

**PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHADAP
RASIO PARTISIPASI MASA, PERIODE GETARAN, GAYA
GEMPA DASAR DAN SIMPANG ANTARA LANTAI PADA
STRUKTUR *STEEL FRAME TUBE* TAHAN GEMPA DENGAN
ANALISA RESPON SPEKTRUM**

TUGAS AKHIR



**BERNADINUS KEVINDO SAPUTRA IVO
20041000081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG
2024**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Bernadinus Kevindo Saputra Ivo

Nim : 20041000081

Tanda Tangan :



Tanggal : 31 Juli 2024

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHDAP RASIO PARTISIPASI MASA, PERIODE GETARAN, GAYA GEMPA DASAR DAN SIMPANG ANTARA LANTAI PADA STRUKTUR *STEEL FRAME* *TUBE* TAHAN GEMPA DENGAN ANALISA RESPON SPEKTRUM

Dipersiapkan dan disusun oleh:

BERNADINUS KEVINDO SAPUTRA IVO

20041000081

Telah dipertahankan di Dewan Penguji Pada 28 Februari 2024

Susunan Dewan Penguji

Dosen Penguji I : Ir. Dionisius T.A.B., MT (.....)
Dosen Penguji II : Ir. Nila Kurniawati, MT (.....)
Dosen Saksi : Dr. Eko Indah Susanti, ST., MT (.....)

Memeriksa dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Dionisius T.A.B., MT)
NIDN. 0711086501

(Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, S.T., M.T.)
NIDN. 0004097002

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

Malang, 31 Juli 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



(Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, S.T., M.T.)

NIDN. 0004097002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini berjudul Pengaruh Letak *Bracing* Konsentris Terhadap Rasio Partisipasi Massa, Periode Getaran, Gaya Gempa Dasar Dan Simpang Antara Lantai Pada Struktur *Steel Frame Tube* Tahan Gempa Dengan Analisa Respon Spektrum. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan pada program Strata satu (S1) di Progran 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 terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang.
2. Ibu Dr. Eko Indah Susanti, 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 dan mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Kepada Dosen, Staff, dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang yang telah membantu penulis selama menuntut ilmu.
6. Kedua orang tua dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan penulis dari awal perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Malang, 31 Juli 2024

Bernadinus Kevindo Saputra Ivo

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Bernadinus Kevindo Saputra Ivo

NIM : 20041000081

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 Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHDAP RASIO PARTISIPASI MASA, PERIODE GETARAN, GAYA GEMPA DASAR DAN SIMPANG ANTARA LANTAI PADA STRUKTUR STEEL *FRAME* TUBE TAHAN GEMPA DENGAN ANALISA RESPON SPEKTRUM

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang berhak menyimpan, mengalih media/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 : 31 Juli 2024



(Bernadinus Kevindo Saputra Ivo)

**PENGARUH LETAK *BRACING* KONSENTRIS TERHADAP RASIO
PARTISIPASI MASA, PERIODE GETARAN, GAYA GEMPA DASAR
DAN SIMPANG ANTARA LANTAI PADA STRUKTUR *STEEL FRAME
TUBE* TAHAN GEMPA DENGAN ANALISA RESPON SPEKTRUM**

Bernadinus Kevindo Saputra Ivo

ABSTRAK

Pembangunan Gedung bertingkat tinggi memerlukan perencanaan yang harus memenuhi standar keamanan yang kuat sehingga perlu untuk menerapkan system struktur *steel Frame tube* dengan penambahan *bracing* konsentris dengan tujuan untuk mencegah terjadinya keruntuhan akibat beban gempa.

Sistem struktur *steel Frame tube* dimodelkan Gedung bertingkat 20 lantai, dengan beberapa variasi letak *bracing* konsentris seperti Model Denah Kontrol (MDK), Model Letak *Bracing* Konsentris Simetris 4 Sisi-4 Sudut-Tengah (MLBKSST), Model Letak *Bracing* Konsentris 4 Sisi-Tanpa Sudut (MLBKSTT), dan Model Letak *Bracing* Konsentris 4 Sisi-4 Sudut-2 Tengah (MLBKSSDT). Analisa gaya gempa menggunakan Analisa respon spektrum dan pemodelan serta analisis struktur dilakukan secara 3D dengan program SAP2000.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model yang direkomendasikan adalah MLBKSTT karena memperoleh nilai periode getaran terbesar dengan nilai 1,267 detik, gaya gempa dasar terkecil pada arah X sebesar 3919,873 kN dan arah Y sebesar 3727,299 kN, dan simpangan antar lantai terkecil pada arah X sebesar 17,706 mm dan arah Y sebesar 19,050 mm.

Kata Kunci : *Steel Frame tube*, *Bracing* konsentris, Periode getaran, Gaya gempa dasar, Simpangan antar lantai.

EFFECT OF CONCENTRIC BRACING LOCATION ON MASS PARTICIPATION RATIO, PERIOD OF VIBRATION, BASE EARTHQUAKE FORCE AND INTERSECTION BETWEEN FLOORS IN EARTHQUAKE RESISTANT STEEL FRAME TUBE STRUCTURE WITH RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS

Bernadinus Kevindo Saputra Ivo

ABSTRACT

The construction of high-rise buildings requires planning that must meet strong security standards so it is necessary to implement a steel Frame tube structural system with the addition of concentric bracing to prevent collapse due to earthquake Loads.

The steel Frame tube structural system is modeled as a 20-story high-rise building, with several variations in the location of concentric bracing such as the Control Plan Model (MDK), the 4-Side Symmetrical Concentric Bracing Location Model-4 Angle-Center (MLBKSSST), the 4-Side Concentric Bracing Location Model-Without Angle (MLBKSTT), and the 4-Side Concentric Bracing Location Model-4 Angle-2 Center (MLBKSSDT). The earthquake lateral force analysis used response spectrum analysis and the modeling and analysis of the structure was carried out in 3D with the SAP2000 program.

The analysis results show that the recommended model is MLBKSTT because it obtained the largest vibration period value with a value of 1.267 seconds, the smallest base earthquake force in the X direction of 3919.873 kN and the Y direction of 3727.299 kN, and the smallest inter-floor deviation in the X direction of 17.706 mm and the Y direction of 19.050 mm.

Keywords : *Steel Frame tube, Concentric bracing, Vibration period, Earthquake force base, interstory drift.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Relevan.....	7
2.2 Konsep bangunan tahan gempa.....	9
2.2.1 Filosofi bangunan tahan gempa	9
2.2.2 Hubungan gempa dengan respon dinamis	10
2.2.3 Faktor yang berpengaruh pada bangunan tahan gempa.....	11
2.3 Kinerja struktur bangunan tahan gempa.....	13
2.3.1 Respon Struktur	13
2.3.2 Periode Getar Fundamental Struktur (T)	14
2.3.3 Perpindahan (<i>displacement</i>).....	16
2.3.4 Simpangan antar tingkat (<i>drift story</i>).....	17
2.3.5 Gaya gempa dasar (V)	19
2.3.6 Partisipasi Masa	20
2.4 Analisis Beban Gempa Respon Spektrum Dinamis.....	20
2.5 Pembebanan gravitasi.....	29

2.5.1	Beban Hidup (<i>live load</i>).....	30
2.5.2	Beban mati (<i>dead load</i>).....	33
2.5.3	Beban Mati Tambahan (SDL).....	36
2.5.4	Beban Angin (<i>Wind Load</i>).....	38
2.5.5	Kombinasi Pembebanan	46
2.6	Struktur tabung (<i>Tube structure</i>).....	48
2.6.1	Konsep utama struktur tabung	48
2.6.2	Jenis-jenis struktur tabung	49
2.7	Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.....	54
2.7.1	Sistem Rangka Pemikul Momen.....	54
2.7.2	Sistem Rangka <i>Bracing</i> Konsentris (SRBK)	54
2.7.3	Sistem Rangka <i>Bracing</i> Eksentris (SRBK)	55
2.8	Perencanaan bangunan baja tahan gempa	56
2.8.1	Perencanaan batang lentur (balok).....	57
2.8.2	Perencanaan batang tekan (kolom).....	62
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		67
3.1	Kriteria Desain	67
3.1.1	Data Umum.....	67
3.1.2	Mutu Baja Pofil.....	67
3.2	Prosedur Analisis.....	68
3.3	Penentuan Variasi Struktur.....	70
3.4	Estimasi Dimensi Struktur	87
3.4.1	Estimasi dimensi balok	87
3.4.2	Estimasi Dimensi Kolom	92
3.4.3	Estimasi Dimensi <i>Bracing</i>	94
3.5	Pembebanan Pada Struktur.....	95
3.5.1	Beban Gravitasi.....	95
3.5.2	Beban Gempa.....	110
3.5.3	Beban Angin	120
3.5.4	Kombinasi Pembebanan	124
3.6	Analisis Struktur Dinamik pada SAP2000.....	127
3.6.1	Penentuan Massa Struktur dan Diagram	127

3.6.2	Analisis Modal	131
3.6.3	Analisa Struktur Dinamika Pada SAP2000	132
3.6.4	Periode Getaran.....	133
3.6.5	Rasio Partisipasi Massa	136
3.6.6	Gaya Gempa Dasar	138
3.6.7	Simpang Antar Lantai (Drift story)	139
3.7	Hasil Analisis	142
3.7.1	Periode Getaran (T)	142
3.7.2	Gaya Gempa Dasar	142
3.7.3	Simpangan Antar Lantai (<i>Drift Story</i>)	144
3.7.4	Rasio Partisipasi Massa	149
3.8	Pembahasan Hasil Analisis	150
3.8.1	Perbandingan Priode Getar Terhadap MDK.....	150
3.8.2	Perbandingan Nilai Rasio Partisipasi Massa Terhadap MDK	152
3.8.3	Perandingan Gaya Gempa Dasar Terhadap MDK.....	155
3.8.4	Perandingan Nilai <i>Drift Story</i> Terhadap MDK.....	158
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		161
4.1	Pemodelan Struktur	161
4.1.1	Data Pemodelan	161
4.1.2	Variasi Pemodelan Struktur	162
4.2	Perhitungan Estimasi Dimensi Struktur	179
4.2.1	Estimasi dimensi kolom.....	179
4.2.2	Estimasi Dimensi Balok.....	182
4.2.3	Estimasi dimensi <i>bracing</i>	183
4.2.4	Perhitungan Komponen Struktur	183
4.3	Pembebanan pada Struktur	200
4.3.1	Beban Gravitasi.....	200
4.3.2	Beban Gempa (E).....	202
4.3.3	Beban Angin (<i>wind load</i>).....	202
4.4	Pemodelan Struktur Menggunakan Progam SAP 2000	202
4.4.1	Menggambar Model Struktur Pada Program SAP2000.....	203
4.4.2	Definisi Material Property	205

4.4.3	Input Dimensi Penampang Balok, Kolom, dan Pelat	207
4.4.4	Definisi Tumpuan	214
4.4.5	Pemodelan Sistem <i>Bracing</i> Konsentris <i>Inverted-V</i>	215
4.4.6	Input Pembebanan Struktur	217
4.4.7	Kombinasi Pembebanan	242
4.4.8	Penentuan Massa Struktur dan Diafragma.....	245
4.4.9	Analisa Modal.....	247
4.4.10	Analisa Struktur Tahap 1	249
4.4.11	Pemeriksaan Hasil Analisis.....	250
4.4.12	Output Analisis Struktur	252
4.5	Kontrol Analisis Periode Getaran Terhadap Pemodelan Struktur.....	263
4.5.1	Periode Getaran Struktur	263
4.5.2	Kontrol Terhadap Gaya Gempa Dasar.....	268
4.6	Analisa Struktur Tahap II.....	279
4.6.1	Periode Getaran (T)	280
4.6.2	Simpangan Antar Lantai	280
4.7	Pembahasan Hasil Akhir	292
4.7.1	Perbandingan priode getar Setiap Model terhadap MDK.....	292
4.7.2	Perbandingan Gaya Gempa Dasar Setiap Model terhadap MDK..	296
4.7.3	Perbandingan Nilai <i>Story Drift</i> Setiap Model terhadap MDK.....	301
4.7.4	Perbandingan Rasio Partisipasi Massa Pada Seluruh Pemodelan .	305
4.7.5	Hubungan Periode Getaran, Gaya gempa, Simpangan Lantai.....	309
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		313
5.1	Kesimpulan.....	313
5.2	Saran.....	314
DAFTAR PUSTAKA		316
LAMPIRAN.....		319

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Gempa.....	10
Gambar 2. 2 Grafik Daktilitas Struktur	13
Gambar 2. 3 Peristiwa Bergetarnya Struktur Dalam 1 Priode	14
Gambar 2. 4 Bentuk Defleksi Lateral	17
Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Lantai	18
Gambar 2. 6 Parameter Percepatan Respon Spektrum Periode Pendek (Ss).....	21
Gambar 2. 7 Parameter Percepatan Respon Spektrum Periode 1 Detik (S1).....	21
Gambar 2. 8 Peta Transisi Periode Panjang, TL, Wilayah Indonesia	22
Gambar 2. 9 Data Koordinat	26
Gambar 2. 10 Data Hasil Perhitungan.....	26
Gambar 2. 11 Data Grafik Respon Spektrum Hasil Perhitungan.....	27
Gambar 2. 12 Data Respon Spektrum Sebelum Diinput Pada SAP2000	27
Gambar 2. 13 Kotak Dialog <i>Define Response Spectrum Functions</i>	28
Gambar 2. 14 Input Data Grafik Respon Spektrum Pada SAP2000.....	28
Gambar 2. 15 Grafik Respon Spektrum.....	29
Gambar 2. 16 Menu <i>Define Response Spectrum Functions</i>	29
Gambar 2. 17 Input Data Pembebanan	31
Gambar 2. 18 Kotak <i>Dialog Select By Areas Sections</i>	32
Gambar 2. 19 Kotak Untuk Input Beban Hidup (LL) Untuk Pelat Atap	32
Gambar 2. 20 Contoh Distribusi Beban Hidup (LL) Pada Model 10 Lantai	33
Tampak Sumbu XY Struktur Lantai 10 (Atap) Dan Tampak 3 Dimensi	33
Gambar 2. 21 Input Tipe Pembebanan Pelat Lantai (Beban Mati)	34
Gambar 2. 22 Input Tipe Pembebanan Pelat Atap (Beban Mati)	34
Gambar 2. 23 Input Tipe Pembebanan Pelat Atap (Beban Mati)	35
Gambar 2. 24 Input Beban Mati Pelat Lantai	35
Gambar 2. 25 Gambar <i>Area Uniform To Frame 3D</i>	36
Gambar 2. 26 Input Tipe Pembebanan <i>Super Dead load</i>	36
Gambar 2. 27 Kotak Input Beban <i>Super Dead Frame Load</i>	37
Gambar 2. 28 Gambar <i>Area Uniform To Frame 3 Dimensi</i>	38
Gambar 2. 29 Kecepatan Maksimum Angin.....	39

Gambar 2. 30 Gambaran Umum Distribusi Gaya Lateral.....	49
Gambar 2. 31 Struktur <i>Frame Tube</i>	50
Gambar 2. 32 Distribusi Tegangan Normal Pada Sistem <i>Frame Tube</i>	51
Gambar 2. 33 Struktur <i>Tube In Tube</i>	52
Gambar 2. 34 Struktur <i>Braced Tube</i>	53
Gambar 2. 35 Sistem Struktur <i>Bundle Tube</i>	53
Gambar 2. 36 Struktur Rangka Pemikul Momen.....	54
Gambar 2. 37 Mekanisme Sistem Rangka <i>Bracing</i> Konsentris.....	55
Gambar 2. 38 Jenis Jenis Sistem Rangka <i>Bracing</i> Konsentris.....	55
Gambar 2. 39 Jenis-Jenis Sistem Rangka <i>Bracing</i> Eksentris.....	56
Gambar 2. 40 Perilaku Penampang Profil.....	57
Gambar 2. 41 Nomogram Panjang Efektif.....	63
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	69
Gambar 3. 2 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 1	71
Gambar 3. 3 Denah Pemodelan MDK Bangunan Lantai 2-19.....	71
Gambar 3. 4 Denah Pemodelan MDK Lantai 8 (Atap).....	72
Gambar 3. 5 Portal Pemodelan MDK arah X	73
Gambar 3. 6 Portal Pemodelan MDK arah Y	74
Gambar 3. 7 Model 3D Bangunan MDK.....	75
Gambar 3. 8 Denah MLBKSSST Lantai 1-19	76
Gambar 3. 9 Denah MLBKSSST Lantai 20 (Atap)	76
Gambar 3. 10 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSSST	77
Gambar 3. 11 Portal Potongan AS C-F MLBKSSST	78
Gambar 3. 12 Model 3D Letak Bracing 4 sisi-sudut-tengah	79
Gambar 3. 13 Denah MLBKSTT Lantai 1-19	80
Gambar 3. 14 Denah MLBKSTT lantai 20 (Atap)	80
Gambar 3. 15 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSTT.....	81
Gambar 3. 16 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSTT	82
Gambar 3. 17 Model 3D Letak Bracing Tanpa sudut- tengah.....	83
Gambar 3. 18 Denah MLBKSSDT lantai 1-19	84
Gambar 3. 19 Denah MLBKSSDT lantai 20 (atap).....	84
Gambar 3. 20 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSSDT	85

Gambar 3. 21 Portal Potongan AS C-F Model MLBKSSDT	86
Gambar 3. 22 Model 3D MLBKSSDT	87
Gambar 3. 23 Tampilan Menu Define materials.....	96
Gambar 3. 24 Input Tipe Material Baja	97
Gambar 3. 25 Input data material baja	97
Gambar 3. 26 Kotak Dialog I/ Wide Flange Sections.....	98
Gambar 3. 27 Kotak Dialog I/Wide Flange Sections.....	99
Gambar 3. 28 Kotak Dialog I/Wide Flange Sections.....	99
Gambar 3. 29 Kotak Dialog Area Sections.....	100
Gambar 3. 30 Kotak Dialog Input Shell Section Data	100
Gambar 3. 31 Kotak Dialog Input Shell Section Data	101
Gambar 3. 32 Input Tipe Pembebanan (Beban Mati)	101
Gambar 3. 33 Kotak Input Beban Mati untuk.....	102
Gambar 3. 34 Kotak Input Beban Mati untuk.....	102
Gambar 3. 35 Model Plat lantai 20 (atap) 2D	103
Gambar 3. 36 Model Plat Lantai 1-19 2D.....	103
Gambar 3. 37 Area Uniform to Frame 3D	104
Gambar 3. 38 Input Tipe Pembebanan (Beban Hidup).....	105
Gambar 3. 39 Kotak Dialog Select by Area Sections	105
Gambar 3. 40 Kotak Input Beban Hidup Pelat Lantai	106
Gambar 3. 41 Kotak Input Beban Hidup Pelat Atap.....	107
Gambar 3. 42 Beban Hidup Area Uniform (Beban Hidup Atap)	107
Gambar 3. 43 Beban Hidup <i>Area Uniform</i>	108
Gambar 3. 44 Area Unifrom to Frame 3D	108
Gambar 3. 45 Letak bracing konsentris 2D dan 3D arah X-Z plane.....	109
Gambar 3. 46 Penempatan Bracing Konsentris Lengkap Arah X-Z.....	110
Gambar 3. 47 Data parameter beban gempa	112
Gambar 3. 48 Kotak Dialog Define Respon Spectrum Function.....	113
Gambar 3. 49 Menu Response Spectrum IBC 2012	113
Gambar 3. 50 Menu Response Spectrum Function Definition	114
Gambar 3. 51 Menu Define Response Spectrum Functions	114
Gambar 3. 52 Kotak Dialog <i>Load Cases Data – Response Spectrum</i>	117

Gambar 3. 53 Kotak Dialog Load Cases Data – Response.....	117
Gambar 3. 54 Kotak Dialog Select by Specified	118
Gambar 3. 55 Kotak Dialog Define Constrains	118
Gambar 3. 56 Kotak Dialog Diaphragm Constraint.....	119
Gambar 3. 57 Kotak Dialog Diaphragm Constraint.....	119
Gambar 3. 58 Kotak Dialog Input Beban Angin.....	121
Gambar 3. 59 Kotak dialog Wind Load Patterns	121
Gambar 3. 60 Parameter Koefisien Beban Angin	122
Gambar 3. 61 Kotak dialog Assign Area Uniform Loads to Frame	123
Gambar 3. 62 Input nilai beban angin	123
Gambar 3. 63 Distribusi beban angin (area load) pada salah satu sisi	124
Gambar 3. 64 Menu Define Load Combinations	126
Gambar 3. 65 Menu Load Combinations Data	126
Gambar 3. 66 Kotak Dialog Mass Source.....	127
Gambar 3. 67 Kotak menu Mass Source Data	128
Gambar 3. 68 Menu Dialog Select by Specified Coordinate Range.....	129
Gambar 3. 69 Menu Dialog Define Constrains.....	129
Gambar 3. 70 Menu Diaphragm Constraint.....	130
Gambar 3. 71 Kotak Dialog Assign Joint Constraints	130
Gambar 3. 72 Menu Define Load Case.....	131
Gambar 3. 73 Menu Load Case Data	132
Gambar 3. 74 Kotak Load Case to Run	133
Gambar 3. 75 Menu Deformed Shape.....	134
Gambar 3. 76 Kotak Dialog Deformed Shape (MODAL).....	134
Gambar 3. 77 Kotak Dialog Define Load Pattern.....	135
Gambar 3. 78 Menu User Defined Seismic Load Pattern.....	135
Gambar 3. 79 Kotak Dialog Define Load Pattern.....	136
Gambar 3. 80 Kotak Dialog Choose Table for Display	137
Gambar 3. 81 Kotak Dialog Select Load Pattern.....	137
Gambar 3. 82 Kotak Dialog Modal Participating Mass Ratio	138
Gambar 3. 83 Pilihan Menu Choose Table for Display	138
Gambar 3. 84 Menu Select Output Cases	139

Gambar 3. 85 Menu Dialog Base Reactions	139
Gambar 3. 86 Pemilihan Item Output Simpangan Antar Lantai	140
Gambar 3. 87 Kombinasi Pembebanan untuk Simpangan Antar Lantai	140
Gambar 3. 88 Tabel Output Simpangan Antar Lantai	141
Gambar 3. 89 Kotak Dialog Input Joint Label	141
Gambar 3. 90 Perbandingan Jumlah Mode Shape (Ta) Terpanjang	150
Gambar 3. 91 Perbandingan Jumlah Mode Shape (Tb) Terpendek	151
Gambar 3. 92 Perbandingan Rasio Partisipasi Massa arah X (Ux).....	153
Gambar 3. 93 Perbandingan Rasio Partisipasi Massa arah Y (Uy).....	154
Gambar 3. 94 Perbandingan Nilai Gaya Gempa Dasar arah X (Fx).....	156
Gambar 3. 95 Perbandingan Nilai Gaya Gempa Dasar arah Y (Fy).....	157
Gambar 3. 96 Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X.....	158
Gambar 3. 97 Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai Arah Y.....	159
Gambar 4. 1 Denah Pemodelan MDK Lantai 1	163
Gambar 4. 2 Denah Pemodelan MDK Lantai 2-19.....	163
Gambar 4. 3 Denah Pemodelan MDK Lantai Atap	164
Gambar 4. 4 Portal Pemodelan Arah X.....	165
Gambar 4. 5 Portal pemodelan MDK arah Y.....	166
Gambar 4. 6 Denah Letak Bracing MLBKSST	167
Gambar 4. 7 Denah Letak Barcing MLBKSST	168
Gambar 4. 8 Portal Potongan AS A-H MLBKSST.....	169
Gambar 4. 9 Portal Potongan AS A-H (MLBKSST).....	170
Gambar 4. 10 Denah Letak Bracing MLBKSTT Lantai 1-19	171
Gambar 4. 11 Denah Letak Bracing MLBKSTT Lantai 20 (Atap)	172
Gambar 4. 12 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSTT	173
Gambar 4. 13 Portal Potongan AS C-F Model MLBKSTT.....	174
Gambar 4. 14 Denah Letak bracing MLBKSSDT Lantai 1-19	175
Gambar 4. 15 Denah Letak bracing MLBKSSDT Lantai 1-19	176
Gambar 4. 16 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSSDT	177
Gambar 4. 17 Portal Potongan AS A-H Model MLBKSSDT	178
Gambar 4. 18 Modul Area Load Terbesar	179
Gambar 4. 19 Kolom eksterior pada modul area load terbesar.....	180

Gambar 4. 20 Estimasi Dimensi Profil bracing Konsentris pada	183
Gambar 4. 21 H-Beam Shape.....	184
Gambar 4. 22 Modul Pelat terbesar.....	198
Gambar 4. 23 Kotak <i>Dialog New Model</i>	203
Gambar 4. 24 Kotak Dialog Define Grid System Data.....	204
Gambar 4. 25 Gird Model Struktur 2D dan 3D	204
Gambar 4. 26 Kotak Dialog Define Material.....	205
Gambar 4. 27 Input Tipe Material Baja	205
Gambar 4. 28 Kotak Input Data Material Baja	206
Gambar 4. 29 Kotak Dialog Define Material.....	206
Gambar 4. 30 Kotak Dialog Frame Properties.....	207
Gambar 4. 31 Input Property Section.....	208
Gambar 4. 32 Input Dimensi Balok Induk WF 400.400.16.24	208
Gambar 4. 33 Kotak Dialog Frame Properties.....	209
Gambar 4. 34 Frame Properties	209
Gambar 4. 35 Input Dimensi Balok Bracing WF 300.150.6,5.9.....	210
Gambar 4. 36 Kotak Dialog Frame Properties.....	210
Gambar 4. 37 Kotak Dialog Frame Properties.....	211
Gambar 4. 38 Input Dimensi Kolom WF 500.500.50.70.....	211
Gambar 4. 39 Kotak Dialog Frame Properties.....	212
Gambar 4. 40 Kotak Dialog Area Load	212
Gambar 4. 41 Kotak Input Shell Section Data Untuk Pelat Lantai.....	213
Gambar 4. 42 Kotak Input Shell Section Data Untuk Pelat Atap.....	214
Gambar 4. 43 Kotak Dialog Area Sectio	214
Gambar 4. 44 Kotak Join Restraints	215
Gambar 4. 45 Pemodelan MLBKSST Inverted V 2D dan 3D (X-Z Plane).....	216
Gambar 4. 46 Pemodelan MLBKSTT Inverted V 2D dan 3D (X-Z Plane)	216
Gambar 4. 47 Pemodelan MLBKSSDT Inverted-V 2D dan 3D (X-Z Plane)	216
Gambar 4. 48 Input Beban Mati.....	217
Gambar 4. 49 Input Beban Super Dead load.....	218
Gambar 4. 50 Jendela Dialog Assign Frame Distributed Loads.....	219
Gambar 4. 51 Kotak Dialog Assign Frame Distributed Load.....	220

Gambar 4. 52 Input Beban Super Dead load Pada MDK	220
Gambar 4. 53 Kotak Input Beban <i>Super Dead load</i> Untuk Pelat Lantai	221
Gambar 4. 54 Kotak Input Beban Super Dead load Untuk Pelat Atap	222
Gambar 4. 55 Input Beban Super Dead load Lantai Pada Model MDK.....	223
Gambar 4. 56 Input Beban Hidup	223
Gambar 4. 57 Input Beban Hidup (Live load)	224
Gambar 4. 58 Input Lokasi Pada Data Koordinat	226
Gambar 4. 59 Memilih Kelas Situs	226
Gambar 4. 60 Data Hasil Perhitungan.....	227
Gambar 4. 61 Data grafik respon spektrum (aplikasi spektrum respon).....	227
Gambar 4. 62 Data respon spektrum.....	228
Gambar 4. 63 Kotak Dialog Define Response Spectrum Functions.....	228
Gambar 4. 64 Input Data Grafik Respon Spektrum pada SAP2000	229
Gambar 4. 65 Grafik Respon Spektrum.....	229
Gambar 4. 66 Kotak Dialog Define Load Cases.....	230
Gambar 4. 67 Kotak Dialog Input Scale Factor Respon Spektrum arah X.....	231
Gambar 4. 68 Kotak Dialog Input Scale Factor Respon Spektrum arah Y.....	231
Gambar 4. 69 Kotak Dialog Define Load Patterns (beban statis).....	232
Gambar 4. 70 Input beban gempa statis arah X	233
Gambar 4. 71 Input beban gempa statis arah Y	233
Gambar 4. 72 Kotak Dialog Define Load Pattern Name	238
Gambar 4. 73 Definisi Beban angin Pada Load Pattern.....	238
Gambar 4. 74 Kotak dialog ASCE 7-16 Wind Load Pattern	239
Gambar 4. 75 Memasukan Parameter Beban Angin	240
Gambar 4. 76 Kotak <i>Dialog Assign Uniform Loads to Frames</i>	241
Gambar 4. 77 Memasukan Nilai Beban Angin	242
Gambar 4. 78 Kotak Dialog Mass Source.....	245
Gambar 4. 79 Input Data Massa Struktur.....	246
Gambar 4. 80 Kotak Dialog Select by Specified Coordinate Range	246
Gambar 4. 81 Kotak Dialog Define Constrains	247
Gambar 4. 82 Kotak Dialog Assign Joint Constraint.....	247
Gambar 4. 83 Kotak Dialog Define Load Case	248

Gambar 4. 84 Kotak Dialog Load Case Data.....	249
Gambar 4. 85 Pemilihan DOF untuk Analisis 3D	249
Gambar 4. 86 Pemilihan Analisis Program.....	250
Gambar 4. 87 Kotak Dialog Show Last Run Details	250
Gambar 4. 88 Hasil Pemeriksaan Setiap Komponen Struktur	251
Gambar 4. 89 Kontak Dialog Choose Tables For Display.....	252
Gambar 4. 90 Kotak Element Forces-Frames Model Denah	253
Gambar 4. 91 Konversi Element Forces-Freames Dari SAP ke Excel	253
Gambar 4. 92 Dialog Choose Tables for Display	254
Gambar 4. 93 Kotak Joint Displacements.....	255
Gambar 4. 94 Konversi Joint Displacements Dari SAP ke Excel.....	255
Gambar 4. 95 Dialog Choose Tables For Display	256
Gambar 4. 96 Dialog Joint Reactions	256
Gambar 4. 97 Konversi Joint Reactions Dari SAP ke Excel	257
Gambar 4. 98 Dialog Display Frame Forces/Streses	258
Gambar 4. 99 Bidang N Model Denah Kontrol (MDK)	258
Gambar 4. 100 Dialog Display Frame Forces/Streses	259
Gambar 4. 101 Bidang D Model Denah Kontrol (MDK)	260
Gambar 4. 102 Dialog Display Frame Forces/Streses	261
Gambar 4. 103 Bidang M Model Denah Kontrol (MDK)	261
Gambar 4. 104 Dialog Display Deformed Shape.....	262
Gambar 4. 105 Deformasi Model Denah Kontrol (MDK).....	263
Gambar 4. 106 Kotak Dialog Choose Table for Display	264
Gambar 4. 107 Kotak Dialog Select Output Cases	264
Gambar 4. 108 Modal Period and Frequencies MDK.....	265
Gambar 4. 109 Modal <i>Period and Frequencies</i> MLBKSST	266
Gambar 4. 110 Modal Period and Frequencies MLBKSST	267
Gambar 4. 111 Modal Period and Frequencies Model MLBKSDST	268
Gambar 4. 112 Kotak Dialog Choose Table for Display	269
Gambar 4. 113 Kotak Dialog Select Output Cases	270
Gambar 4. 114 Kotak Dialog Masses and Weight.....	270
Gambar 4. 115 Kotak Dialog Select Output Cases	271

Gambar 4. 116 Kotak Dialog Choose Table for Display	271
Gambar 4. 117 Kotak Dialog Base Reactions.....	271
Gambar 4. 118 Kotak Dialog Masses and Weight Model MLBKSSST	273
Gambar 4. 119 Kotak Dialog Base Reactions moodel MLBKSSST	273
Gambar 4. 120 Kotak Dialog Masses and Weight Model MLBKSTT	275
Gambar 4. 121 Kotak Dialog Base Reactions moodel MLBKSTT	275
Gambar 4. 122 Kotak Dialog Masses and Weight Model MLBKSSDT	277
Gambar 4. 123 Kotak Dialog Base Reactions moodel MLBKSSDT	277
Gambar 4. 124 Kotak Dialog Participating Mass Rations MDK.....	279
Gambar 4. 125 Kotak Dialog Choose Table for Display	281
Gambar 4. 126 Kotak Dialog Select Output Cases	282
Gambar 4. 127 Kotak Dialog Joint Displacements.....	282
Gambar 4. 128 Perbandingan Mode Shape (Ta) terpanjang terhadap MDK.....	293
Gambar 4. 129 Perbandingan Mode Shape (Ta) terpendek terhadap MDK.....	295
Gambar 4. 130 Perbandingan gaya gempa dasar (Fx) pada terhadap MDK.....	297
Gambar 4. 131 Perbandingan gaya gempa dasar (Fy) terhadap MDK.	299
Gambar 4. 132 Perbandingan Simpangan Antar Lantai (X) terhadap MDK.....	301
Gambar 4. 133 Perbandingan Simpangan Antar Lantai (Y) terhadap MDK.....	304

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	15
Tabel 2. 2. Koefisien Untuk Batas Priode Tang Dihitung	16
Tabel 2. 3 Simpangan antar tingkat ijin	19
Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs	22
Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_a	23
Tabel 2. 6 Koefisien situs, F_v	24
Tabel 2. 7 Beban hidup (<i>live load</i>) pada lantai gedung.....	30
Tabel 2. 8 Beban Mati (<i>Dead load</i>) Pada Gedung	33
Tabel 3. 1 Model Penempatan Struktur.....	70
Tabel 3.2 Besar Beban Mati untuk Material dan komponen bangunan	96
Tabel 3. 3 Beban Hidup	104
Tabel 3. 4 Kategori Desain Seismik Pada Periode 1 Detik.....	115
Tabel 3. 5 Kategori Desain Seismik Pada Periode 1 Detik.....	115
Tabel 3. 6 Sistem Struktur Berdasarkan Kategori Desain Seismik.....	115
Tabel 3. 7 Faktor Keutamaan Gempa	116
Tabel 3. 8 Faktor Koefisien Modifikasi Respon	116
Tabel 3. 9 Periode Getaran Struktur Setiap Model	142
Tabel 3. 10 Gaya Gempa Dasar Model Denah Kontrol MDK.....	142
Tabel 3. 11 Gaya Gempa Dasar MLBKSST	143
Tabel 3. 12 Gaya Gempa Dasar MLBKSTT.....	143
Tabel 3. 13 Gaya Gempa Dasar MLBKSSDT	143
Tabel 3. 14 Simpangan antar lantai MDK Gaya Gempa Arah X.....	145
Tabel 3. 15 Simpangan antar lantai MDK Gaya Gempa Arah Y.....	145
Tabel 3. 16 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah X	146
Tabel 3. 17 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah Y	146
Tabel 3. 18 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah X	147
Tabel 3. 19 Simpangan antar lantai MLBKSST Gaya Gempa Arah Y	147
Tabel 3. 20 Simpangan antar lantai MLBKSSDT Gaya Gempa Arah X.....	147
Tabel 3. 21 Simpangan antar lantai MLBKSSDT Gaya Gempa Arah Y.....	148
Tabel 3. 22 Perbedaan Mode Shape Terpanjang terhadap MDK.....	151

Tabel 3. 23 Perbedaan Mode Shape Terpendek terhadap MDK.....	152
Tabel 3. 24 Nilai Rasio Partisipasi Massa Arah X.....	154
Tabel 3. 25 Nilai Rasio Partisipasi Massa Arah Y.....	155
Tabel 3. 26 Presentase Nilai Gaya Gempa Dasar Arah X.....	156
Tabel 3. 27 Presentase Nilai Gaya Gempa Dasar Arah Y.....	157
Tabel 3. 28 Perbedaan Simpangan Antar Lantai (X) terhadap MDK.....	159
Tabel 3. 29 Perbedaan Simpangan Antar Lantai (Y) terhadap MDK.....	160
Tabel 4. 1 Panjang bentang semua pemodelan struktur.....	182
Tabel 4. 2 Nilai gaya geser, gaya aksial, dan Momen terbesar (Balok).....	184
Tabel 4. 3 Gaya geser, gaya aksial dan Momen terbesar (Bracing).....	189
Tabel 4. 4 Gaya Geser, Gaya Aksial, Dan Momen Terbesar (Kolom).....	193
Tabel 4. 5 Perhitungan faktor β	198
Tabel 4. 6 Perhitungan Garis Netral Balok T (Yb) dan Inersia Balok T.....	199
Tabel 4. 7 Rasio Kekakuan Arah Memanjang (ay) dan Melintang (ax).....	199
Tabel 4. 8 Rasio Kekakuan (am) dan Tebal Pelat Minimal (hp min).....	200
Tabel 4. 9 Bahan Bangunan yang Berhubungan dengan Beban Mati (DL).....	201
Tabel 4. 10 Beban Mati Tambahan (DL).....	201
Tabel 4. 11 Beban Hidup (LL).....	202
Tabel 4. 12 Kombinasi Pembebanan berdasarkan nilai Sds.....	244
Tabel 4. 13 Kontrol V Dinamis terhadap V SAP Pemodelan MDK.....	272
Tabel 4. 14 Kontrol V Dinamis terhadap V SAP Pemodelan MLBKSST.....	274
Tabel 4. 15 Kontrol V Dinamis terhadap V SAP Pemodelan MLBKSTT.....	276
Tabel 4. 16 Kontrol V Dinamis terhadap V SAP Pemodelan MLBKSSDT.....	278
Tabel 4. 17 Rasio Partisipasi Massa pada 3 Variasi Letak Bracing.....	279
Tabel 4. 18 Nilai Periode Getaran Struktur pada 4 Variasi Model.....	280
Tabel 4. 19 Simpangan Antar Lantai Model Denah Kontrol Arah X.....	283
Tabel 4. 20 Simpangan Antar Lantai Model Denah Kontrol Arah Y.....	284
Tabel 4. 21 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris.....	286
Tabel 4. 22 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris.....	287
Tabel 4. 23 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris 4.....	288
Tabel 4. 24 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris 4.....	289
Tabel 4. 25 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris.....	290

Tabel 4. 26 Simpangan Antar Lantai Model Letak Bracing Konsentris.....	291
Tabel 4. 27 Perbedaan Jumlah Mode Shape Terpanjang terhadap MDK.....	293
Tabel 4. 28 Perbedaan Jumlah <i>Mode Shape</i> Terpendek terhadap MDK.....	295
Tabel 4. 29 Perbandingan persentase gaya gempa dasar Arah X	297
Tabel 4. 30 Perbandingan persentase gaya gempa dasar Arah Y	299
Tabel 4. 31 Perbedaan Persentase Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X.....	302
Tabel 4. 32 Perbedaan Persentase Nilai Simpangan Antar Lantai Arah Y.....	304
Tabel 4. 33 Ragam partisipasi massa arah X setiap permodelan	306
Tabel 4. 34 Ragam partisipasi massa arah Y setiap permodelan	308
Tabel 4. 35 Hubungan Periode Getaran, Gaya gempa dan Simpangan Lantai ...	309

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Pemodelan MDK (Model Denah Kontrol) Lantai 1	319
Lampiran 2. Denah Pemodelan MDK (Model Denah Kontrol) Lantai 2-19	319
Lampiran 3. Denah Pemodelan MDK (Model Denah Kontrol) Lantai 20	320
Lampiran 4 Denah Pemodelan MDK (Model Denah Kontrol) Sumbu X	321
Lampiran 5 Denah Pemodelan MDK (Model Denah Kontrol) Sumbu Y	322
Lampiran 6 Denah Penempatan MLBKSST Lantai 1-19	323
Lampiran 7 Denah Penempatan MLBKSST Lantai 20 (Atap)	323
Lampiran 8 Portal MLBKSST Potongan AS A-H	324
Lampiran 9 Portal MLBKSST Potongan AS C-F	325
Lampiran 10 Denah Penempatan MLBKSTT Lantai 1-19	326
Lampiran 11 Denah Penempatan MLBKSTT Lantai 20 (Atap)	326
Lampiran 12 Portal MLBKSTT Potongan AS A-H	327
Lampiran 13 Portal MLBKSTT Potongan AS C-F	328
Lampiran 14 Denah Penempatan MLKSSDT Lantai 1-19	329
Lampiran 15 Denah Penempatan MLKSSDT Lantai 20 (Atap)	329
Lampiran 16 Portal MLBKSSDT Potongan AS A-H	330
Lampiran 17 Portal MLBKSSDT Potongan AS C-F	331