

TUGAS AKHIR

PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE *NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS*



Disusun Oleh:
STEFANUS CARITAS SONTA
1431700085

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021**

TUGAS AKHIR

PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE *NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS*

**Disusun Sebagai Syarat Meraih Gelar Sarjana Teknik (ST)
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya**



**Disusun Oleh:
STEFANUS CARITAS SONTA
1431700085**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021**

**'PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : STEFANUS CARITAS SONTO
NIM : 1431700085
Program studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul : Penelitian Kinerja Struktur Gedung Atrium
Residence Surabaya Dengan Metode *Non-Linear
Time History Analysis*

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc.
NPP 20430150644


Mengetahui:

Dekan Fakultas
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Faradlillah Saves, ST., MT
NPP. 0707.10.9101

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Stefanus Caritas Sonto
NBI : 1431700085
Alamat : Jln. Kejawan Putih Tambak No. 201
Telepon/HP : 0812-4637-1605

Menyatakan bahwa “TUGAS AKHIR” yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata (S1) Teknik Sipil – Program Sarjana – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul:

“PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE *NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS*”

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila dikemudian hari klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing dan atau pengelola program, tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi, sesuai dengan hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa paksaan dari siapapun.

Surabaya 17 Januari 2022



Stefanus Caritas Sonto



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN Jl.
SEMOLOWARU 45
SURABAYA TELP. 031 593
1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Stefanus Caritas Sonto
NBI/ NPM : 1431700085
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya : Skripsi/ ~~Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/ Praktek*~~

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya *Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)*, atas karya saya yang berjudul:

**“PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM
RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE *NON-LINEAR
TIME HISTORY ANALYSIS*”**

Dengan *Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)*, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 17 Januari 2022

Yang Menandatangani

(Stefanus Caritas Sonto)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penelitian Kinerja Struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya dengan Metode *Non-Linear Time History Analysis*”.

Tugas Akhir ini telah disusun dengan maksimal dan penulis mendapatkan bantuan dari berbagai referensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya, sehingga dapat memperlancar pembuatan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka, penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar dapat memperbaiki Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa orang yang sangat berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini di antara :

1. Orang tua tercinta (Bapak Alysius dan Ibu Yudith) dan adik-adik tercinta serta keluarga tercinta dari penulis yang senantiasa memberikan dukungan, doa serta suport dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Nurul Rochmah, ST.,MT.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan bimbingan dan arahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Ibu Faradillah Saves, ST, MT Selaku ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustustus 1945 surabaya.
4. Dr. Ir. Sajyo, M.Kes selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustustus 1945 surabaya.
5. Bapak Dr. Mulyanto Nugroho, MM. CMA., CPA selaku Rektor Universitas 17 Agustustus 1945 surabaya.
6. Bapak dan Ibu Dosen Prodi Teknik Sipil yang telah memberikan Ilmu dan pengetahuan dalam proses belajar penulis.

7. Bapak Dr. Yudha Lesmana yang memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Nydia Yuliana Akse yang membantu, memberikan semangat dan dukungan pada proses penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan sesama mahasiswa Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya terutama Angkatan 2017 yang selalu memberikan dukungan serta bantuan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Terima kasih penulis ucapkan bagi semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Dengan bantuan beliau penulis mendapatkan pengarahan maupun bimbingan dalam proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Surabaya, 17 Januari 2022

Penulis

**PENELITIAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG ATRIVM
RESIDENCE SURABAYA DENGAN METODE *NON-LINEAR
TIME HISTORY ANALYSIS***

Nama : Stefanus Caritas Sonto
NBI : 1431700085
Dosen Pembimbing : Nurul Rochmah, ST.,MT.,M.Sc

ABSTRAK

Gedung bertingkat pada dasarnya bertujuan untuk mengatasi masalah ketersediaan lahan yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Untuk mendirikan Gedung bertingkat yang kokoh dan aman, perlu meninjau perilaku struktur akibat Gempa Bumi. Hal ini sangat penting karena menyangkut keselamatan pengguna dan meminimalisir kerugian harta benda (*economic loss*) paska terjadinya gempa.

Pada SNI 1726–2019, Gedung bertingkat berjumlah 10 lantai ke atas, perlu ditinjau berdasarkan pengaruh Beban Gempa Dinamis yaitu Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*). Gedung Atrivm Residence Surabaya itu sendiri terdiri atas 23 Lantai, yang perencanaan strukturnya berdasarkan SNI 1726–2012, SNI 2847–2013, dan SNI 1727–2013. Sehingga pada penelitian ini, Gedung Atrivm Residence Surabaya dianalisis kembali berdasarkan SNI terbaru yaitu SNI 1726–2019, SNI 2847–2018, dan SNI 1727–2018 yang menitikberatkan pada elemen struktur utama yaitu Balok, Kolom dan Dinding Geser. Tujuan analisa tersebut adalah mengetahui kapasitas kekuatan elemen utama struktur dan hasil kinerja struktur dengan metode *Non-Linear Time History Analysis*.

Hasil analisis tulangan Balok, Kolom dan Dinding Geser berdasarkan SNI 2847–2019 menunjukkan bahwa struktur Gedung Atrivm Residence Surabaya memenuhi persyaratan. Sementara itu, hasil evaluasi kinerja struktur Gedung diperoleh nilai *Maximum Drift Story* 0.0063 pada arah X dan 0.0051 pada arah Y. Berdasarkan nilai tersebut, Gedung Atrivm Residence Surabaya dikategorikan pada *Performance Level IO (Immediate Occupancy)*, dan memenuhi persyaratan keamanan.

Kata Kunci: *Evaluasi Kinerja, SNI 1726–2019, SNI 2847–2019, Time History Analysis*

**THE PERFORMANCE RESEARCH OF ATRIVM RESIDENCE
SURABAYA BUILDING STRUCTURE WITH NON-LINIER TIME
HISTORY ANALYSIS METHOD**

Student Name : Stefanus Caritas Sonto
NBI : 1431700085
Mentor : Nurul Rochmah, ST.,MT.,M.Sc

ABSTRACT

Multi-storey buildings basically aim to address the problem of land availability caused by growing population growth. To establish a sturdy and safe multi-storey building, it is necessary to review the behavior of structures due to earthquakes. This is very important because it concerns the safety of users and minimizes property losses (economic loss) after the earthquake.

Based on SNI 1726-2019, multi-storey buildings totaling more than 10 floors, need to be reviewed based on the influence of Dynamic Earthquake Force using Time History Analysis. Atrivm Residence Surabaya building itself consists of 23 floors, whose structural planning is based on SNI 1726–2012, SNI 2847–2013, and SNI 1727–2013. So in this study, Atrivm Residence Surabaya Building will analyzed again based on the latest SNI, consist of SNI 1726–2019, SNI 2847–2018, dan SNI 1727–2018 which focuses on the main structural elements, namely Beams, Columns and Shearwalls. The purpose of the analysis is to determine the strength capacity of the main elements of the structure and the performance results of the structure with the Non-Linear Time History Analysis Method.

The results of the analysis of beams, columns and Shearwall based on SNI 2847-2019 showed that the structure of Atrivm Residence Surabaya Building meets the requirements. Meanwhile, the results of the evaluation of the performance of the structure of the Atrivm Residence Building with the Non-Linear Time History Analysis method obtained a Maximum Drift Story value 0.0063 m In X direction and 0.0051 m In Y direction. Based on these values, Atrivm Residence Surabaya Building is categorized at Performance Level IO (Immediate Occupancy), and meets security requirements.

*Keywords: Performance Evaluation, SNI 1726–2019, SNI 2847–2019,
Non-Linear Time History Analysis, Atrivm Residence Surabaya*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Konsep <i>Performance Based Seismic Design</i>	7
2.2.1. <i>Earthquake Hazard Level</i>	8
2.2.2. <i>Building Performance Level</i>	8
2.3 Struktur Beton Bertulang	9
2.3.1. Sejarah Beton	9
2.3.2. Komponen Struktur Beton Bertulang	10
2.3.3. Jenis Beton.....	13
2.3.4. Kelebihan dan Kekurangan Beton	13
2.4 Gempa Bumi	14
2.4.1. Pengertian Gempa Bumi.....	14
2.4.2. Penyebab Terjadinya Gempa Bumi	14
2.4.3. Teori Lempeng	15
2.5 Jalur Gempa Bumi	17
2.5.1. Semen	18
2.5.2. Gelombang Permukaan (<i>Surface Wave</i>).....	18
2.5.3. Mengukur Besaran Skala Gempa	19
2.6 Metode Analisa Gaya Gempa	20

2.6.1. Analisa Statik	21
2.6.2. Analisa Dinamik	21
2.7 Analisis Level Kinerja Dinamik Non-Linear Time History Analysis	23
2.7.1. Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode ATC-40.....	23
2.7.2. Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode FEMA 365	26
2.7.3. Prosedur <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	29
2.8 Klasifikasi Struktur Berdasarkan Desain Tingkat Daktailitas	32
2.9 Kriteria Desain Bangunan Tahan Gempa	33
2.10 Perhitungan Pembebanan	35
2.10.1. Beban Gempa.....	35
2.10.2. Beban Mati.....	35
2.10.3. Beban Hidup	36
2.10.4. Beban Angin	37
2.10.5. Kombinasi Pembebanan.....	45
2.11 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Tahan Gempa	45
2.12 Analisis Sistem Ganda (Dual System)	52
2.12.1 Dinding Geser	52
2.12.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	53
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	63
3.1 Diagram Alir (Flow Chart)	63
3.2 Pengumpulan Data	65
3.3 Studi Literatur	68
3.4 Perhitungan Pembebanan	68
3.4.1. Beban Mati	68
3.4.2. Beban Hidup.....	68
3.4.3. Beban Angin.....	69
3.4.4. Beban Gempa	69
3.5 Permodelan Struktur	79
3.6 Analisa Kontrol Simpangan.....	71
3.7 Cek Kapasitas Tulangan (SNI 2847:2019)	71
3.8 Analisa Tulangan Sistem Ganda.....	71
3.9 Analisa Level Kinerja <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	71
3.10 Hasil dan Kesimpulan.....	72
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
4.1. Deskripsi Bangunan.....	73
4.2. Mutu Material	74
4.3. Data Struktural Gedung	76
4.4. Perhitungan Beban Struktur.....	78

4.5. Permodelan Struktur Pada ETABS	90
4.6. Input Beban.....	98
4.6.1. Beban Mati.....	98
4.6.2. Beban Hidup	99
4.6.3. Beban Angin	100
4.6.4. Beban Gempa.....	102
4.6.5. Kombinasi	104
4.7. <i>Running Processes</i> dan Kontrol Simpangan.....	105
4.7.1. Menentukan Posisi CR dan CM.....	106
4.7.2. Estimasi Periode Struktur.....	108
4.7.3. Gaya Geser Dinamis	109
4.7.4. Partisipasi Massa (Mass Ratio)	112
4.7.5. Kontrol Perpindahan (Displacement).....	113
4.7.6. Pengaruh P-Delta	120
4.7.7. Kontrol Tulangan Penampang.....	131
4.8. Permodelan Gempa <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	190
4.8.1. Proses Pencarian Data Ground Motion	192
4.8.2. Proses <i>Spectra Matching</i>	200
4.8.3. Persiapan <i>Ground Motion</i>	205
4.9. Input Beban Gempa <i>Time History Analysis</i> Pada ETABS.....	206
4.9.1. Permodelan Tulangan Struktur	206
4.9.2. Input Grafik <i>Ground Motion</i> yang Sudah Di- <i>Matching</i>	206
4.9.3. Mendefinisikan <i>Load Case</i>	208
4.9.4. Mendefinisikan <i>Hinges</i> pada Balok dan Kolom	211
4.9.5. <i>Running Analysis Nonlinear Time History</i>	213
4.10. Analisa Level Kinerja <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	214
4.10.1. <i>Base Shear Reaction</i>	214
4.10.2. <i>Drift Story</i>	217
4.10.3. Sendi Plastis	217
4.11. Evaluasi Level Kinerja Struktur Non-Linear Time History Analysis berdasarkan ATC-40	218
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	221
5.1. Kesimpulan	221
5.2. Saran	222
DAFTAR PUSTAKA	223
LAMPIRAN.....	225

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Level Kinerja Struktur	25
Tabel 2.2. Macam-macam Data <i>Ground Motion</i>	30
Tabel 2.3. Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	36
Tabel 2.4. Kategori Resiko Bangunan dan Struktur Lainnya.....	37
Tabel 2.5. Faktor Arah Angin.....	39
Tabel 2.6. Faktor Topografi.....	40
Tabel 2.7. Koefisien Tekanan Internal	41
Tabel 2.8. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas	42
Tabel 2.9. Konstanta Eksposur Daratan	43
Tabel 2.10. Klasifikasi Situs.....	45
Tabel 2.11. Koefisien Situs, F_a Untuk Menentukan S_s	46
Tabel 2.12. Kategori Lokasi F_v untuk Menentukan Nilai S_1	47
Tabel 2.13. Kategori Resiko Bangunan Gedung & Struktur Lainnya.....	48
Tabel 2.14. Faktor Keutamaan Gempa.....	50
Tabel 2.15. KDS berdasarkan Parameter RS pd Periode Pendek.....	50
Tabel 2.16. KDS Berdasarkan Parameter RS pd Periode 1 detik.....	51
Tabel 2.17. Kategori Desain Seismik (KDs) dan Resiko Kegempaan	51
Tabel 2.18. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	52
Tabel 3.1. Simpangan antar Tingkat Izin	70
Tabel 4.1. Tipe dan Dimensi Kolom	74
Tabel 4.2. Dimensi Balok Utama	74
Tabel 4.3. Dimensi Balok Anak	75
Tabel 4.4. Tebal Pelat.....	75
Tabel 4.5. Tebal Dinding Geser.....	75
Tabel 4.6. Beban Distribusi pada Struktur Balok.....	78
Tabel 4.7. Koefisien Tekanan Eksternal.....	79
Tabel 4.8. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya	80
Tabel 4.9. Faktor Keutamaan Gempa.....	81
Tabel 4.10. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode Pendek	84
Tabel 4.11. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode 1,0 detik	84
Tabel 4.12. Data Respon Spektrum Desain.....	85
Tabel 4.12. Data Respon Spektrum Desain (Lanjutan)	86
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan CR dan CM pada ETABS	107
Tabel 4.14. Periode Fundamental Struktur pada ETABS.....	108
Tabel 4.15. Rekapitulasi Koefisien Respon Seismik (C_s)	109
Tabel 4.16. Berat struktur didapatkan dari Base Reaction F_z	110

Tabel 4.17. Hasil <i>Output</i> Gaya Geser Dinamis (<i>Base Reaction</i>).....	111
Tabel 4.18. Hasil <i>Output Base Reaction</i> setelah dikali Faktor Pembesaran.....	112
Tabel 4.19. Hasil <i>Output</i> Partisipasi Massa.....	113
Tabel 4.20. Hasil <i>Output Joint Displacement</i> pada Arah X.....	114
Tabel 4.21. Perbandingan Simpangan dan Defleksi Arah X.....	116
Tabel 4.22. Hasil <i>Output Joint Displacement</i> pada Arah Y.....	117
Tabel 4.23. Perbandingan Simpangan dan Defleksi Arah Y.....	119
Tabel 4.24. Hasil Rekapitulasi Beban P Horizontal.....	123
Tabel 4.25. Hasil Rekapitulasi V_x Beban Lateral Respon Spektra X.....	124
Tabel 4.26. Hasil Rekapitulasi V_y Beban Lateral Respon Spektra Y.....	125
Tabel 4.27. Tabel Rekapitulasi Perhitungan P-Delta arah X.....	128
Tabel 4.28. Tabel Rekapitulasi Perhitungan P-Delta arah Y.....	130
Tabel 4.29. Gaya Dalam pada Kolom K_{10}	156
Tabel 4.30. Hasil analisa <i>SpColumn</i> yang sudah Memenuhi Syarat.....	159
Tabel 4.31. <i>Ground Motion</i> untuk <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	168
Tabel 4.32. Hasil Momen Kapasitas Kolom dari <i>SpColumn</i> ($1,25f_y$).....	171
Tabel 4.33. Hasil Kapasitas <i>Pier Force</i> Dinding Geser.....	184
Tabel 4.34. <i>Ground Motion</i> untuk <i>Non-Linear Time History Analysis</i>	191
Tabel 4.35. Hasil perhitungan <i>Participating Modal Ratio</i> pada ETABS.....	204
Tabel 4.36. Hasil Analisa <i>Base Shear Nonlinear Time History</i>	216
Tabel 4.37. Kesimpulan Perhitungan <i>Drift Story</i> setiap <i>Ground Motion</i>	217
Tabel 4.38. Simpangan Antar Tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$	218
Tabel 4.39. Batasan Kinerja Struktur.....	218
Tabel 4.40. Level Kinerja Struktur Gedung Arah X Berdasarkan ATC-40.....	320
Tabel 4.41. Level Kinerja Struktur Gedung Arah Y Berdasarkan ATC-40.....	220
Tabel 5.1. Dimensi dan Penulangan Komponen Struktur	221

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme Keruntuhan Ideal	12
Gambar 2.2. Batas Pergerakan Lempeng.....	16
Gambar 2.3. Pergerakan Lempeng Bumi	17
Gambar 2.4. Jalur Gempa Bumi Dunia	18
Gambar 2.5. Gelombang Seismik	19
Gambar 2.6. Grafik Perhitungan Skala Richter	20
Gambar 2.7. Tipikal Kurva Kapasitas	24
Gambar 2.8. Ilustrasi Perancangan Berbasis Kinerja	24
Gambar 2.9a Kurva Kapasitas	26
Gambar 2.9b Spektrum Kapasitas	26
Gambar 2.10. Derajat Keruntuhan.....	27
Gambar 2.11. Kurva Hubungan Gaya, Perpindahan & Sendi Plastis.....	28
Gambar 2.12. Sendi Plastis.....	34
Gambar 2.13. Mekanisme Keruntuhan Lokal & Global.....	35
Gambar 2.14. Koefisien Tekanan Eksternal	44
Gambar 2.15. Senggang Tertutup saling Tumpuk & Pengikat Silang.....	55
Gambar 2.16. Variasi Nilai ϕ terhadap Nilai Regangan Tulangan Tarik Baja	56
Gambar 2.17. Konsep Kolom Kuat Balok Lemah.....	58
Gambar 2.18. Tulangan Transversal pada Kolom	60
Gambar 2.19. Luas <i>Joint</i> Efektif.....	62
Gambar 3.1. Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>).....	63
Gambar 3.2. Peta Lokasi Gedung Atrivm Residence Surabaya	65
Gambar 3.3. Denah GF Gedung Atrivm Residence Surabaya.....	66
Gambar 3.4. Permodelan Gedung pada ETABS 2018.....	67
Gambar 3.5. Penentuan Simpangan Antar Tingkat	70
Gambar 4.1. Grafik Hasil Sondir Mekanis dan Uji SPT	81
Gambar 4.2. Spektrum Respon Desain.....	83
Gambar 4.3. Grafik Spektral Percepatan Gedung Atrivm Residence Surabaya..	87
Gambar 4.4. Permodelan Struktur ETABS 18 Step 1.....	90
Gambar 4.5. Permodelan Grid Struktur ETABS 18 Step 2	90
Gambar 4.6. Permodelan Material Beton Struktur ETABS 18 Step 3.....	91
Gambar 4.7. Permodelan <i>Frame Propertise</i> Kolom ETABS 18 Step 4	93
Gambar 4.8. Hasil Permodelan Struktur ETABS 18 Step 5	95
Gambar 4.9. Permodelan Diafragma Struktur ETABS 18 Step 6.....	96
Gambar 4.10. Permodelan <i>Load Pattern</i> Struktur ETABS 18 Step 7	97
Gambar 4.11. Permodelan <i>Mass Source</i> Struktur ETABS 18 Step 8	98

Gambar 4.12. Distribusi Beban Mati pada Balok Struktur ETABS 18	99
Gambar 4.13. Distribusi Beban Mati pada Pelat Struktur ETABS 18.....	99
Gambar 4.14. Distribusi Beban Hidup pada Pelat Struktur ETABS 18	100
Gambar 4.15. Mendefinisikan Load Pattern Beban Angin.....	100
Gambar 4.16. Memasukan Parameter Beban Angin.....	101
Gambar 4.17. <i>Assign</i> Beban Angin pada Struktur	101
Gambar 4.18. Proses Pengambilan Percepatan RS pada RSA 2019.....	102
Gambar 4.19. Permodelan Fungsi Respon Spektrum pada ETABS 18.....	103
Gambar 4.20. Permodelan Gempa Respon Spektrum arah X.....	103
Gambar 4.21. Permodelan Gempa Respon Spektrum arah Y.....	103
Gambar 4.22. Permodelan <i>Load Combination</i> pada ETABS	104
Gambar 4.23. Memilih <i>Degree Of Freedom</i> untuk Proses Running	105
Gambar 4.24. Mengatur <i>Load Case</i> untuk Analisis Struktur ETABS	105
Gambar 4.25. Proses <i>Running Analysis Complete</i>	106
Gambar 4.26. Tampilan Visual Posisi CR dan CM pada ETABS.....	106
Gambar 4.27. Proses Memperoleh Nilai Berat Total Struktur pada ETABS	110
Gambar 4.28. Input Faktor Skala Gempa pada <i>Load Case Respon Spktrum</i>	112
Gambar 4.29. Menentukan P-Delta pada ETABS 2018	120
Gambar 4.30. Mendefinisikan Group Kolom dan Joint satu Grup	120
Gambar 4.31. Mendefinisikan Group kedalam <i>Section Cut</i>	121
Gambar 4.32. Mendefinisikan <i>Load Combination</i> Beban Services.....	121
Gambar 4.33. <i>Show Tables Load Combination</i> untuk menentukan nilai P	122
Gambar 4.34. Hasil Nilai P dari Output ETABS 2018	122
Gambar 4.35. Hasil Nilai Vx dari Output ETABS 2018	123
Gambar 4.36. Output Gaya dalam Balok pada ETABS (B6_40.70)	131
Gambar 4.37. Dimensi dan Penulangan Balok B6_40.70	131
Gambar 4.38. Tinggi Efektif Balok B6_40.70 Tulangan 3 Lapis.....	132
Gambar 4.39. Dimensi dan Penulangan Balok B6_40.70	136
Gambar 4.40. Analisa Momen Positif pada Balok B6_40.70.....	136
Gambar 4.41. Kondisi Balok B6_40.70 saat Pengaruh Gempa Kiri	137
Gambar 4.42. Tinggi Efektif Balok B6_40.70 Tulangan 2 Lapis.....	138
Gambar 4.43. Kondisi Balok B6_40.70 saat Pengaruh Gempa Kanan	139
Gambar 4.44. Tinggi Efektif Balok B6_40.70 Tulangan 3 Lapis.....	140
Gambar 4.45. Layout Balok untuk Analisa Beban Segitiga	146
Gambar 4.46. Beban segitiga pada Balok Balok B6_40.70.....	146
Gambar 4.47. Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi	148
Gambar 4.48. Gaya Geser Akibat Beban Gempa Kiri-Kanan	149
Gambar 4.49. Gaya Geser Akibat Beban Gempa Kanan-Kiri.....	150

Gambar 4.50. Gaya Geser Gravitasi + Gempa (Kiri-Kanan)	151
Gambar 4.51. Gaya Geser Gravitasi + Gempa (Kanan-Kiri).....	152
Gambar 4.52. Perhitungan Kolom SRPMK.....	154
Gambar 4.53. Konfigurasi Dimensi dan Penulangan Kolom dan Balok	155
Gambar 4.54. Material Propertise pada <i>Software SpColumn</i>	157
Gambar 4.55. Proses Input Beban Ultimate dan Tulangan Kolom.....	157
Gambar 4.56. Hasil Analisa Kolom Akibat Beban Ultimate.....	158
Gambar 4.57. Pengecekan Syarat <i>Strong Column-Weak Beam</i>	160
Gambar 4.58. Skema Perhitungan Kapasitas Balok Arah – X	160
Gambar 4.59. Skema Perhitungan Kapasitas Balok Arah – Y	164
Gambar 4.60. Skema Analisis <i>Strong Column – Weak Beam</i>	167
Gambar 4.61. Skema Analisis <i>Strong Column – Weak Beam</i> arah X.....	169
Gambar 4.62. Skema Analisis <i>Strong Column – Weak Beam</i> arah Y	170
Gambar 4.63. Momen Kapasitas Kolom (1,25fy) pada SpColumn.....	171
Gambar 4.64. Momen Ujung (Mpr) pada Kolom (1,25fy).....	172
Gambar 4.65. Skema Perhitungan Kapasitas Balok Arah – X	173
Gambar 4.66. Skema Perhitungan Kapasitas Balok Arah – Y	176
Gambar 4.67. Gaya Geser pada Analisa struktur ETABS V_u -ETABS	179
Gambar 4.68. Gaya Geser pada Kolom (K1 dan K2).....	181
Gambar 4.69. Konfigurasi Dimensi dan Penulangan Dinding Geser	183
Gambar 4.70. Tulangan Longitudinal Dinding Geser	183
Gambar 4.71. Material Propertise pada <i>Software SpColumn</i> Dinding Geser	187
Gambar 4.72. Permodelan Dinding Geser <i>Software SpColumn</i> Dinding Geser..	187
Gambar 4.73. Proses Input Beban <i>Ultimate</i> Dinding Geser	188
Gambar 4.74. Diagram Interaksi Dinding Geser	189
Gambar 4.75. Tulangan Longitudinal pada Dinding Geser.....	189
Gambar 4.76. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 1	192
Gambar 4.77. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 2	193
Gambar 4.78. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 3	194
Gambar 4.79. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 4	194
Gambar 4.80. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 5	195
Gambar 4.81. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 6	195
Gambar 4.82. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 7	196
Gambar 4.83. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 8	196
Gambar 4.84. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 9	197
Gambar 4.85. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 10	197
Gambar 4.86. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 11	198
Gambar 4.87. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 12	198

Gambar 4.89. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 13	199
Gambar 4.90. Menentukan <i>Ground Motion</i> Step 14	200
Gambar 4.91. Proses Penyesuaian Spektral <i>Ground Motion</i> Step 1.....	201
Gambar 4.92. Proses Penyesuaian Spektral <i>Ground Motion</i> Step 2.....	201
Gambar 4.93. Proses Penyesuaian Spektral <i>Ground Motion</i> Step 3.....	202
Gambar 4.94. <i>Spectra (ERS)</i> sebelum <i>matching</i> Step 4	202
Gambar 4.95. Hasil Matching <i>Ground Motion</i> pada Seismomatch Step 4.....	205
Gambar 4.96. Permodelan Tulangan Kolom K8_70.140	206
Gambar 4.97. <i>Input Ground Motion</i> pada ETABS.....	207
Gambar 4.98. <i>Input Load Case GRAVITY</i> pada ETABS.....	208
Gambar 4.99. Mengatur <i>Result Saved</i> pada ETABS	208
Gambar 4.100. <i>Load Case Non-Linear Time History</i> pada ETABS.....	210
Gambar 4.101. <i>Load Case</i> beban <i>Time History</i> yang digunakan	211
Gambar 4.102. Mendefinisikan Hinges Pada Balok <i>Nonlinear Time History</i>	211
Gambar 4.103. Mendefinisikan Hinges Pada Kolom <i>Nonlinear Time</i>	212
Gambar 4.104. Input Hinges Overwrites pada <i>Nonlinear Time History</i>	212
Gambar 4.105. <i>Set Load Case to Run Nonlinear Time History Analysis</i>	213
Gambar 4.106. <i>Analysis Complete</i> Pada ETABS	213
Gambar 4.107. Hasil <i>Plot Function</i> pada ETABS.....	214
Gambar 4.108 Hasil <i>Plot Base Shear</i> dan <i>Joint Displacemen</i>	214
Gambar 4.109. <i>Plot Base Shear Reaction TH Chi–Chi Taiwan X Direciton</i>	215

DAFTAR NOTASI

As	= Luasan tulangan tarik
A's	= Luasan tulangan tekan
Beff	= Redaman Efektif (%)
Cd	= Faktor pembesaran defleksi
Cs	= Koefisien respon seismik
Cvx	= Faktor distribusi vertical
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tekan (mm)
DL	= Beban Mati
Dt	= Nilai perpindahan maksimal
Fa	= Koefisien Situs berdasarkan nilai Sa
Fv	= Koefisien Situs berdasarkan nilai S1
Fx	= Gaya gempa arah x
Fy	= Gaya gempa arah y
fy	= Tegangan leleh
f'c	= Kuat tekan beton (Mpa)
g	= Nilai gravitasi (9,8 m/s ²)
hx	= Tinggi tiap lantai
Ie	= Faktor Keutamaan gempa
KDS	= Kategori desain seismik
LL	= Beban Hidup
Ln	= Panjang bentang bersih balok atau kolom
Mu	= Momen Ultimate balok atau kolom
Pu	= Beban aksial kolom
Qu	= Beban Ultimate
R	= Koefisien modifikasi respons
s	= Jarak spasi tulangan (mm)
S1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
Sa	= Repon spectra percepatan
SD1	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik
SDS	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek
SF	= Faktor skala

S_{m1}	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode 1 detik yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{ms}	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
SS	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
T_a	= Periode fundamental pendekatan
T_{eff}	= Periode Fundamental Efektif (s)
V_x	= Gaya geser seismik desain di tingkat x
V_{tx}	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik x
V_{ty}	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik y
V_u	= Beban geser kolom
V_x	= Nilai gaya geser dasar
W	= Berat
Δ	= Simpangan antar lantai
Δ_a	= Simpangan antar lantai tingkat ijin
δ_t	= Target perpindahan
δ_x	= Defleksi pusat massa yang ditingkatkan
δ_{xe}	= Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan (mm)
ρ	= Faktor rebundansi
Ω_0	= Faktor kuat lebih
\emptyset	= Faktor reduksi (berdasarkan SNI)