

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat akademis dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana untuk (Strata- 1) Teknik Sipil di Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Segala daya dan upaya penulis lakukan demi terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.

Tak lupa kepada semua pihak yang terkait dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang telah memberikan bimbingan, dan arahan, serta dukungan, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. H. Asep Effendi ,SE., M.Si., PIA, CFrA., CRBC , Selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung .
2. Dr. Ir. Didin Kusdian, MT, Selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
3. Memi Sulaksmi, SE., M.Si, Selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
4. Dr. Deni Nurdyana Hadimin, Drs., M.Si, selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
5. Dr. Didin Saefudin, SE., M.Si., selaku Direktur Lembaga Penelitian Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.

6. Dr. Ir. Bakhtiar Abu Bakar, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
7. Slamet Risnanto, ST., M.Kom, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
8. Chandra Afriade Siregar, ST., MT, selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
9. Dody Kusmana, ST., MT, selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
10. Ir. Muhamad Ryanto, MT, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu, tenaga dan ilmu kepada penulis agar dapat memahami dasar mengenai segala macam hal yang berhubungan dengan permasalahan topik penelitian yang penulis ambil.
11. Seluruh Civitas Akademika Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP-Bandung.
12. Yang teristimewa, kedua orang tua penulis yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan serta dorongan baik moril, spiritual, maupun materil dalam setiap tahap demi tahap penyelesaian Tugas Akhir ini. Penulis sangat mensyukuri dengan semua kepercayaan dan pengorbanan kedua orang tua yang diberikan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
13. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil 2016 Universitas Sangga Buana YPKP Bandung yang selalu memberi dorongan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terkhusus penulis ucapkan terimakasih kepada Nur Asiah Jamil, Wahyudi, Hero Yudha

Adhipratama, Rhayina Agisni Diniar, dan Muhammad Ramdhan Subagja atas dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

14. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dalam pengerjaan laporan ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas segala kebaikan dan bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun senantiasa kami harapkan dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini selanjutnya. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, Juli 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR ..... i

DAFTAR ISI..... iv

DAFTAR TABEL..... xvii

DAFTAR GAMBAR ..... xxiv

BAB I PENDAHULUAN ..... 1

1.1. Latar Belakang ..... 1

1.2. Rumusan Masalah ..... 3

1.3. Maksud dan Tujuan ..... 4

1.4. Ruang Lingkup Pembahasan ..... 5

1.5. Batasan Masalah..... 5

1.6. Manfaat..... 6

1.7. Sistematika Penulisan..... 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 10

2.1. Konsep Umum Gempa ..... 10

2.2. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa..... 13

2.3. Sistem Struktur Penahan Gaya Sismik ..... 17

2.3.1. Sistem Rangka Pemikul Momen ..... 17

2.3.1.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) ..... 18

2.3.1.2.	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	18
2.3.1.3.	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....	18
2.3.2.	Sistem Dinding Struktural (SDS).....	19
2.3.3.	Sistem Ganda .....	19
2.4.	Prinsip Bangunan Geser ( <i>Shear Building</i> ) .....	20
2.5.	Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ) .....	23
2.5.1.	Pengertian Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	23
2.5.2.	Fungsi Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	24
2.5.3.	Klasifikasi Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ) .....	25
2.5.4.	Tipe dan Sistem Penempatan Dinding Geser.....	28
2.6.	Perencanaan Awal Dimensi Struktur .....	30
2.6.1.	<i>Preliminary</i> Elemen Pelat .....	31
2.6.2.	<i>Preliminary</i> Elemen Balok.....	32
2.6.3.	<i>Preliminary</i> Elemen Kolom .....	33
2.6.4.	<i>Preliminary</i> Elemen Dinding Geser.....	34
2.7.	Reduksi Kekuatan Penampang.....	35
2.8.	Persyaratan Penulangan.....	35
2.9.	Pembebanan.....	36
2.9.1.	Beban Mati .....	36
2.9.2.	Beban Hidup .....	39
2.9.3.	Beban Gempa .....	44

2.10. Perencanaan Struktur Bangunan Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 .....	44
2.10.1. Faktor Keutamaan Dan Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	44
2.10.2. Kelas Situs.....	47
2.10.3. Parameter Percepatan Terpetakan .....	50
2.10.4. Koefisien-Koefisien Situs Dan Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCE_R$ ) .....	51
2.10.5. Parameter Percepatan Spektral Desain.....	53
2.10.6. Spektrum Respons Desain .....	53
2.10.7. Penentuan Kategori Desain Seismik.....	55
2.10.8. Persyaratan Spesifik Sistem Struktur.....	56
2.10.9. Struktur Penahan Beban Gempa .....	56
2.11. Kombinasi Pembebanan .....	61
2.12. Perioda Fundamental Pendekatan .....	65
2.13. Geser Dasar Seismik .....	67
2.14. Distribusi Vertikal Gaya Gempa .....	68
2.15. Analisis Spektrum Respons Ragam .....	69
2.15.1. Jumlah Ragam.....	69
2.15.2. Parameter Respons Ragam.....	69
2.15.3. Parameter Respons Terkombinasi.....	70

2.15.4. Skala Nilai Desain Untuk Respons Terkombinasi .....	70
2.16. Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai .....	70
2.17. Pengaruh P-delta.....	73
2.18. Gaya Geser Dasar (Base Shear) .....	75
2.19. Penulangan .....	75
2.19.1. Penulangan Elemen Balok .....	75
2.19.1.1. Tulangan Longitudinal Balok (Tulangan Lentur) .....	75
2.19.1.2. Tulangan Transversal Balok (Tulangan Geser).....	76
2.19.2. Penulangan Elemen Kolom.....	78
2.19.2.1. Pengecekan Syarat Kuat Kolom ( <i>Strong Column Weak Beam</i> )	78
2.19.2.2. Tulangan Longitudinal Kolom (Tulangan Lentur).....	78
2.19.2.3. Tulangan Transversal Kolom (Tulangan Geser) .....	79
2.19.3. Penulangan Hubungan Balok Kolom.....	81
2.19.4. Penulangan Elemen Pelat .....	83
2.19.5. Penulangan Elemen Dinding Geser .....	84
2.19.5.1. Menentukan Kebutuhan Tulangan Baja Vertikal dan Horizontal Minimum .....	84
2.19.5.2. Menentukan Kebutuhan Tulangan untuk Menahan Geser .....	86
2.19.5.3. Perencanaan Dinding Terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur.....	86

## BAB III PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT SISTEM

RANGKA PEMIKUL MOMEN.....	88
3.1. Deskripsi Umum Struktur .....	88
3.2. Konsep Perancangan Struktur .....	91
3.3. Data Struktur .....	91
3.3.1. Spesifikasi Material.....	91
3.3.2. <i>Preliminary Design</i> Elemen-Elemen Struktur .....	92
3.3.2.1. Dimenis Balok .....	92
3.3.2.2. Dimensi Pelat.....	94
3.3.2.3. Dimensi Kolom.....	94
3.3.3. Penulangan Minimum Pada Kolom .....	98
3.4. Pembebanan Struktur .....	100
3.4.1. Beban Mati Sendiri (DL) .....	100
3.4.2. Beban Mati Tambahan (SDL).....	100
3.4.3. Beban Hidup (LL) .....	101
3.4.4. Beban Gempa .....	102
3.4.5. Kombinasi Beban .....	105
3.5. Pemodelan Struktur .....	106
3.5.1. Pemodelan Pelat, Balok dan Kolom.....	106
3.5.2. Pemodelan Beban Struktur.....	110
3.6. Analisis .....	114

3.6.1. Pengecekan Perilaku Struktur Sebelum <i>Crack</i> .....	115
3.6.1.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Sebelum <i>Crack</i> .....	115
3.6.1.2. Periode Fundamental Pendekatan Sebelum <i>Crack</i> .....	118
3.6.1.3. Koefisien Respons Seismik Sebelum <i>Crack</i> .....	119
3.6.2. Pengecekan Perilaku Struktur Setelah <i>Crack</i> .....	120
3.6.2.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Setelah <i>Crack</i> .....	120
3.6.2.2. Periode Fundamental Pendekatan Setelah <i>Crack</i> .....	124
3.6.2.3. Koefisien Respons Seismik Setelah <i>Crack</i> .....	124
3.6.2.4. Perhitungan Berat Seismik Efektif ( $W_t$ ).....	126
3.6.2.5. Gaya Geser Dasar Seismik .....	128
3.6.2.6. Simpangan Antar Lantai Tingkat .....	132
3.6.2.7. Pengaruh P-Delta.....	134
 BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....	 138
4.1. Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) .....	138
4.2. Studi Literatur.....	139
4.3. Deskripsi Umum Bangunan .....	140
4.4. Data Perencanaan Material dan Pendimensian Kolom, Balok, Pelat dan <i>Shear Wall</i> .....	142
4.5. Perhitungan Perencanaan Beban Mati, Beban Hidup dan Beban Gempa .....	144
4.5.1. Beban Mati Sendiri (DL) .....	144

4.5.2.	Beban Mati Tambahan (SDL).....	144
4.5.3.	Beban Hidup (LL).....	145
4.5.4.	Beban Gempa.....	145
4.5.5.	Kombinasi Beban.....	147
4.6.	Pemodelan Struktur.....	148
4.7.	Analisis Struktur.....	151
4.7.1.	Periode Struktur.....	151
4.7.2.	Gaya Geser Dasar Seismik.....	152
4.7.3.	Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai.....	153
4.7.4.	Pengaruh P-Delta.....	153
4.8.	Pengecekan Perilaku Struktur.....	154
4.9.	Penulangan.....	154
4.9.1.	Penulangan Elemen Balok.....	154
4.9.1.1.	Tulangan Longitudinal Balok (Tulangan Lentur).....	154
4.9.1.2.	Tulangan Transversal Balok (Tulangan Geser).....	155
4.9.2.	Penulangan Elemen Kolom.....	156
4.9.2.1.	Tulangan Longitudinal Kolom (Tulangan Lentur).....	157
4.9.2.2.	Tulangan Transversal Kolom (Tulangan Geser).....	157
4.9.3.	Penulangan Elemen Pelat.....	157
4.9.4.	Penulangan Elemen Dinding Geser.....	158

BAB V PERILAKU STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT SISTEM GANDA .....	159
5.1. Preliminary Design Struktur Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	159
5.2. Data Struktur Awal.....	160
5.2.1. Spesifikasi Material.....	160
5.2.2. Dimensi Struktur Awal .....	160
5.3. Pemodelan Struktur Awal .....	162
5.3.1. Pemodelan Kolom, Balok, pelat dan Shear Wall.....	162
5.3.2. Pemodelan Beban Struktur.....	168
5.4. Analisis Struktur Awal .....	171
5.4.1. Pengecekan Perilaku Struktur Sebelum Crack.....	172
5.4.1.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Sebelum <i>Crack</i> .....	172
5.4.1.2. Periode Fundamental Pendekatan Sebelum <i>Crack</i> .....	175
5.4.1.3. Koefisien Respons Seismik Sebelum <i>Crack</i> .....	176
5.4.2. Pengecekan Perilaku Struktur Setelah <i>Crack</i> .....	177
5.4.2.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Setelah <i>Crack</i> .....	177
5.4.2.2. Periode Fundamental Pendekatan Setelah <i>Crack</i> .....	181
5.4.2.3. Koefisien Respons Seismik Setelah <i>Crack</i> .....	182
5.4.2.4. Perhitungan Berat Seismik Efektif ( $W_t$ ).....	183
5.4.2.5. Gaya Geser Dasar Seismik .....	185
5.4.2.6. Simpangan Antar Lantai Tingkat .....	189

5.4.2.7. Pengaruh P-Delta.....	191
5.4.2.8. Pengecekan Eksentrisitas dan Torsi .....	194
5.4.2.9. Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal .....	200
5.4.2.10. Pengecekan Kontribusi <i>Frame</i> Memikul Minimal 25% Gaya Lateral.....	210
5.5. Data Struktur Setelah Optimasi.....	211
5.5.1. Spesifikasi Material.....	211
5.5.2. Dimensi Struktur Setelah Optimasi.....	212
5.6. Analisis Struktur Setelah Optimasi .....	213
5.6.1. Pengecekan Perilaku Struktur Sebelum Crack.....	213
5.6.1.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Sebelum <i>Crack</i> .....	213
5.6.1.2. Periode Fundamental Pendekatan Sebelum <i>Crack</i> .....	216
5.6.1.3. Koefisien Respons Seismik Sebelum <i>Crack</i> .....	217
5.6.2. Pengecekan Perilaku Struktur Setelah <i>Crack</i> .....	218
5.6.2.1. Rasio Partisipasi Modal Massa Setelah <i>Crack</i> .....	218
5.6.2.2. Periode Fundamental Pendekatan Setelah <i>Crack</i> .....	221
5.6.2.3. Koefisien Respons Seismik Setelah <i>Crack</i> .....	222
5.6.2.4. Perhitungan Berat Seismik Efektif ( $W_t$ ).....	223
5.6.2.5. Gaya Geser Dasar Seismik .....	225
5.6.2.6. Simpangan Antar Lantai Tingkat .....	229
5.6.2.7. Pengaruh P-Delta.....	231

5.6.2.8. Pengecekan Eksentrisitas dan Torsi .....	234
5.6.2.9. Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal .....	240
5.6.2.10. Pengecekan Kontribusi <i>Frame</i> Memikul Minimal 25% Gaya Lateral .....	250
5.7. Perbandingan Hasil Analisis SRPMK, Sistem Ganda dengan Dimensi Awal dan Sistem Ganda Setelah Optimasi .....	253
5.7.1. Perbandingan Dimensi Struktur .....	254
5.7.2. Perbandingan Periode Struktur .....	254
5.7.3. Perbandingan Berat Struktur dan Skala Faktor .....	256
5.7.4. Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik.....	257
5.7.5. Perbandingan Simpangan Antar Lantai .....	259
5.7.6. Perbandingan Efek P-Delta .....	261
 BAB VI DESAIN PENULANGAN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT SISTEM GANDA.....	
6.1. Desain Penulangan Elemen Balok.....	264
6.1.1. Pemeriksaan Terhadap Definisi Komponen Struktur Lentur.....	265
6.1.2. Pemeriksaan Terhadap Definisi Komponen Struktur Lentur.....	266
6.1.3. Perhitungan Kebutuhan Baja Tulangan Untuk Menahan Momen Lentur .....	267
6.1.3.1. Kondisi 1, Kolom Interior Kanan, Momen Negatif Tumpuan, Goyangan ke Kanan.....	267

6.1.3.2. Kondisi 2, Kolom Interior kiri, Momen Negatif Tumpuan, Goyangan ke Kiri.....	269
6.1.3.3. Kondisi 3, Kolom Interior Kiri, Momen Positif Tumpuan, Goyangan ke Kanan.....	271
6.1.3.4. Kondisi 4, Kolom Interior Kanan, Momen Positif Tumpuan, Goyangan ke Kiri.....	274
6.1.3.5. Kondisi 5, Tengah Bentang, Momen Positif, Goyangan ke Kanan dan Kiri .....	276
6.1.4. Perhitungan <i>Probable Momen Capacities</i> ( $M_{pr}$ ).....	278
6.1.4.1. Kapasitas Momen Ujung-Ujung Balok Bila Struktur Bergoyang ke Kanan .....	278
6.1.4.2. Kapasitas Momen Ujung-Ujung Balok Bila Struktur Bergoyang ke Kiri .....	279
6.1.5. Perhitungan Gaya Geser pada Balok .....	280
6.1.5.1. Struktur Bergoyang ke Kanan .....	280
6.1.5.2. Struktur Bergoyang ke Kiri .....	280
6.1.6. Sengkang untuk Gaya Geser .....	281
6.1.6.1. Muka kolom interior kiri .....	282
6.1.6.2. Muka Kolom Interior Kanan .....	283
6.1.6.3. Ujung zona sendi plastis .....	284
6.1.7. <i>Lap Splicing</i> untuk Bentang Menerus .....	285
6.1.8. <i>Cut-Off Points</i> .....	286

6.1.8.1.	Tulangan Negatif di Muka Kolom Interior Kanan dan Kiri....	286
6.1.8.2.	Tulangan Positif.....	287
6.2.	Desain Penulangan Elemen Kolom.....	290
6.2.1.	Pemeriksaan Terhadap Definisi Komponen Struktur Lentur.....	291
6.2.2.	Cek Konfigurasi Penulangan.....	291
6.2.3.	Pengecekan Syarat Kuat Kolom ( <i>Strong Column Weak Beam</i> )....	294
6.2.4.	Desain Tulangan <i>Confinement</i> .....	296
6.2.4.1.	Perhitungan Kebutuhan Tulangan <i>Confinement</i> .....	296
6.2.4.2.	Perhitungan Spasi <i>Confinement</i> .....	296
6.2.4.3.	Perhitungan Luas Penampang Total <i>Hoops</i> .....	297
6.2.4.4.	Pemasangan Tulangan <i>Hoops</i> .....	297
6.2.5.	Desain Tulangan Geser .....	298
6.2.5.1.	Pada Zona Sendi Plastis.....	298
6.2.5.2.	Pada Luar Zona Plastifikasi .....	300
6.2.6.	Desain <i>Lap Splices</i> .....	300
6.3.	Desain Hubungan Balok-Kolom .....	302
6.3.1.	Dimensi Join .....	302
6.3.2.	Penulangan Transversal untuk <i>Confinement</i> .....	302
6.3.3.	Perhitungan Geser di Join, dan Cek Kuat Geser .....	303
 BAB VII KOMPARASI STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DENGAN BEBERAPA MODEL DINDING GESER ( <i>SHEAR WALL</i> ).....		 305

7.1. Tipe-Tipe Pemodelan Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ) .....	305
7.2. Perbandingan Dimensi Struktur .....	308
7.3. Perbandingan Berat Struktur .....	309
7.4. Perbandingan Periode Struktur.....	310
7.5. Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik .....	312
7.6. Perbandingan Simpangan Antar Lantai.....	315
7.7. Perbandingan Efek P-Delta .....	318
<b>BAB VIII PENUTUP</b> .....	<b>321</b>
8.1. Kesimpulan.....	321
8.2. Saran.....	327

#### DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung .....	31
Tabel 2.2	Berat Sendiri Bahan Bangunan .....	37
Tabel 2.3	Berat Sendiri Komponen Gedung .....	38
Tabel 2.4	Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, $L_0$ dan Beban Hidup Terpusat Minimum .....	40
Tabel 2.5	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa .....	45
Tabel 2.6	Faktor Keutamaan Gempa .....	47
Tabel 2.7	Klasifikasi Situs .....	48
Tabel 2.8	Koefisien Situs, $F_a$ .....	52
Tabel 2.9	Koefisien Situs, $F_v$ .....	52
Tabel 2.10	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek .....	55
Tabel 2.11	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik .....	56
Tabel 2.12	Tingkat Risiko Gempa .....	56
Tabel 2.13	Faktor R, Cd, $\Omega_0$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	57
Tabel 2.14	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung .....	66
Tabel 2.15	Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	66
Tabel 2.16	Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a^{a,b}$ .....	73
Tabel 3.1	<i>Preliminary Design</i> Balok .....	94

Tabel 3.2	Beban Total Pada Lantai Atap .....	95
Tabel 3.3	Beban Total Pada Lantai 15 .....	95
Tabel 3.4	Beban Total Pada Lantai 14 .....	96
Tabel 3.5	Hasil Estimasi Ukuran Kolom .....	97
Tabel 3.6	Pengecekan Kolom Langsing .....	98
Tabel 3.7	Beban Mati Tambahan Dinding Pada Balok .....	100
Tabel 3.8	Parameter Respons Spektra.....	103
Tabel 3.9	Koefisien Sistem Penahan Gaya Gempa.....	104
Tabel 3.10	Kombinasi Pembebanan.....	105
Tabel 3.11	Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi Sebelum <i>Crack</i> .....	115
Tabel 3.12	Modal Participating Mass Ratio Sebelum <i>Crack</i> .....	116
Tabel 3.13	Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi Setelah <i>Crack</i> .....	121
Tabel 3.14	Modal Participating Mass Ratio Setelah Crack .....	121
Tabel 3.15	Berat Seismik Efektif Dari ETABS ( $W_t$ ).....	126
Tabel 3.16	Berat Struktur Efektif Per Lantai .....	127
Tabel 3.17	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah X dan Y = 1,225 .....	130
Tabel 3.18	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah X=2,490 dan arah Y= 2,636.....	131
Tabel 3.19	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	132
Tabel 3.20	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	133
Tabel 3.21	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah X.....	135
Tabel 3.22	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah Y .....	135
Tabel 4.1	Data Struktur Balok .....	142
Tabel 4.2	Data Struktur Pelat .....	142

Tabel 4.3	Data Struktur Kolom.....	142
Tabel 4.4	Parameter Respons Spektra.....	146
Tabel 4.5	Koefisien Sistem Penahan Gaya Gempa.....	147
Tabel 4.6	Kombinasi Pembebanan.....	148
Tabel 5.1	Data Struktur Dinding Geser Awal.....	160
Tabel 5.2	Data Struktur Balok Awal.....	161
Tabel 5.3	Data Struktur Pelat Awal .....	161
Tabel 5.4	Data Struktur Kolom Awal .....	161
Tabel 5.5	Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi Sebelum <i>Crack</i> .....	172
Tabel 5.6	Modal Participating Mass Ratio Sebelum <i>Crack</i> .....	173
Tabel 5.7	Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi Setelah <i>Crack</i> .....	178
Tabel 5.8	Modal Participating Mass Ratio Setelah Crack .....	178
Tabel 5.9	Berat Seismik Efektif Dari ETABS ( $W_i$ ).....	183
Tabel 5.10	Berat Struktur Efektif Per Lantai .....	184
Tabel 5.11	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah $X_1=1,401$ dan $X_2=2,4696$ .....	187
Tabel 5.12	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah $Y_1=1,401$ dan arah $Y_2=1,7154$ .....	188
Tabel 5.13	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	189
Tabel 5.14	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	190
Tabel 5.15	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah X.....	192
Tabel 5.16	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah Y .....	192
Tabel 5.17	Data Eksentrisitas Torsi Bawaan dari ETABS .....	195
Tabel 5.18	Eksentrisitas Desain Untuk Arah X .....	196

Tabel 5.19	Eksentrisitas Desain Untuk Arah Y .....	196
Tabel 5.20	Pengecekan Ketidakberaturan Torsi 1a & 1b Arah X.....	197
Tabel 5.21	Pengecekan Ketidakberaturan Torsi 1a & 1b Arah Y.....	198
Tabel 5.22	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal .....	202
Tabel 5.23	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1a arah X.....	203
Tabel 5.24	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1a arah Y.....	204
Tabel 5.25	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b arah X .....	205
Tabel 5.26	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b arah Y .....	206
Tabel 5.27	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa).....	207
Tabel 5.28	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5a .....	208
Tabel 5.29	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5b .....	209
Tabel 5.30	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Vertikal .....	210
Tabel 5.31	Rasio Gaya Geser Dasar Frame untuk Gempa Arah X dan Y.....	211
Tabel 5.32	Data Struktur Dinding Geser Setelah Optimasi .....	212
Tabel 5.33	Data Struktur Balok Setelah Optimasi .....	212
Tabel 5.34	Data Struktur Pelat Setelah Optimasi .....	212
Tabel 5.35	Data Struktur Kolom Setelah Optimasi .....	212
Tabel 5.36	Partisipasi Massa Ragam TerkombinasiSebelum <i>Crack</i> .....	213
Tabel 5.37	Modal Participating Mass Ratio Sebelum <i>Crack</i> .....	214
Tabel 5.38	Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi Setelah <i>Crack</i> .....	218
Tabel 5.39	Modal Participating Mass Ratio Setelah Crack .....	219
Tabel 5.40	Berat Seismik Efektif Dari ETABS ( $W_i$ ).....	223
Tabel 5.41	Berat Struktur Efektif Per Lantai .....	224
Tabel 5.42	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah $X_1=1,401$ dan $X_2=$	

	2,7280.....	227
Tabel 5.43	Nilai Gaya Geser dengan Skala Faktor Arah $Y_1=1,401$ dan arah $Y_2=1,9956$ .....	228
Tabel 5.44	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	229
Tabel 5.45	Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	230
Tabel 5.46	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah X.....	232
Tabel 5.47	Perhitungan Efek P-Delta Gempa Arah Y.....	232
Tabel 5.48	Data Eksentrisitas Torsi Bawaan dari ETABS.....	235
Tabel 5.49	Eksentrisitas Desain Untuk Arah X.....	236
Tabel 5.50	Eksentrisitas Desain Untuk Arah Y.....	236
Tabel 5.51	Pengecekan Ketidakberaturan Torsi 1a & 1b Arah X.....	237
Tabel 5.52	Pengecekan Ketidakberaturan Torsi 1a & 1b Arah Y.....	238
Tabel 5.53	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal.....	242
Tabel 5.54	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1a arah X.....	243
Tabel 5.55	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1a arah Y.....	244
Tabel 5.56	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b arah X.....	245
Tabel 5.57	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b arah Y.....	246
Tabel 5.58	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa).....	247
Tabel 5.59	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5a.....	248
Tabel 5.60	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5b.....	249
Tabel 5.61	Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Vertikal.....	250
Tabel 5.62	Rasio Gaya Geser Dasar Frame untuk Gempa Arah X dan Y.....	251
Tabel 5.63	Perhitungan Faktor Skala dengan Nilai $0,25V_b$ untuk Model 2.....	252
Tabel 5.64	Perhitungan Faktor Skala untuk Model 2 Setelah Kalibrasi.....	252

Tabel 5.65	Perhitungan Faktor Skala dengan Nilai $0,25V_b$ untuk Model 3.....	253
Tabel 5.66	Perhitungan Faktor Skala untuk Model 3 Setelah Kalibrasi .....	253
Tabel 5.67	Perbandingan Dimensi Struktur .....	254
Tabel 5.68	Perbandingan Periode Struktur .....	255
Tabel 5.69	Perbandingan Berat Struktur .....	256
Tabel 5.70	Perbandingan Faktor Skala .....	257
Tabel 5.71	Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik.....	257
Tabel 5.72	Perbandingan Simpangan Antar Lantai .....	259
Tabel 5.73	Perbandingan P-Delta .....	261
Tabel 6.1	Parameter Elemen Balok.....	265
Tabel 6.2	Gaya Dalam Momen Balok yang Didesain .....	267
Tabel 6.3	<i>Probable Momen Capacities</i> pada balok .....	279
Tabel 6.4	Gaya Geser di Muka Kolom Interior Kiri dan Kanan.....	281
Tabel 6.5	Desain Tulangan Balok Induk 300×600 mm .....	289
Tabel 6.6	Parameter Elemen Kolom .....	290
Tabel 6.7	Gaya-Gaya Maksimum pada Kolom .....	292
Tabel 6.8	Desain Tulangan Kolom 600×750 mm.....	301
Tabel 7.1	Perbandingan Dimensi Struktur .....	308
Tabel 7.2	Perbandingan Berat Struktur .....	309
Tabel 7.3	Perbandingan Periode Struktur .....	310
Tabel 7.4	Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah X.....	312
Tabel 7.5	Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah Y.....	313
Tabel 7.6	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X .....	315
Tabel 7.7	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y .....	316

Tabel 7.8	Perbandingan Efek P-Delta Arah X.....	318
Tabel 7.9	Perbandingan Efek P-Delta Arah Y .....	318
Tabel 8.1	Perbandingan Periode Struktur Penahan Gaya Seismik .....	321
Tabel 8.2	Perbandingan Periode Struktur dari 5 Tipe <i>Shear Wall</i> .....	322
Tabel 8.3	Perbandingan Gaya Geser Struktur Penahan Gaya Seismik.....	322
Tabel 8.4	Perbandingan Gaya Geser 5 Tipe <i>Shear Wall</i> .....	323
Tabel 8.5	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Struktur Penahan Gaya Seismik.....	323
Tabel 8.6	Perbandingan Simpangan Antar Lantai 5 Tipe <i>Shear Wall</i> .....	324
Tabel 8.7	Perbandingan P-Delta Struktur Penahan Gaya Seismik .....	324
Tabel 8.8	Perbandingan P-Delta 5 Tipe <i>Shear Wall</i> .....	325
Tabel 8.9	Rekap Tulangan padaBalok 300×600 mm.....	325
Tabel 8.10	Rekap Tulangan padaKolom 600×750 mm .....	326
Tabel 8.11	Rekap Tulangan padaHubungan Balok-Kolom .....	326
Tabel 8.12	Perbandingan Berat Struktur Penahan Gaya Seismik .....	326
Tabel 8.13	Perbandingan Berat Struktur 5 Tipe <i>Shear Wall</i> .....	327

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lempeng Tektonik Utama.....	12
Gambar 2.2	Tingkat Kerusakan Bangunan .....	14
Gambar 2.3	Pola Goyangan Struktur Bertingkat Banyak .....	20
Gambar 2.4	Dinding Geser Menerima Gaya Lateral $V_u$ .....	23
Gambar 2.5	Klasifikasi Dinding Geser Berdasarkan Letak dan Fungsinya .....	26
Gambar 2.6	Klasifikasi Dinding Geser Berdasarkan Geometrinya .....	27
Gambar 2.7	Beberapa Tipe Dinding Geser .....	29
Gambar 2.8	Sistem Penempatan Dinding Geser .....	30
Gambar 2.9	$S_s$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ), kelas situs SB .....	50
Gambar 2.10	$S_1$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ), kelas situs SB.....	51
Gambar 2.11	Spektrum Respons Desain.....	54
Gambar 2.12	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	71
Gambar 2.13	Luas <i>Joint</i> Efektif.....	82
Gambar 3.1	Tampak 3D Desain Arsitektural Gedung 15 Lantai.....	89
Gambar 3.2	Denah Arsitektur Lantai 1 .....	89
Gambar 3.3	Denah Arsitektur Lantai 2-15.....	90
Gambar 3.4	Denah Arsitektur Lantai Atap .....	90
Gambar 3.5	Lokasi Spektra Yang Ditinjau .....	102
Gambar 3.6	Grafik Respons Spektra Pada Lokasi Bangunan.....	103
Gambar 3.7	Pemodelan Kolom.....	107

Gambar 3.8	Pemodelan Balok .....	107
Gambar 3.9	Pemodelan Pelat .....	108
Gambar 3.10	Denah Lantai 1-15.....	108
Gambar 3.11	Denah lantai Atap.....	109
Gambar 3.12	Potongan Struktur Bangunan .....	109
Gambar 3.13	Gambar 3D Struktur Bangunan.....	110
Gambar 3.14	Beban Hidup Lantai 1-15 .....	110
Gambar 3.15	Beban Hidup Lantai Atap.....	111
Gambar 3.16	Beban Mati Tambahan Lantai 1-15.....	111
Gambar 3.17	Beban Mati Tambahan Lantai Atap .....	112
Gambar 3.18	Beban Hidup Mesin di Lantai Atap .....	112
Gambar 3.19	Beban Hidup Toren di Lantai Atap .....	113
Gambar 3.20	Beban Hidup Gondola di Lantai Atap.....	113
Gambar 3.21	Beban Dinding .....	114
Gambar 3.22	Mode 1 Translasi Arah Y Sebelum <i>Crack</i> .....	117
Gambar 3.23	Mode 2 Translasi Arah X Sebelum <i>Crack</i> .....	117
Gambar 3.24	Mode 3 Torsional Sumbu Z Sebelum <i>Crack</i> .....	118
Gambar 3.25	Mode 1 Translasi Arah Y Setelah <i>Crack</i> .....	122
Gambar 3.26	Mode 2 Translasi Arah X Setelah <i>Crack</i> .....	123
Gambar 3.27	Mode 3 Torsional Sumbu Z Setelah <i>Crack</i> .....	123
Gambar 3.28	Sketsa Elemen Struktur Yang Masuk Perhitungan Berat Struktur Per Lantai.....	126
Gambar 3.29	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah X.....	130
Gambar 3.30	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah Y .....	131

Gambar 3.31	Grafik Pengecekan Simpangan Antar Lantai .....	134
Gambar 3.32	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah X.....	136
Gambar 3.33	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah Y.....	137
Gambar 4.1	Denah Arsitektur Lantai 1 .....	140
Gambar 4.2	Denah Arsitektur Lantai 2-15.....	141
Gambar 4.3	Denah Arsitektur Lantai Atap .....	141
Gambar 4.4	Pemodelan Denah Struktur Gedung Tanpa Dinding Geser .....	149
Gambar 4.5	Pemodelan Struktur Gedung Tanpa Dinding Geser.....	149
Gambar 4.6	Pemodelan Denah Struktur Gedung Dengan Dinding Geser Tipe <i>Tube</i> .....	150
Gambar 4.7	Pemodelan Struktur Gedung Dengan Dinding Geser Tipe <i>Tube</i> .	150
Gambar 5.1	Pemodelan Kolom.....	163
Gambar 5.2	Pemodelan Balok .....	163
Gambar 5.3	Pemodelan Pelat .....	164
Gambar 5.4	Pemodelan Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ).....	164
Gambar 5.5	Pemodelan Kolom pada ETABS.....	165
Gambar 5.6	Pemodelan Balok pada ETABS .....	166
Gambar 5.7	Pemodelan Pelat pada ETABS.....	166
Gambar 5.8	Pemodelan Dinding Geser ( <i>Shear wall</i> ) pada ETABS .....	167
Gambar 5.9	Beban Hidup Lantai 1-15 .....	168
Gambar 5.10	Beban Hidup Lantai Atap.....	168
Gambar 5.11	Beban Mati Tambahan Lantai 1-15.....	169
Gambar 5.12	Beban Mati Tambahan Lantai Atap .....	169
Gambar 5.13	Beban Hidup Mesin dan Toren di Lantai Atap .....	170

Gambar 5.14	Beban Hidup Gondola di Lantai Atap.....	170
Gambar 5.15	Beban Dinding .....	171
Gambar 5.16	Mode 1 Translasi Arah X Sebelum <i>Crack</i> .....	174
Gambar 5.17	Mode 2 Translasi Arah Y Sebelum <i>Crack</i> .....	174
Gambar 5.18	Mode 3 Torsional Sumbu Z Sebelum <i>Crack</i> .....	175
Gambar 5.19	Mode 1 Translasi Arah X Setelah <i>Crack</i> .....	179
Gambar 5.20	Mode 2 Translasi Arah Y Setelah <i>Crack</i> .....	180
Gambar 5.21	Mode 3 Torsional Sumbu Z Setelah <i>Crack</i> .....	180
Gambar 5.22	Sketsa Elemen Struktur Yang Masuk Perhitungan Berat Struktur Per Lantai.....	183
Gambar 5.23	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah X.....	187
Gambar 5.24	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah Y .....	188
Gambar 5.25	Grafik Pengecekan Simpangan Antar Lantai.....	191
Gambar 5.26	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah X.....	193
Gambar 5.27	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah Y.....	194
Gambar 5.28	Grafik Pengecekan Ketidakberaturan Torsi Arah X .....	199
Gambar 5.29	Grafik Pengecekan Ketidakberaturan Torsi Arah Y .....	199
Gambar 5.30	Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma .....	201
Gambar 5.31	Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Nonparalel .....	202
Gambar 5.32	Mode 1 Translasi Arah X Sebelum <i>Crack</i> .....	215
Gambar 5.33	Mode 2 Translasi Arah Y Sebelum <i>Crack</i> .....	215
Gambar 5.34	Mode 3 Torsional Sumbu Z Sebelum <i>Crack</i> .....	216
Gambar 5.35	Mode 1 Translasi Arah X Setelah <i>Crack</i> .....	220
Gambar 5.36	Mode 2 Translasi Arah Y Setelah <i>Crack</i> .....	220

Gambar 5.37	Mode 3 Torsional Sumbu Z Setelah <i>Crack</i> .....	221
Gambar 5.38	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah X.....	227
Gambar 5.39	Grafik Perbandingan Gaya Geser Arah Y.....	228
Gambar 5.40	Grafik Pengecekan Simpangan Antar Lantai.....	231
Gambar 5.41	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah X.....	233
Gambar 5.42	Grafik Pengecekan P-Delta Untuk Gempa Arah Y.....	234
Gambar 5.43	Grafik Pengecekan Ketidakberaturan Torsi Arah X.....	239
Gambar 5.44	Grafik Pengecekan Ketidakberaturan Torsi Arah Y.....	239
Gambar 5.45	Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....	241
Gambar 5.46	Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Nonparalel.....	242
Gambar 5.47	Model 2 dengan Pelepasan Dinding Geser Sumbu X.....	251
Gambar 5.48	Model 3 dengan Pelepasan Dinding Geser Sumbu Y.....	252
Gambar 5.49	Grafik Perbandingan Periode Struktur.....	255
Gambar 5.50	Perbandingan Gaya Geser Arah X.....	258
Gambar 5.51	Perbandingan Gaya Geser Arah Y.....	258
Gambar 5.52	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X.....	260
Gambar 5.53	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y.....	260
Gambar 5.54	Perbandingan P-Delta Arah X.....	262
Gambar 5.55	Perbandingan P-Delta Arah Y.....	262
Gambar 6.1	Denah Balok yang Akan Didesain.....	264
Gambar 6.2	Diagram Momen pada Balok.....	267
Gambar 6.3	Diagram Gaya Geser pada Balok.....	280
Gambar 6.4	Diagram Gaya Aksial pada Balok.....	281
Gambar 6.5	Nilai Gaya Geser Pada Jarak 1200 mm.....	284

Gambar 6.6	Posisi Bentang Saat Momen <i>Ultimate</i> Bernilai 107,74 kN-m .....	287
Gambar 6.7	Posisi Bentang Pada Saat Momen=159,679 kN-m .....	288
Gambar 6.8	Penulangan Elemen-Elemen Balok.....	289
Gambar 6.9	Denah Kolom yang Akan Didesain.....	290
Gambar 6.10	Penginputan Beban Maksimum pada <i>CSI Column</i> .....	293
Gambar 6.11	<i>Output</i> Kapasitas Kolom pada Area <i>Bottom</i> .....	293
Gambar 6.12	<i>Output</i> Kapasitas Kolom pada Area <i>Top</i> .....	293
Gambar 6.13	Diagram Interaksi Kolom Lantai 1 .....	294
Gambar 6.14	Diagram Interaksi Kolom Lantai 2 .....	295
Gambar 6.15	Penulangan Elemen Kolom.....	301
Gambar 7.1	Pemodelan Denah Struktur Gedung dengan Dinding geser Tipe <i>Tube</i> .....	305
Gambar 7.2	Pemodelan Denah Struktur Gedung dengan Dinding geser Tipe <i>L-</i> <i>shape</i> .....	306
Gambar 7.3	Pemodelan Denah Struktur Gedung dengan Dinding geser Tipe <i>C-</i> <i>shape</i> .....	307
Gambar 7.4	Pemodelan Denah Struktur Gedung dengan Dinding geser Tipe <i>Coupled SW</i> .....	307
Gambar 7.5	Pemodelan Denah Struktur Gedung dengan Dinding geser Tipe <i>Side Wall</i> .....	308
Gambar 7.6	Grafik Perbandingan Berat Struktur.....	310
Gambar 7.7	Grafik Perbandingan Periode Struktur .....	311
Gambar 7.8	Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik Arah X .....	314
Gambar 7.9	Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik Arah Y .....	314

Gambar 7.10	Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X .....	316
Gambar 7.11	Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y .....	317
Gambar 7.12	Grafik Perbandingan P-Delta Arah X .....	319
Gambar 7.13	Grafik Perbandingan P-Delta Arah Y .....	320