MLBKST).....	112
Tabel 3.15 Gaya Gempa Dasar Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Penuh (MLBKSP)	113

Tabel 3.16 Simpangan antar lantai MDK Gaya Gempa Arah X.....	114
Tabel 3.17 Simpangan antar lantai MDK Gaya Gempa Arah Y.....	114
Tabel 3.18 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah X.....	115
Tabel 3.19 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah Y.....	116
Tabel 3.20 Simpangan antar lantai MLBKSTT Gaya Gempa Arah X.....	116
Tabel 3.21 Simpangan antar lantai MLBKSTT Gaya Gempa Arah Y.....	117
Tabel 3.22 Simpangan antar lantai MLBKST Gaya Gempa Arah X.....	117
Tabel 3.23 Simpangan antar lantai MLBKST Gaya Gempa Arah Y.....	118
Tabel 3.24 Presentase Perbedaan Jumlah Mode Shape Terpanjang pada Model yang Ditinjau terhadap Model Denah Kontrol.....	121
Tabel 3.25 Presentase Perbedaan Jumlah Mode Shape Terpendek pada Model yang Ditinjau terhadap Model Denah Kontrol.....	123
Tabel 3.26 Presentase Nilai Gaya Gempa Dasar Arah X.....	124
Tabel 3.27 Presentase Nilai Gaya Gempa Dasar Arah Y.....	126
Tabel 3.28 Presentase Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai pada Model yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol.....	127
Tabel 3.29 Presentase Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai pada Model yang ditinjau terhadap Model Denah Kontrol.....	130
Tabel 4.1 Panjang Bentang Balok Semua Model.....	144
Tabel 4.2 Data Berat Beban Kolom Pada <i>Area Load</i> Terbesar.....	145
Tabel 4.3 Perhitungan Faktor β	156
Tabel 4.4 Perhitungan Garis Netral Balok T (Y_b) dan Inersia (T_b).....	156
Tabel 4.5 Perhitungan Rasio Kekakuan Arah Memanjang (a_y) dan Arah Melintang (a_x)	156
Tabel 4.6 Perhitungan Rasio Kekakuan (a_m) dan Tebal Pelat Minimal (h_p min).....	157
Tabel 4.7 Berat Komponen <i>Dead Load</i> (DL).....	157
Tabel 4.8 Berat Komponen <i>Super-imposed Dead Load</i> (SDL).....	158
Tabel 4.9 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	158
Tabel 4.10 Kombinasi Pembebanan berdasarkan nilai S_d s.....	189
Tabel 4. 11 Rasio Partisipasi Massa pada 4 Variasi Bentuk <i>Bracing</i>	221
Tabel 4.12 Nilai Periode Getaran Struktur pada 4 Variasi Model.....	225
Tabel 4.13 Simpangan Antar Lantai Model Denah Kontrol (MDK) arah X.....	229

Tabel 4.14 Simpangan Antar Lantai Model Denah Kontrol (MDK) arah Y	229
Tabel 4.15 Simpangan Antar Lantai Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi- sudut-tengah (MLBKSST) Arah X	230
Tabel 4. 16 Simpangan Antar Lantai Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi- sudut-tengah (MLBKSST) Arah Y	231
Tabel 4.17 Simpangan Antar Lantai Model Letak <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi- tanpa sudut-tengah (MLBKSTT) Arah X	231
Tabel 4.18 Simpangan Antar Lantai Model <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-tanpa sudut-tengah (MLBKSTT) Arah Y	232
Tabel 4. 19 Simpangan Antar Lantai Model <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Tengah (MLBKST) Arah X	232
Tabel 4.20 Simpangan Antar Lantai Model <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Tengah (MLBKST) Arah Y	233
Tabel 4.21 Simpangan Antar Lantai Model <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Penuh (MLBKSP) Arah X	233
Tabel 4.22 Simpangan Antar Lantai Model <i>Bracing</i> Konsentris Simetris 4 sisi-Penuh (MLBKSP) Arah Y	234
Tabel 4.23 Persentase Perbedaan Jumlah Mode Shape Terpanjang (T_a) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	236
Tabel 4.24 Persentase Perbedaan Jumlah Mode Shape Terkecil (T_b) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	239
Tabel 4.25 Persentase Perbedaan Nilai Gaya Geser Dasar (F_x) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol.....	242
Tabel 4.26 Persentase Perbedaan Nilai Gaya Geser Dasar (F_x) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol.....	243
Tabel 4.27 Persentase Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai (Δx) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	245
Tabel 4.28 Persentase Perbedaan Nilai Simpangan Antar Lantai (Δx) pada Model yang Ditinjau Terhadap Model Denah Kontrol	247
Tabel 4.29 Hubungan Antara Periode Getaran, Gaya Geser Dasar, dan Simpangan Antar Lantai pada setiap Model Struktur Gedung.....	248