

TUGAS AKHIR

**STUDY KOMPARASI PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN
APARTEMEN MENGGUNAKAN SISTEM CORE WALL BETON
BERTULANG OUTRIGGER DAN KOMPOSIT OUTRIGGER**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DISUSUN OLEH :
AJI SETIAWAN

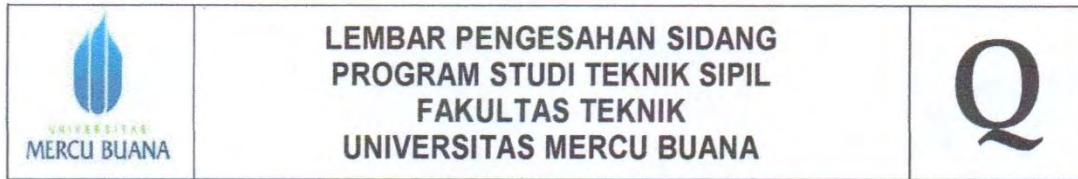
41115120118

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCUBUNA

2020



Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : STUDY KOMPARASI PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN APARTEMEN MENGGUNAKAN SISTEM CORE WALL BETON BERTULANG OUTRIGGER DAN KOMPOSIT OUTRIGGER

Disusun oleh :

Nama : Aji Setiawan
NIM : 41115120118
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diujikan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana :

Tanggal : 24 Agustus 2020

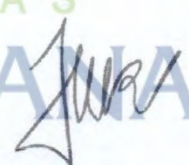
Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



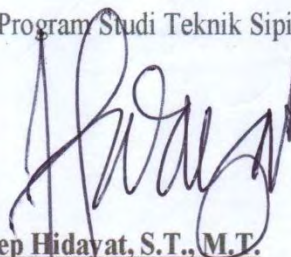
Dr. Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng.

Ketua Penguji



Fajar Triwardono, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Acep Hidayat, S.T., M.T.

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aji Setiawan

Nomor Induk Mahasiswa : 41115120118

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 24 Agustus 2020
Yang memberikan pernyataan



Aji Setiawan
NIM: 41115120118

ABSTRAK

Struktur gedung apartemen Norrington Suites terletak di Jakarta Utara yang berfungsi sebagai hunian. Gedung tersebut di bangun dengan jumlah lantai sebanyak 36 lantai, satu semi basement dan dua crown. Ketinggian dari gedung tersebut mencapai 130,5 m dan tergolong sebagai gedung bertingkat tinggi. Kondisi tanah dimana gedung tersebut berada pada tanah lunak sesuai dengan hasil penyelidikan tanah. Sistem struktur dari gedung tersebut yaitu sistem ganda yang terdiri dari rangka pemikul momen khusus dan dinding geser khusus. Dinding geser di tempatkan pada dua lokasi berbeda di mana yang satu di tempatkan sebagai core wall yang di fungsikan untuk lokasi lift dan lokasi lainya untuk tangga.

Untuk penulisan studi akhir ini, struktur gedung akan di modifikasi dari bentuk geometri persegi menjadi bentuk segi empat dan jumlah lantai yang semula 36 lantai menjadi 71 lantai dengan sistem struktur dinding geser berada pada pusat gedung. Dinding geser yang di tempatkan pada tengah gedung di sebut core yang mana akan menyerap setidaknya 75% beban gempa yang bekerja dan rangka momen khusus menyerap setidaknya 25% beban gempa menurut SNI 1726:2019.

Pada studi ini pula akan di buat dua model tipe struktur sebagai perbandingan dalam mendesain gedung supertall. Kedua model struktur memiliki bentuk geometri yang sama namun berbeda dalam tipe material. Struktur tipe 1 sebagai gabungan antara penampang baja dan beton bertulang yang di gunakan pada kolom yang disebut kolom komposit dan dinding geser beton bertulang. Pada struktur tipe 2 penampang pada elemen vertikal rangka momen khusus hanya berupa kolom beton bertulang sedangkan pada inti gedung terdiri dari dinding geser dan core breising baja. Kedua tipe struktur di atas masing-masing akan di pasang Outrigger dan belt-truss pada 1/3 dan 2/3 dari tinggi struktur.

Kata kunci: *Core bresing baja, core beton bertulang, sistem ganda, SRPMK, dinding geser beton bertulang khusus, kolom komposit, outrigger, belt-truss, SNI-1726:2019, SNI-2847:2019*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Strata 1 Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana. Maka dengan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Mudiono Kasmuri, Dr., ST., M.Eng Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan serta motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir saya:
2. Dosen Penguji yang memberikan masukan-masukan yang membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir saya;
3. Zeth Rumahtita Selaku Structure Engineer PT. Tri Raton Mega (Pihak Owner) Pada Proyek Apartemen dan Hotel Norington Suites yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk membantu dalam perbaikan penulis dikemudian hari. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Jakarta, Agustus 2020

Penulis

v

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-3
1.3 Perumusan Masalah	I-4
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-5
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Bangunan.....	II-1
2.2 Bangunan Tingkat Tinggi	II-11
2.3 Fungsi tunggal vs Bangunan Serba Guna	II-15
2.4 Penempatan Posisi Core dalam gedung	II-16
2.5 Konsep struktural	II-16
2.6 Konsep Pelat Lantai	II-18
2.7 Sejarah Penggunaan Sistem Outrigger.....	II-19
2.8 Pengantar Outrigger	II-20
2.9 Outriggers Dan Belt Truss	II-21
2.10 Konsep Sistem Struktural Outrigger.....	II-22
2.11 Lokasi Optimum dan Topologi Outrigger.....	II-24
2.12 Masalah Desain Outrigger.....	II-24
2.13 Sistem Outrigger dan Belt-Truss.....	II-27
2.14 Lokasi Optimal Outrigger	II-30
2.15 Elemen Struktur Sistem <i>Outrigger</i>	II-31
2.16 Konsep Desain.....	II-32
2.16.1. Desain Struktur Beton	II-32
2.16.2. Desain Struktur Baja	II-33
2.17 Kolom komposit.....	II-36
2.17.1 Filosofi Desain Struktur Tahan Gempa.....	II-41

2.17.2	Kombinasi Beban Pada Desain Struktur Baja.....	II-42
2.18	Mekanisme Keruntuhan versus Mekanisme Leleh	II-43
2.19	Desain Kapasitas	II-43
2.20	Perencanaan Daktilitas Rangka Penahan Momen	II-44
2.20.1	Perilaku Umum dan Mekanisme Plastis	II-44
2.21	Respon Dasar dari Rangka Momen-Daktail Terhadap Beban Lateral.....	II-46
2.21.1	Kekuatan Internal Selama Respon Seismik	II-46
2.21.2	Kebutuhan Rotasi Plastis.....	II-47
2.21.3	Bracing Lateral dan Tekuk Lokal	II-48
2.22	Desain Daktilitas Kolom	II-48
2.22.1	Gaya Aksial Kolom.....	II-48
2.22.2	Pertimbangan Sambungan Kolom.....	II-49
2.22.3	Filosofi Kolom-Kuat/Lemah-Balok	II-50
2.22.4	Pengaruh Gaya Aksial pada Daktilitas Kolom.....	II-51
2.23	Panel Zona.....	II-52
2.23.1	Gaya pada Zona Panel.....	II-52
2.23.2	Perilaku Zona Panel	II-53
2.23.3	Desain Zona Panel.....	II-54
2.24	Sambungan Balok-Kolom.....	II-55
2.25	Desain Daktilitas Rangka Bressing Konsentris.....	II-57
2.25.1	Perilaku Umum dan Mekanisme Plastis	II-57
2.25.2	Filosofi Desain	II-58
2.25.3	Kelangsingan Bressing	II-60
2.25.4	Desain Bressing	II-61
2.25.5	Desain Balok Baja.....	II-62
2.25.6	Konfigurasi Rangka Bressing V dan Rangka Bressing V Inverted	II-62
2.25.7	Konfigurasi Rangka Bressing-X.....	II-64
2.25.8	Desain Kolom Baja	II-64
2.25.9	Gaya Kolom Berdasarkan Desain Kapasitas.....	II-64
2.25.10	Desain Sambungan Gusset.....	II-66
2.26	Peraturan Desain Struktur Tahan Gempa.....	II-68
2.26.1	Struktur Tahan Gempa	II-68
2.26.2	Analisa Beban	II-70
2.26.3	Beban Mati	II-71
2.26.4	Beban Hidup.....	II-71

2.26.5	Beban Angin.....	II-71
2.26.6	Beban Gempa.....	II-79
2.27	Respon Elastis dan Spektrum Respon.....	II-82
2.28	Respons Inelastis dan Pengurangan Daktilitas.....	II-84
2.28.1	Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan.....	II-87
2.28.2	Percepatan Respon Spektrum.....	II-87
2.28.3	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	II-89
2.28.4	Perioda Getar Fundametal.....	II-90
2.28.5	Spektrum Respons Desain.....	II-91
2.28.6	Kategori Desain Seismik.....	II-92
2.28.7	Koefisien Modifikasi Respons (R).....	II-93
2.28.8	Kombinasi Beban.....	II-96
2.29	Sistem struktur Gedung.....	II-98
2.29.1	Geser Dasar Seismik.....	II-115
2.30	Metode Analisis.....	II-147
2.30.1	Metode Analisis Dinamik Response Spektrum.....	II-147
2.30.2	Prosedur Analisis Beban Angin.....	II-148
2.30.3	Metode Analisis untuk bangunan supertinggi.....	II-149
2.31	Studi Literatur.....	II-151
2.31.1	Peraturan Yang Berkaitan.....	II-151
2.31.2	Penelitian Terdahulu.....	II-151
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Umum.....	III-1
3.2	Diagram Alir.....	III-1
3.3	Pengumpulan Data.....	III-3
3.3.1	Data Umum Bangunan.....	III-3
3.3.2	Data Modifikasi.....	III-3
3.3.3	Data Gambar.....	III-3
3.3.4	Data Bahan.....	III-4
3.4	Preliminari Desain.....	III-4
3.4.1	Dimensi Balok.....	III-4
3.4.2	Tebal Pelat.....	III-4
3.4.3	Desain Tangga.....	III-4
3.4.4	Dimensi Kolom.....	III-5
3.4.5	Dimensi <i>Corewall</i> dan Balok <i>Outrigger</i>	III-5

3.4.6	Belt-Truss	III-6
3.5	Perhitungan Struktur Sekunder	III-6
3.5.1	Perhitungan Pelat lantai dan Pelat Tangga	III-7
3.5.2	Perhitungan Balok Anak dan Balok Lift	III-7
3.6	Perencanaan Pembebanan	III-8
3.7	Pemodelan Pada ETABS.....	III-8
3.8	Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur	III-8
3.9	Cek Simpangan dan Gaya Geser Dasar	III-9
3.9.1	Analisa Spektrum Respons Ragam	III-9
3.9.2	Simpangan Antar Lantai Tingkat	III-9
3.9.3	Skala Gaya Geser Dasar	III-9
3.10	Perhitungan Struktur Utama	III-10
3.10.1	Perhitungan Balok Induk.....	III-10
3.10.2	Perhitungan Kolom.....	III-11
3.10.3	Perhitungan <i>Shearwall</i> , Balok Tinggi dan <i>Belt-truss</i>	III-11
3.11	Kontrol Struktur Beton.....	III-14
3.12	Jadwal Penelitian.....	III-14
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		
4.1	Konsep perencanaan struktur	IV-1
4.2	Pemilihan Parameter Sistem Struktur Penahan Gempa	IV-3
4.3	Analisis Struktur.....	IV-6
4.4	Model Struktur	IV-6
4.5	Spektrum Respons Desain.....	IV-7
4.5.1	Spektrum Respons Desain	IV-7
4.5.2	Perhitungan spektrum respons desain	IV-9
4.6	Pemilihan Parameter Sistem Struktur Penahan Gempa	IV-12
4.7	Berat struktur model tipe 1	IV-12
4.8	Gaya dalam balok induk baja struktur model 1	IV-15
4.9	Berat struktur model tipe 2.....	IV-16
4.10	Gaya dalam balok induk struktur model 2	IV-19
4.11	Perhitungan gaya geser struktur tipe 1	IV-23
4.12	Perhitungan gaya geser struktur tipe 2	IV-30
4.13	Pengecekan redudansi untuk gaya geser lantai struktur tipe 1.....	IV-36
4.14	Pengecekan redudansi untuk gaya geser lantai struktur tipe 2.....	IV-39
4.15	Perhitungan gaya geser Diafragma	IV-43

4.15.1	Model struktur tipe 1-Perhitungan gaya geser diafragma FPX.....	IV-43
4.15.2	Model struktur tipe 2-Perhitungan gaya geser diafragma FPX.....	IV-46
4.16	Pengecekan elemen kolektor.....	IV-49
4.16.1	Perhitungan gaya geser dasar struktur Model-1	IV-51
4.16.2	Perhitungan gaya geser dasar struktur Model-2.....	IV-52
4.17	Torsi bawaan	IV-54
4.17.1	Torsi bawaan struktur model 1	IV-54
4.17.2	Torsi bawaan struktur model 2.....	IV-56
4.18	Torsi tak terduga	IV-57
4.19	Analisis linear dinamik	IV-59
4.20	Ketidakteraturan Struktur & Faktor Redudansi	IV-60
4.20.1	Model struktur tipe 1 (Komposit)	IV-60
4.20.2	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-64
4.20.3	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-68
4.20.4	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-72
4.20.5	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-76
4.20.6	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-78
4.20.7	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-80
4.20.8	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-84
4.20.9	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-89
4.20.10	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-95
4.20.11	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-102
4.20.12	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-108
4.20.13	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-115
4.20.14	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-117
4.20.15	Model struktur tipe 1 (Struktur komposit)	IV-120
4.20.16	Model struktur tipe 2 (Struktur beton)	IV-124
4.21	Perbandingan perpindahan gempa	IV-128
4.22	Analisis Angin.....	IV-138
4.23	Perilaku dan karakteristik deformasi	IV-141
4.24	Perbedaan efektifitas	IV-143
4.25	Variasi penempatan outrigger dan belt-truss.....	IV-148
4.26	Perbandingan Analisis struktur	IV-155
4.27	Kombinasi Pembebanan.....	IV-159
4.28	Desain struktur model 1 (struktur komposit)	IV-163

4.28.1	Balok Komposit Dengan Dek Baja Berlekuk	IV-164
4.28.2	Desain Balok Induk Komposit	IV-168
4.28.3	Desain sambungan balok anak ke balok induk	IV-171
4.28.4	Desain Balok Induk	IV-179
4.28.5	Desain sambungan <i>End-Plate</i>	IV-188
4.28.6	Desain sambungan balok induk ke core wall	IV-188
4.28.7	Desain sambungan balok induk ke kolom baja	IV-193
4.28.8	Desain Sambungan Bressing Outrigger	IV-199
4.28.9	Desain Kolom Komposit	IV-211
4.28.10	Desain kolom RPK	IV-228
4.28.11	Desain kekuatan geser V_e	IV-235
4.28.12	Desain tulangan geser	IV-239
4.28.13	Desain panjang penyaluran	IV-242
4.28.14	Desain penyaluran kait standar	IV-244
4.28.15	Desain panjang sambungan lewatan	IV-247
4.28.16	Sambungan	IV-248
4.28.17	Kuat geser kolom	IV-252
4.28.18	Desain Angkur dan Base Plate	IV-254
4.28.19	Desain sambungan las pada Kolom Kingcross	IV-256
4.28.20	Desain Pengankuran Ke Beton	IV-260
4.28.21	Desain kekuatan baja angkur	IV-264
4.29	Desain struktur model 2 (struktur beton)	IV-271
4.29.1	Desain balok induk	IV-271
4.29.2	Desain kolom	IV-295
4.30	Perencanaan Pelat Lantai	IV-364
4.30.1	Pembebanan Pelat	IV-365
4.30.2	Tinjauan momen arah x	IV-366
4.30.3	Tinjauan momen arah y	IV-367
4.30.4	Tulangan susut	IV-368
4.31	Perencanaan Tangga	IV-368
4.31.1	Perencanaan dimensi tangga	IV-368
4.31.2	Pembebanan tangga	IV-370
4.31.3	Tinjauan momen lapangan arah x	IV-372
4.31.4	Tinjauan momen lapangan arah y	IV-373
4.31.5	Tinjauan momen tumpuan arah x	IV-375

BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran.....	V-4
DAFTAR PUSTAKA	dlxxxvi
LEMBAR ASISTENSI.....	dlxxxix



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil analisis angin	II-27
Tabel 2. 2 Kategori medan dan panjang kekasaran (z_0).....	II-74
Tabel 2. 3 Koefisien Situs F_a	II-88
Tabel 2. 4 Koefisien Situs F_v	II-88
Tabel 2. 5 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	II-90
Tabel 2. 6 Kategori desain seismik	II-93
Tabel 2. 7 Kategori desain seismik	II-93
Tabel 2. 8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	II-94
Tabel 2. 9 Ketidakberaturan horizontal pada struktur	II-102
Tabel 2. 10 Ketidakberaturan vertikal pada struktur	II-104
Tabel 2. 11 Persyaratan untuk masing-masing tingkat.....	II-106
Tabel 2. 12 Prosedur analisis yang diizinkan	II-114
Tabel 2. 13 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	II-118
Tabel 2. 14 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	II-119
Tabel 2. 15 Faktor reduksi gaya desain diafragma, R_s	II-140
Tabel 2. 16 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_{a,b}$	II-144
Tabel 4. 1 Data-data Gedung	IV-2
Tabel 4. 2 Data-data penampang model 1 dan 2.....	IV-3
Tabel 4. 3 Parameter sistem struktur	IV-4
Tabel 4. 4 Kategori desain seismik.....	IV-11
Tabel 4. 5 Kategori desain seismik.....	IV-11
Tabel 4. 6 berat lantai struktur model 1 (struktur komposit).....	IV-12
Tabel 4. 7 Beam Forces	IV-15
Tabel 4. 8 berat lantai struktur model 2 (struktur beton).....	IV-16
Tabel 4. 9 Beam Forces	IV-19
Tabel 4. 10 Perhitungan distribusi gaya geser.....	IV-23
Tabel 4. 11 Perhitungan distribusi gaya geser.....	IV-26
Tabel 4. 12 Perhitungan distribusi gaya geser.....	IV-30
Tabel 4. 13 Perhitungan distribusi gaya geser.....	IV-33
Tabel 4. 14 Pengecekan gaya geser lantai Arah X dan Y.....	IV-36
Tabel 4. 15 Penggantian story shear redundansi	IV-38
Tabel 4. 16 Pengecekan gaya geser lantai.....	IV-40
Tabel 4. 17 Penggantian story shear redundansi.....	IV-41
Tabel 4. 18 Tabel perhitungan gaya geser diafragma FPX.....	IV-43
Tabel 4. 19 Perhitungan gaya geser diafragma FPX	IV-46
Tabel 4. 20 pengecekan elemen kolektor pada lantai 11	IV-50
Tabel 4. 21 pengecekan elemen kolektor pada lantai 11	IV-50
Tabel 4. 22 Gaya geser dasar akibat beban lateral.....	IV-51
Tabel 4. 23 kontrol gaya geser Response Spektrum.....	IV-51
Tabel 4. 24 recheck base shear	IV-51
Tabel 4. 25 Recheck gaya geser Response Spektrum	IV-52
Tabel 4. 26 Kontribusi frame dan shear wall Arah X.....	IV-52
Tabel 4. 27 Kontribusi frame dan shear wall Arah Y.....	IV-52
Tabel 4. 28 gaya geser dasar akibat beban lateral.....	IV-52

Tabel 4. 29 Kontrol gaya geser Response Spektrum	IV-53
Tabel 4. 30 recheck base shear	IV-53
Tabel 4. 31 Recheck gaya geser Response Spektrum	IV-53
Tabel 4. 32 kontribusi frame dan shear wall arah x.....	IV-53
Tabel 4. 33 Kontribusi frame dan shear wall Arah Y.....	IV-53
Tabel 4. 34 Eksentrisitas torsi bawaan Etabs 2016.....	IV-54
Tabel 4. 35 Eksentrisitas torsi bawaan Etabs 2016.....	IV-56
Tabel 4. 36 Data eksentrisitas torsi tak terduga.....	IV-58
Tabel 4. 37 Modal partisipasi mass struktur tipe 1	IV-60
Tabel 4. 38 Modal partisipasi masa struktur tipe 2.....	IV-60
Tabel 4. 39 Ketidakberaturan torsi 1a.....	IV-61
Tabel 4. 40 Ketidakberaturan torsi 1b	IV-63
Tabel 4. 41 Tabel eksentrisitas desain untuk arah-x.....	IV-65
Tabel 4. 42 Tabel eksentrisitas desain untuk arah-y.....	IV-67
Tabel 4. 43 Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} , dan A_x	IV-69
Tabel 4. 44 Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} , dan A_y	IV-70
Tabel 4. 45 Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} , dan A_x	IV-72
Tabel 4. 46 Nilai dari δ_{max} , δ_{min} , δ_{avg} , dan A_x	IV-74
Tabel 4. 47 Pengecekan Batas Ijin.....	IV-76
Tabel 4. 48 Pengecekan Batas Ijin.....	IV-78
Tabel 4. 49 Pengecekan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah X.....	IV-80
Tabel 4. 50 pengecekan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah Y	IV-82
Tabel 4. 51 pengecekan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah X	IV-84
Tabel 4. 52 pengecekan ketidakberaturan torsi 1a dan 1b arah Y	IV-86
Tabel 4. 53 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1arah X.....	IV-89
Tabel 4. 54 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1arah Y.....	IV-92
Tabel 4. 55 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1a Arah X.....	IV-95
Tabel 4. 56 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1a Arah Y.....	IV-99
Tabel 4. 57 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1b Arah X	IV-102
Tabel 4. 58 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1b Arah Y	IV-105
Tabel 4. 59 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1b Arah X	IV-108
Tabel 4. 60 pengecekan ketidakberaturan vertikal 1b Arah Y	IV-112
Tabel 4. 61 Ketidakberaturan vertikal pada struktur	IV-115
Tabel 4. 62 pengecekan Ketidakberaturan Berat	IV-115
Tabel 4. 63 pengecekan Ketidakberaturan Berat	IV-117
Tabel 4. 64 Pengecekan ketidakberaturan vertikal 5a	IV-121
Tabel 4. 65 Ketidakberaturan vertikal pada struktur	IV-122
Tabel 4. 66 Pengecekan ketidakberaturan vertikal 5b	IV-123
Tabel 4. 67 Pengecekan ketidakberaturan vertikal 5a	IV-125
Tabel 4. 68 Pengecekan ketidakberaturan vertikal 5b	IV-127
Tabel 4. 69 perbandingan perpindahan lantai	IV-128
Tabel 4. 70 perbandingan perpindahan lantai	IV-130
Tabel 4. 71 gaya geser lantai VX.....	IV-132
Tabel 4. 72 gaya geser lantai VY.....	IV-133
Tabel 4. 73 Perbandingan gaya dalam balok	IV-136
Tabel 4. 74 Perbandingan gaya dalam balok	IV-137

Tabel 4. 75 Perpindahan lateral gedung akibat beban angin	IV-138
Tabel 4. 76 Simpangan Struktur Gedung.....	IV-143
Tabel 4. 77 Pengecekan batas ijin struktur gedung	IV-145
Tabel 4. 78 Perpindahan Lantai dengan Outrigger Variasi 1	IV-148
Tabel 4. 79 Perpindahan Lantai dengan Outrigger Variasi 2	IV-150
Tabel 4. 80 Perpindahan Lantai dengan Outrigger Variasi 3	IV-152
Tabel 4. 81 gaya geser lantai Cs Desain dan Cs rata-rata.....	IV-155
Tabel 4. 82 Gaya geser lantai Cs Desain dan Cs rata-rata.....	IV-157
Tabel 4. 83 Kombinasi pembebanan untuk $\rho = 1$ dan $S_{DS} = 0,66$	IV-163
Tabel 4. 84 kelas sambungan lewatan tarik	IV-224
Tabel 4. 85 kombinasi gaya dalam kolom lantai 2	IV-227
Tabel 4. 86 kombinasi Pu-Mu kolom lantai 2	IV-231
Tabel 4. 87 Kombinasi Pu-Mu kolom lantai 3.....	IV-232
Tabel 4. 88 perhitungan M_{nc} pada joint kolom C7 lantai 2.....	IV-233
Tabel 4. 89 perhitungan M_{nb} pada joint HBK.....	IV-234
Tabel 4. 90 Perhitungan SCWB joint HBK.....	IV-235
Tabel 4. 91 Tulangan transversal untuk kolom-kolom	IV-237
Tabel 4. 92 Geometri kait standar untuk penyaluran batang ulir.....	IV-240
Tabel 4. 93 Diameter sisi dalam bengkokan minimum dan geometri	IV-241
Tabel 4. 94 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam.....	IV-243
Tabel 4. 95 Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran	IV-244
Tabel 4. 96 Panjang sambungan lewatan batang	IV-245
Tabel 4. 97 Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang	IV-246
Tabel 4. 98 Kombinasi gaya dalam kolom lantai 70	IV-296
Tabel 4. 99 Kombinasi Pu-Mu kolom lantai 71.....	IV-315
Tabel 4. 100 Kombinasi Pu-Mu kolom lantai 70.....	IV-316
Tabel 4. 101 perhitungan M_{nc} pada joint kolom	IV-316
Tabel 4. 102 batasan dimensi lebar sayap efektif.....	IV-317
Tabel 4. 103 perhitungan lebar efektif sayap Balok-T	IV-317
Tabel 4. 104 perhitungan M_{nb} pada joint HBK.....	IV-322
Tabel 4. 105 perhitungan SCWB joint HBK.....	IV-322
Tabel 4. 106 kombinasi P_u-M_u kolom lantai 71	IV-327
Tabel 4. 107 kombinasi Pu-Mu kolom lantai 70	IV-327
Tabel 4. 108 perhitungan M_{nc} pada joint kolom	IV-328
Tabel 4. 109 perhitungan SCWB joint HBK	IV-328
Tabel 4. 110 kombinasi maximum Pu-Mu kolom	IV-329
Tabel 4. 111 kombinasi maximum Pu-Mu kolom	IV-330
Tabel 4. 112 kombinasi maximum Pu-Mu kolom	IV-331
Tabel 4. 113 kombinasi maximum Pu-Mu kolom	IV-332
Tabel 4. 114 Tulangan transversal untuk kolom-kolom	IV-336
Tabel 4. 115 perhitungan M_{pr} pada kolom lantai 71	IV-337
Tabel 4. 116 Panjang penyaluran batang ulir	IV-342
Tabel 4. 117 Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang.....	IV-342
Tabel 4. 118 Panjang sambungan lewatan batang ulir.....	IV-343
Tabel 4. 119 Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang.....	IV-344
Tabel 4. 120 Kekuatan geser nominal joint V_n	IV-349

Tabel 4. 121 Ketentuan desain yang menentukan untuk segmen	IV-352
Tabel 4. 122 Faktor Panjang efektif k untuk dinding.	IV-354
Tabel 4. 123 Tulangan minimum untuk dinding dengan geser sebidang	IV-355
Tabel 4. 124 Tulangan transversal untuk kolom-kolom	IV-362
Tabel 4. 125 perbandingan luas tulangan	IV-376
Tabel 4. 126 Ratio tulangan kolom-Cs rata-rata.....	IV-381
Tabel 4. 127 luas tulangan lentur kolom.....	IV-384



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Sistem Outrigger Truss pada Bangunan Tingkat Tinggi	I-2
Gambar 1. 2 Sistem Outrigger Truss pada Bangunan Tingkat Tinggi	I-2
Gambar 2. 1 Tampak Gedung Apartemen Norrington Suites	II-1
Gambar 2. 2 Denah Semi Basement	II-1
Gambar 2. 3 Denah Lantai P1	II-2
Gambar 2. 4 Denah Lantai P2	II-2
Gambar 2. 5 Denah Lantai P3	II-2
Gambar 2. 6 Denah Lantai P4	II-3
Gambar 2. 7 Denah Lantai P5	II-3
Gambar 2. 8 Denah Lantai P6	II-3
Gambar 2. 9 Denah Lantai P7	II-4
Gambar 2. 10 Denah Lantai 5	II-4
Gambar 2. 11 Denah Lantai 6	II-4
Gambar 2. 12 Denah Lantai 7 – 11	II-5
Gambar 2. 13 Denah Lantai 12 – 15	II-5
Gambar 2. 14 Denah Lantai 16	II-6
Gambar 2. 15 Denah Lantai 17	II-6
Gambar 2. 16 Denah Lantai 18 – 22	II-6
Gambar 2. 17 Denah Lantai 23 – 28	II-7
Gambar 2. 18 Denah Lantai 29 – 32	II-7
Gambar 2. 19 Denah Dak Atap	II-7
Gambar 2. 20 Denah Crown	II-8
Gambar 2. 21 Denah Atap Crown	II-8
Gambar 2. 22 Evolusi Sistem Struktur pada Gedung Tinggi	II-12
Gambar 2. 23 Kota-kota dengan sejumlah besar bangunan tinggi	II-13
Gambar 2. 24 Jumlah bangunan di seluruh dunia	II-13
Gambar 2. 25 Type Bangunan Tinggi	II-15
Gambar 2. 26 Fungsi tunggal vs penggunaan Campuran	II-15
Gambar 2. 27 Posisi penempatan inti (core wall)	II-16
Gambar 2. 28 Bending resistance bangunan	II-17
Gambar 2. 29 Bending resistance bangunan	II-17
Gambar 2. 30 Bending resistance bangunan	II-18
Gambar 2. 31 Sistem outrigger dengan inti sentral	II-20
Gambar 2. 32 Skema struktural bangunan tinggi	II-21
Gambar 2. 33 Kinerja Sistem outrigger akibat beban lateral	II-22
Gambar 2. 34 Perbedaan antara ordinary core-frame dan Sistem core-outrigger	II-23
Gambar 2. 35 Perbedaan Diagram Moment	II-23
Gambar 2. 36 Tipikal lokasi belt-truss	II-26
Gambar 2. 37 Interaksi inti dan outrigger	II-28
Gambar 2. 38 Outrigger di inti (Core)	II-28
Gambar 2. 39 Outrigger pada puncak bangunan	II-29
Gambar 2. 40 Outrigger pada 1/4 ketinggian bangunan	II-29
Gambar 2. 41 Outrigger pada 1/2 ketinggian bangunan	II-29
Gambar 2. 42 Outrigger pada 3/4 ketinggian bangunan	II-29

Gambar 2. 43 Bentuk balok baja	II-35
Gambar 2. 44 Layout khas baja komposit dan kolom beton	II-37
Gambar 2. 45 Sambungan tipe Flush end-plate	II-38
Gambar 2. 46 kolom beton bertulang	II-40
Gambar 2. 47 Komponen rangka bresing konsentrik	II-41
Gambar 2. 48 Element pengontrol deformasi	II-44
Gambar 2. 49 Rangka daktail penahan momen lentur	II-47
Gambar 2. 50 Elemen-elemen mendasar	II-52
Gambar 2. 51 Distribusi tegangan	II-52
Gambar 2. 52 Momen, gaya geser, dan gaya aksial	II-53
Gambar 2. 53 Hasil percobaan deformasi zona panel	II-54
Gambar 2. 54 Contoh sambungan rangka	II-56
Gambar 2. 55 Skematik Perilaku Inleastic Rangka Bresing Konsentris	II-58
Gambar 2. 56 Tekuk inelastic bresing yang terjadi setelah gempa	II-58
Gambar 2. 57 Konfigurasi rangka bresing konsentris	II-60
Gambar 2. 58 Gaya yang bekerja pada balok	II-63
Gambar 2. 59 Mekanisme keruntuhan plastik	II-63
Gambar 2. 60 Perkiraan SRSS dari gaya kolom	II-65
Gambar 2. 61 Bentuk kegagalan yang tak diinginkan	II-67
Gambar 2. 62 Kekakuan buhul menunjukkan bukti leleh daktail	II-67
Gambar 2. 63 Bresing ke pelat buhul	II-68
Gambar 2. 64 Skema gaya inersia pada struktur bangunan	II-70
Gambar 2. 65 Sudut Angin	II-72
Gambar 2. 66 Menunjukkan profile angin untuk area yang berbeda	II-74
Gambar 2. 67 Respons elastis dari sistem SDOF	II-83
Gambar 2. 68 Response Spektrum elastis	II-84
Gambar 2. 69 Definisi faktor daktilitas	II-85
Gambar 2. 70 Inelastic response of an SDOF system	II-86
Gambar 2. 71 Peta Respon spectra percepatan 0,2 detik	II-88
Gambar 2. 72 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik	II-89
Gambar 2. 73 Grafik spektrum respons Desain	II-92
Gambar 2. 74 Diafragma fleksibel	II-99
Gambar 2. 75 Ketidakberaturan horizontal	II-103
Gambar 2. 76 Ketidakberaturan vertical	II-105
Gambar 2. 77 Penentuan rasio tinggi	II-107
Gambar 2. 78 Ilustrasi bidang permukaan tanah (grade plane)	II-118
Gambar 2. 79 Faktor pembesaran torsi, A_x	II-123
Gambar 2. 80 Penentuan simpangan antar tingkat	II-124
Gambar 2. 81 Kolektor	II-135
Gambar 2. 82 Perhitungan koefisien	II-137
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir	III-2
Gambar 4. 1 Peta parameter gerak tanah S_s	IV-1
Gambar 4. 2 Peta parameter gerak tanah S_I	IV-2
Gambar 4. 3 geometry tipikal struktur tipe 1 dan 2	IV-7
Gambar 4. 4 Model 3D Struktur Tipe-1 dan 2	IV-7
Gambar 4. 5 kurva response spektrum desain	IV-10

Gambar 4. 6 Model denah struktur tipe 1 (struktur komposit)	IV-88
Gambar 4. 7 Model denah struktur tipe 2 (struktur beton)	IV-88
Gambar 4. 8 Ketidakberaturan 2	IV-115
Gambar 4. 9 Model bidang elemen vertical.....	IV-119
Gambar 4. 10 Model bidang elemen vertical.....	IV-120
Gambar 4. 11 grafik perbandingan gaya geser tiap lantai arah X.....	IV-135
Gambar 4. 12 grafik perbandingan gaya geser tiap lantai arah Y.....	IV-136
Gambar 4. 13 Input beban angin arah X dan Y	IV-138
Gambar 4. 14 Grafik perpindahan struktur akibat beban angin.....	IV-140
Gambar 4. 15 Deformasi mode shape 1 struktur tipe 1	IV-141
Gambar 4. 16 Deformasi mode shape 2 struktur tipe 1	IV-141
Gambar 4. 17 Deformasi mode shape 3 struktur tipe 1	IV-142
Gambar 4. 18 Deformasi mode shape 1 struktur tipe 2	IV-142
Gambar 4. 19 Deformasi mode shape 2 struktur tipe 2	IV-142
Gambar 4. 20 Deformasi mode shape 3 struktur tipe 2	IV-143
Gambar 4. 21 Grafik perbandingan perpindahan lantai.....	IV-145
Gambar 4. 22 Grafik perbandingan perpindahan ijin lantai	IV-147
Gambar 4. 23 Variasi penempatan outrigger pada struktur tipe 1	IV-148
Gambar 4. 24 Grafik perbedaan perpindahan lantai	IV-153
Gambar 4. 25 Grafik perbedaan perpindahan lantai	IV-154
Gambar 4. 26 Grafik perpindahan lantai	IV-154
Gambar 4. 27 Grafik perpindahan lantai	IV-154
Gambar 4. 28 Grafik perbandingan gaya geser global	IV-157
Gambar 4. 29 Grafik perbandingan gaya geser global	IV-159
Gambar 4. 30 Desain Balok Anak Komposit	IV-164
Gambar 4. 32 Persyaratan Desain Kolom Beton Bertulang	IV-226
Gambar 4. 33 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 2	IV-230
Gambar 4. 34 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 3.....	IV-231
Gambar 4. 37 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 71	IV-315
Gambar 4. 38 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 70.....	IV-316
Gambar 4. 39 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 71	IV-328
Gambar 4. 40 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 71	IV-329
Gambar 4. 41 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 70.....	IV-330
Gambar 4. 42 diagram interaksi biaksial kolom P-M lantai 70.....	IV-331
Gambar 4. 45 Luas joint efektif.....	IV-350
Gambar 4. 46 Gambar Ruang Tangga Tipe 1.....	IV-369
Gambar 4. 47 Penampang Tangga Tipe 1.....	IV-370
Gambar 4. 48 Pembebanan Pada Tangga Tipe 1	IV-371