

TUGAS AKHIR

**STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN *VOZA OFFICE TOWER* SURABAYA
GUNA ALIH FUNGSI BANGUNAN**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD IMRON SHIDIQ

NBI : 1431800019

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

2023

TUGAS AKHIR
STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN *VOZA OFFICE* TOWER SURABAYA
GUNA ALIH FUNGSI BANGUNAN

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



Disusun Oleh :

MUHAMMAD IMRON SHIDIQ
1431800019

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2023

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Imron Shidiq
NBI : 1431800019
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Studi Perilaku Kinerja Struktur Gedung Perkantoran
Voza Office Tower Surabaya Guna Alih Fungsi
Bangunan

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing



Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.
NPP: 20430.14.0626

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Dr. Ir. Sajjvo, M. Kes, IPU., ASEAN Eng.
NPP: 20410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Faradlillah Saves, S.T., M.T.
NPP: 20430.15.0674

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN KESETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Imron Shidiq

NBI : 1431800019

Alamat : Jl. Kalibokor Gg. Buntu No 17 Pucang Sewu, Surabaya

Telepon : 0823-3451-9016

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

**“STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN
VOZA OFFICE TOWER SURABAYA GUNA ALIH FUNGSI BANGUNAN”**

Adalah hasil karya saya sendiri, dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila dikemudian hari klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing 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, 12 Juni 2023
Yang menyatakan,



Muhammad Imron Shidiq



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 : Muhammad Imron Shidiq
NBI : 1431800019
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya : Skripsi/ ~~Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/ Praktek*~~

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

**Studi Perilaku Kinerja Struktur Gedung Perkantoran Voza Office Tower
Surabaya Guna Alih Fungsi Bangunan**

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 : 12 Juni 2023

Surabaya, 12 Juni 2023
Yang menyatakan,



Muhammad Imron Shidiq

*Coret yang tidak perlu

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil' alamin, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Studi Perilaku Kinerja Struktur Gedung Perkantoran Voza Office Tower Surabaya Guna Alih Fungsi Bangunan”** dapat selesai dengan lancar dan tepat pada waktunya.

Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membimbing kita ke jalan yang diridhoi-Nya.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril dan materiil sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan semangat, dorongan dan semangat serta mendoakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Mulyanto Nugroho, MM, CMA. CPA, selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Bapak Dr. Ir.Sajiyo, M.Kes. IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Ibu Faradlillah Saves, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Ibu Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Dalam Penulisan Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah banyak memberikan pengetahuan, bimbingan, dan arahan selama mengikuti pendidikan.
7. Sahabat-sahabatku Para Petarung yang telah memberikan semangat, masukan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya khususnya angkatan 2018 yang telah banyak memberikan dukungan dan membantu untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Terima kasih penulis ucapkan bagi semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih ada kekurangan didalamnya karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir. Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, 12 Juni 2023

Muhammad Imron Shidiq

STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN *VOZA OFFICE TOWER* SURABAYA GUNA ALIH FUNGSI BANGUNAN

Nama : Muhammad Imron Shidiq
NBI : 1431800019
Dosen Pembimbing : Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.

ABSTRAK

Meningkatnya jumlah penduduk bersamaan dengan pesatnya perekonomian terutama dari segi aktivitas pelaku bisnis yang memerlukan pembangunan gedung perkantoran. Dalam usaha mengefisiensi ruang dengan fungsi yang baru, Gedung Perkantoran *Voza Office Tower* berinisiatif memanfaatkan dua lantai pada bangunan untuk dialih fungsikan menjadi *Multifunction Hall* atau Ruang Pertemuan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kekuatan elemen struktur balok, kolom, pelat, simpangan antar tingkat dan kinerja struktur gedung setelah perubahan nilai beban hidup pada bangunan yang ditinjau dari perubahan fungsi bangunan. Berkaitan dengan hal tersebut desain pembebanan lantai dengan beban hidup 240 kg/m^2 berubah menjadi 479 kg/m^2 untuk Ruang Pertemuan. Dengan perubahan tersebut, perhitungan dari kekuatan elemen struktur ditinjau ulang dengan SNI 2847:2019, desain bangunan tahan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019 dan analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) untuk meninjau perilaku kinerja struktur gedung. Tinjauan *displacement* dari hasil analisis, diperoleh simpangan antar lantai terbesar 62,2 mm dan tidak melebihi simpangan yang diijinkan yaitu 76 mm. Untuk hasil analisis pushover dengan menggunakan ATC-40 dapat diketahui level kinerja struktur gedung kategori *Damage Control* untuk arah X dan *Immediate Occupancy* untuk arah Y dengan nilai maksimum total drift sebesar $0,01 < 0,01419 < 0,02$. Struktur tidak mengalami kerusakan dan bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi.

Keywords: Kinerja Struktur, Periode Struktur, Simpangan Antar Lantai, Analisis Pushover.

BEHAVIORAL STUDY ON THE PERFORMANCE OF VOZA OFFICE TOWER SURABAYA OFFICE BUILDING STRUCTURES FOR THE TRANSFER OF BUILDING FUNCTIONS

Student Name : Muhammad Imron Shidiq
NBI : 1431800019
Supervisor : Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.

ABSTRACT

The increase in population coincides with the rapid economy, especially in terms of the activities of businesspeople who require the construction of office buildings. To streamline space with new functions, the Voza Office Tower Office Building took the initiative to utilize two floors in the building to be converted into a Multifunction Hall or Meeting Room. The purpose of this study was to analyze the strength of the structural elements of beams, columns, slabs, drift between stories and the performance of the building structure after changes in the value of live load on the building in terms of the building change function. In this regard, the floor loading design with a live load of 240 kg/m² changed to 479 kg/m² for the Meeting Room. With these changes, the calculation of the strength of structural elements is reviewed with SNI 2847: 2019, earthquake resistant building design in accordance with SNI 1726: 2019 and nonlinear static analysis (pushover analysis) to review the performance behavior of building structures. Displacement In view of the results of the analysis, the largest deviation between floors is 62.2 mm and does not exceed the allowable deviation of 76 mm. For the results of pushover analysis using ATC-40, it is known that the performance level of building structures in the Damage Control category for the X direction and Immediate Occupancy for the Y direction with a maximum total drift value of $0.01 < 0.01419 < 0.02$. The structure was not damaged, and the building was still able to withstand the earthquake that occurred.

Keywords: Structural Performance, Structure Period, Floor Drift, Pushover Analysis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Perencanaan Pembebanan	8
2.2.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	8
2.2.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	9
2.2.3 Beban Angin (<i>Wind Load</i>)	10
2.2.4 Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	13
2.2.1.1 Ketentuan Umum Beban Gempa.....	13
2.2.1.2 Gempa Statik Ekuivalen (EQ).....	24
2.2.1.3 Perbedaan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.....	26
2.2.5 Kombinasi Pembebanan.....	28
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	29
2.3.1 Persyaratan Balok SRPMK	30
2.3.2 Persyaratan Kolom SRPMK.....	31
2.4 Kontrol Analisis	32
2.5 Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja	34
2.6 Sendi Plastis (<i>Hinge</i>).....	35
2.7 Analisis Kinerja Struktur.....	36
2.7.1 Analisis Level Kinerja Statik <i>Nonlinear Pushover</i> Menggunakan Metode <i>ATC- 40</i>	37

2.7.1.1	Metode <i>Capacity Spectrum Method</i> Prosedur B	40
2.7.1.1.1	<i>Acceleration-Displacement Response Spectrum</i> (ADRS).....	41
2.7.1.1.2	Kurva Kapasitas	42
2.7.1.1.3	<i>Demand Spectrum</i>	43
2.7.1.2	<i>Perfomance Point</i> (Titik Kinerja).....	44
2.7.1.3	Batasan deformasi	45
2.7.2	Level Kinerja Struktur.....	45
2.8	Perkuatan Pada Struktur Beton Bertulang.....	49
2.8.1	CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>)	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		53
3.1	Umum.....	53
3.2	Diagram Alir Penelitian	53
3.3	Studi Literatur	55
3.4	Pengumpulan Data	55
3.5	Penentuan Kriteria Desain.....	57
3.6	Analisis Pembebanan	58
3.6.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	58
3.6.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	59
3.6.3	Beban Angin (<i>Wind Load</i>)	59
3.6.4	Beban Gempa	59
3.7	Permodelan Struktur.....	59
3.8	Kontrol Analisis Struktur	59
3.8.1	Periode Fundamental Struktur.....	60
3.8.2	Partisipasi Massa.....	60
3.8.3	Base <i>Shear</i>	60
3.8.4	Simpangan Antar Tingkat	60
3.9	Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur <i>Existing</i>	60
3.9.1	Evaluasi Kekuatan Balok	60
3.9.1.1	Analisis Kuat Lentur	61
3.9.1.2	Analisis Kuat Geser Tumpuan dan Lapangan.....	62
3.9.2	Evaluasi Kekuatan Kolom.....	62
3.9.1.1	Analisis Persyaratan Longitudinal.....	62
3.9.1.2	Analisis Persyaratan Transversal.....	63
3.9.3	Evaluasi Hubungan Balok Kolom.....	64
3.10	Perkuatan Elemen Struktur <i>Existing</i>	65
3.11	Penentuan Sendi Plastis.....	65
3.12	Evaluasi Struktur dengan <i>Pushover Analysis</i>	65
3.12.1	Pembahasan hasil evaluasi kinerja	65

3.13	Kesimpulan	66
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Data Struktur Gedung <i>Existing</i>	67
4.1.1	Data Umum	67
4.1.2	Data Tanah	67
4.1.3	Data Struktur Gedung.....	71
4.1.4	Data Material Struktur Gedung	76
4.2	Pembebanan	76
4.2.1	Beban Mati Dan Beban Hidup	76
4.2.2	Beban Angin.....	90
4.2.3	Beban Gempa	98
4.3	Kombinasi Pembebanan.....	106
4.3.1	Kombinasi Pembebanan Dasar.....	106
4.3.2	Faktor Redundansi.....	107
4.4	Pemodelan Struktur Pada Program ETABS.....	109
4.4.1	Asumsi Model Struktur Pada ETABS.....	109
4.4.2	Data Material Pada ETABS	111
4.4.3	Data Pembebanan Gravitasi Pada ETABS.....	111
4.4.4	Data Pembebanan Angin Pada ETABS.....	112
4.4.5	Data Pembebanan Gempa Pada ETABS.....	115
4.4.6	Kombinasi Pembebanan Pada ETABS.....	115
4.4.7	Besaran Massa Pada ETABS	116
4.5	Kontrol Desain	117
4.5.1	Periode Fundamental Struktur, T_n	117
4.5.2	Partisipasi Massa	120
4.5.3	Gaya Geser Dasar Seismik (<i>Base Shear</i>)	123
4.5.4	Batasan Simpangan Antar Lantai.....	127
4.6	Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur <i>Existing</i>	132
4.6.1	Evaluasi Kekuatan Balok	132
4.6.1.1	Analisis Kuat Lentur	133
4.6.1.2	Analisis Kuat Geser.....	157
4.6.1.3	Tabel Perhitungan Balok <i>Existing</i>	164
4.6.1.4	Perhitungan Perkuatan dengan CFRP	182
4.6.2	Evaluasi Kekuatan Kolom.....	184
4.6.1.1	Analisis Persyaratan Longitudinal.....	184
4.6.1.2	Analisis Persyaratan Transversal.....	190
4.6.3	Evaluasi Hubungan Balok Kolom.....	199
4.7	Analisis Statik Nonlinier (<i>Pushover Analysis</i>).....	209

4.7.1	Langkah-langkah Analisis <i>Pushover</i>	209
4.7.1.1	Menambahkan Tulangan Terpasang pada Elemen Struktur <i>Existing</i> 209	
4.7.1.2	Membuat <i>Nonlinier Case</i>	212
4.7.2	Sendi Plastis	216
4.7.3	Kurva Kapasitas	220
4.7.4	Sendi Plastis (<i>Plastic Hinge</i>).....	225
4.7.1.1	Sendi Plastis Arah X	226
4.7.1.2	Sendi Plastis Arah Y	227
4.7.5	Titik Kinerja (<i>Perfomace Point</i>).....	228
4.7.6	Level Kinerja Struktur.....	230
BAB V KESIMPULAN.....		233
5.1	Kesimpulan	233
5.2	Saran.....	233
DAFTAR PUSTAKA		235
LAMPIRAN.....		237
1	Data Tanah	237
2	Data Gambar	244
3	Data Material.....	292
4	Data Perhitungan Struktur Manual.....	295

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beban Hidup.....	9
Tabel 2.2	Kecepatan angin berdasarkan kategori risiko.....	11
Tabel 2.3	Kategori Risiko Bangunan	13
Tabel 2.4	Faktor Keutamaan Gempa (I_e).....	16
Tabel 2.5	Klasifikasi Situs.....	16
Tabel 2.6	Koefisien Situs, F_a untuk menentukan nilai S_s	18
Tabel 2.7	Koefisien Situs, F_v untuk menentukan nilai S_1	19
Tabel 2.8	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	22
Tabel 2.9	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1,0 detik.....	22
Tabel 2.10	Kategori Desain Gempa (KDG) dan Resiko Kegempaan	22
Tabel 2.11	Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	23
Tabel 2.12	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	23
Tabel 2.13	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	24
Tabel 2.14	Kombinasi Pembebanan	27
Tabel 2.15	Patisipasi Massa.....	28
Tabel 2.16	Penskalaan Gaya.....	28
Tabel 2.17	Simpangan Antar Tingkat Izin	34
Tabel 2.18	Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur.....	45
Tabel 2.19	Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur.....	45
Tabel 2.20	Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur	46
Tabel 2.21	Target Level Kinerja Struktur Gedung Menurut <i>FEMA356</i> (2000).....	48
Tabel 2.22	Metode perkuatan dan dampaknya pada karakteristik struktur	49
Tabel 3.1	Parameter Respon Spektra Desain Gedung Voza Office Tower.....	58
Tabel 4.1	Perhitungan Boring Log DB-1	68
Tabel 4.2	Perhitungan Boring Log DB-2	69
Tabel 4.3	Perhitungan Boring Log DB-3	70
Tabel 4.4	Klasifikasi Situs.....	71
Tabel 4.5	Dimensi Penampang Kolom Struktur.....	74
Tabel 4.6	Dimensi Penampang Balok dan Plat Struktur	75
Tabel 4.7	Rekapitulasi Beban Mati Untuk Dinding	78
Tabel 4.8	Rekapitulasi Beban Mati Untuk Beban Kaca	80
Tabel 4.9	Rekapitulasi Beban Mati Untuk Pelat	80
Tabel 4.10	Rekapitulasi Beban Hidup	81
Tabel 4.11	Rekapitulasi pembebanan beban mati dan hidup	82

Tabel 4.12 Kecepatan angin berdasarkan kategori risiko	92
Tabel 4.13 Parameter Beban Angin.....	93
Tabel 4.14 Kriteria Desain.....	105
Tabel 4.15 Modal Periode dan Frekuensi Struktur.....	118
Tabel 4.16 Modal Rasio Partisipasi Massa.....	120
Tabel 4.17 Jumlah Massa Setiap Lantai Diambil Dari Program ETABS.....	124
Tabel 4.18 Modal Rasio Partisipasi Massa.....	125
Tabel 4.19 Jumlah Massa Setiap Lantai Dari Perhitungan Manual.....	126
Tabel 4.20 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X & Y	128
Tabel 4.21 Rekapitulasi Momen Ultimit Balok.....	140
Tabel 4.22 Rekapitulasi Kebutuhan dan Tulangan Terpasang	156
Tabel 4.23 Gaya Geser Balok.....	159
Tabel 4.24 Rekapitulasi Momen Ultimit Balok.....	164
Tabel 4.25 Tabel Perhitungan Kuat Lentur Balok G6-63.....	165
Tabel 4.26 Gaya Geser Balok.....	168
Tabel 4.27 Tabel Perhitungan Kuat Geser Balok G6-63	168
Tabel 4.28 Rekapitulasi Momen Ultimit Balok.....	170
Tabel 4.29 Tabel Perhitungan Kuat Lentur Balok G6-12.....	170
Tabel 4.30 Gaya Geser Balok.....	174
Tabel 4.31 Tabel Perhitungan Kuat Geser Balok G6-12	174
Tabel 4.32 Rekapitulasi Momen Ultimit Balok.....	175
Tabel 4.33 Tabel Perhitungan Kuat Lentur Balok G5-14.....	175
Tabel 4.34 Gaya Geser Balok.....	179
Tabel 4.35 Tabel Perhitungan Kuat Geser Balok G6-12	179
Tabel 4.36 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Terpasang.....	181
Tabel 4.37 Rekapitulasi Tulangan Transversal/Sengkang Terpasang.....	181
Tabel 4.38 Gaya Dalam Penulangan Lentur.....	185
Tabel 4.39 Hasil Analisa Program <i>SP Column</i>	189
Tabel 4.40 Pengecekan kondisi tulangan transversal SRPMK.....	191
Tabel 4.41 Hasil Analisa Program <i>SP Column</i> 1,25fy	193
Tabel 4.42 Gaya Dalam Tekan	195
Tabel 4.43 Rekapitulasi Tulangan <i>Joint</i> Kolom K5-1	203
Tabel 4.44 Rekapitulasi Mpr Balok.....	205
Tabel 4.45 <i>Output</i> Beban Dorong (<i>Push</i>) Arah X	221
Tabel 4.46 <i>Output</i> Beban Dorong (<i>Push</i>) Arah Y	223
Tabel 4.47 Nilai <i>Performance Point</i> ETABS Arah X.....	230
Tabel 4.48 Nilai <i>Performance Point</i> ETABS Arah Y.....	230
Tabel 4.49 Batasan Kinerja Struktur berdasarkan <i>ATC-40</i> (1996).....	230

Tabel 5.1 <i>Boring Log – Bor Hole 1</i>	238
Tabel 5.2 <i>Boring Log – Bor Hole 2</i>	240
Tabel 5.3 <i>Boring Log – Bor Hole 3</i>	242
Tabel 5.4 Perhitungan Berat Struktur Lantai LMR	295
Tabel 5.5 Perhitungan Berat Struktur Lantai Atap	296

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Angin Indonesia.....	11
Gambar 2.2 Sistem penahan gaya angin utama	12
Gambar 2.3 Peta $MCE_R (S_s)$	17
Gambar 2.4 Peta $MCE_R (S_1)$	17
Gambar 2.5 Spektra respon desain	20
Gambar 2.6 Peta transisi periode panjang, T_L	21
Gambar 2.7 Spektrum Respon Desain.....	27
Gambar 2.8 Penentuan simpangan struktur (Δ)	33
Gambar 2.9 Posisi Sumbu Lokal Balok.....	36
Gambar 2.10 Posisi Sumbu Lokal Kolom	36
Gambar 2.11 Kurva Kapasitas	37
Gambar 2.12 Faktor Partisipasi Modal dan Modal Koefisien Massa.....	41
Gambar 2.13 Proses Konversi Capacity Curve ke bentuk Capacity Spectrum	42
Gambar 2.14 Perubahan Format Respon Spektra (a) Respon Spektra Format Standar, (b) Respon Spektra Format ADRS.....	43
Gambar 2.15 Performance Point.....	44
Gambar 2.16 Ilustrasi Keruntuhan Gedung.....	46
Gambar 2.17 Diagram regangan tegangan untuk perkuatan FRP.....	50
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	53
Gambar 3.2 Denah Gedung <i>Voza Office Tower</i>	56
Gambar 3.3 Tampak Depan Gedung <i>Voza Office Tower</i>	57
Gambar 4.1 Lokasi Perkantoran <i>Voza Office Tower</i>	67
Gambar 4.2 Denah Struktur Lantai 25.....	72
Gambar 4.3 Denah Struktur Lantai 29.....	73
Gambar 4.4 Denah Pembebanan Lantai Basemen 1 dan 2	87
Gambar 4.5 Denah Pembebanan Lantai Ground dan Mezzanine	87
Gambar 4.6 Denah Pembebanan Lantai P1 dan P2 – P7 (<i>Typikal</i>)	88
Gambar 4.7 Denah Pembebanan Lantai P8 dan 8 – 22 (<i>Typikal</i>)	88
Gambar 4.8 Denah Pembebanan Lantai 23 dan 25.....	89
Gambar 4.9 Denah Pembebanan Lantai 26 – 27 (<i>Typikal</i>) dan 28	89
Gambar 4.10 Denah Pembebanan Lantai 29 dan 30 – 33 (<i>Typikal</i>)	90
Gambar 4.11 Denah Pembebanan Lantai Atap dan LMR	90
Gambar 4.12 Peta Angin.....	91
Gambar 4.13 Dimensi Bentang Bangunan	93
Gambar 4.14 Sistem penahan gaya angin utama	94
Gambar 4.15 Tampak atas pola distribusi tekanan angin	95

Gambar 4.16 Tampak depan pola distribusi tekanan angin.....	96
Gambar 4.17 Tampak samping pola distribusi tekanan angin.....	97
Gambar 4.18 Modifikasi Beban Angin <i>Default</i> Disesuaikan Dengan Parameter Beban Angin Yang Telah Dianalisa.....	98
Gambar 4.19 Citra Satelit Lokasi Perkantoran <i>Voza Office Tower</i>	99
Gambar 4.20 Desain Respon Spektra	99
Gambar 4.21 Desain Respon Spektra	100
Gambar 4.22 Koefisien Situs F_a dan F_v	101
Gambar 4.23 Koefisien Situs F_a dan F_v	102
Gambar 4.24 <i>Load Case Data Respons Spektrum Arah X</i>	104
Gambar 4.25 <i>Load Case Data Respons Spektrum Arah Y</i>	104
Gambar 4.26 <i>Respons Spektrum Function Definition</i>	105
Gambar 4.27 <i>Seismic Loading Arah X</i>	106
Gambar 4.28 <i>Seismic Loading Arah Y</i>	106
Gambar 4.29 Pemodelan struktur pada program ETABS.....	109
Gambar 4.30 <i>Rigid Zone Factor</i> Kolom dan Balok.....	110
Gambar 4.31 Data Material Pada ETABS.....	111
Gambar 4.32 Pengaplikasian Beban Kaca.....	112
Gambar 4.33 Pengaplikasian Beban Pelat.....	112
Gambar 4.34 Pendefinisian Beban Angin Pada Program ETABS	113
Gambar 4.35 Modifikasi Beban Angin <i>Default</i> Disesuaikan Dengan Parameter Beban Angin Yang Telah Dianalisa.....	114
Gambar 4.36 Pengaplikasian Beban Angin Pada Dinding Tanpa Massa	114
Gambar 4.37 Pengaplikasian Beban Angin.....	115
Gambar 4.38 Pengaplikasian Kombinasi Beban.....	115
Gambar 4.39 Pengaplikasian Nilai Kombinasi.....	116
Gambar 4.40 <i>Define Mass Source</i>	116
Gambar 4.41 Nilai Parameter perioda pendekatan C_t dan x	117
Gambar 4.42 Nilai Parameter perioda pendekatan C_t dan x	117
Gambar 4.43 Gaya Geser Dasar Statik Diambil Dari Program ETABS.....	125
Gambar 4.44 Hasil Output Program ETABS pada Lantai 25	132
Gambar 4.45 Lokasi Titik Kolom pada Lantai 25	132
Gambar 4.46 Denah Struktur Lantai 25.....	133
Gambar 4.47 Daerah Tumpuan dan Lapangan Balok.....	134
Gambar 4.48 Portal Balok Tumpuan G6-15A	135
Gambar 4.49 Portal Balok G6-15A	135
Gambar 4.50 Parameter untuk <i>Output Mu</i> di Tumpuan	136
Gambar 4.51 Parameter Daerah Tumpuan	136

Gambar 4.52 Parameter Daerah Tumpuan	137
Gambar 4.53 Parameter Daerah Tumpuan	137
Gambar 4.54 Portal Balok Lapangan G6-15A.....	138
Gambar 4.55 Parameter untuk <i>Output</i> Mu di Lapangan.....	138
Gambar 4.56 Parameter Daerah Lapangan.....	138
Gambar 4.57 Parameter Daerah Lapangan.....	139
Gambar 4.58 Parameter Daerah Lapangan.....	139
Gambar 4.59 Parameter Gaya Geser Daerah Tumpuan.....	158
Gambar 4.60 Parameter Gaya Geser Daerah Lapangan	158
Gambar 4.61 Parameter Daerah Lapangan.....	159
Gambar 4.62 Detail Penulangan Balok Tipe G6-15A (<i>Existing</i>)	164
Gambar 4.63 Denah Struktur Lantai 25.....	184
Gambar 4.64 Input Properti Penampang Kolom pada program <i>SP Column</i>	186
Gambar 4.65 Input Beban Kolom pada kondisi aksial lentur	187
Gambar 4.66 Diagram Interaksi Kolom Sudut 33°	187
Gambar 4.67 Diagram Interaksi Kolom Sudut 218°	188
Gambar 4.68 Diagram Interaksi Kolom 11°	188
Gambar 4.69 Diagram Interaksi Kolom 201°	189
Gambar 4.70 Analisa Mpr Kolom menggunakan Program <i>SP Column</i>	194
Gambar 4.71 Detail Penulangan Kolom Tipe K5-1 (<i>Existing</i>).....	198
Gambar 4.72 Denah Struktur Lantai 25.....	199
Gambar 4.73 Diagram Hubungan Balok Kolom Gaya Tulangan.....	204
Gambar 4.74 <i>Free Body Diagram</i> kolom untuk menghitung V_{col} Geser	205
Gambar 4.75 Titik Kinerja Struktur.....	209
Gambar 4.76 <i>Define</i> Penampang Balok B3-1.....	210
Gambar 4.77 Input Tulangan B3-1	210
Gambar 4.78 <i>Define</i> Penampang Kolom K3-1	211
Gambar 4.79 Input Tulangan K3-1	211
Gambar 4.80 Menentukan Titik yang Ditinjau (label 3)	212
Gambar 4.81 <i>Input Static Nonlinier Case Gravity</i>	213
Gambar 4.82 <i>Static Nonlinear Push X</i>	214
Gambar 4.83 <i>Load Application Control for Static Nonlinear Push X</i>	214
Gambar 4.84 <i>Static Nonlinear Push Y</i>	215
Gambar 4.85 <i>Input Static Nonlinier Case Gravity</i>	215
Gambar 4.86 <i>Input Hinge</i> pada balok.....	216
Gambar 4.87 <i>Input Data Auto Hinge Table 10-7 (Case Push X)</i>	217
Gambar 4.88 <i>Input Data Auto Hinge Table 10-7 (Case Push Y)</i>	217
Gambar 4.89 <i>Input Hinge</i> pada kolom	218

Gambar 4.90	<i>Input Data Auto Hinge Table 10-8 (Case Push X)</i>	218
Gambar 4.91	<i>Input Data Auto Hinge Table 10-8 (Case Push Y)</i>	219
Gambar 4.92	<i>Input Hinge</i> pada kolom	219
Gambar 4.93	Memilih <i>Load Case to Run</i>	220
Gambar 4.94	Grafik Kurva Kapasitas Arah X	220
Gambar 4.95	Grafik Kurva Kapasitas Arah Y	222
Gambar 4.96	Perbandingan kurva <i>pushover</i> untuk arah-X dan arah-Y	225
Gambar 4.97	Sendi plastis pada <i>step</i> pertama untuk pembebanan arah-X	226
Gambar 4.98	Sendi plastis pada <i>step</i> terakhir untuk pembebanan arah-X	226
Gambar 4.99	Sendi plastis pada <i>step</i> pertama untuk pembebanan arah-Y	227
Gambar 4.100	Sendi plastis pada <i>step</i> terakhir untuk pembebanan arah-Y	227
Gambar 4.101	Sendi plastis pada portal As C <i>step</i> terakhir arah-Y	228
Gambar 4.102	Kurva <i>Pushover Analysis</i> Arah X	229
Gambar 4.103	Kurva <i>Pushover Analysis</i> Arah Y	229
Gambar 5.1	Titik-titik penyelidikan tanah lokasi proyek	237
Gambar 5.2	Denah Balok Lantai 22 (L-25 Marketing)	244
Gambar 5.3	Denah Balok Lantai 22 Parsial 1	245
Gambar 5.4	Denah Balok Lantai 22 Parsial 2	246
Gambar 5.5	Denah Balok Lantai 22 Parsial 3	247
Gambar 5.6	Denah Balok Lantai 22 Parsial 4	248
Gambar 5.7	Denah Balok Lantai 26 (L-29 Marketing)	249
Gambar 5.8	Denah Balok Lantai 26 Parsial 1	250
Gambar 5.9	Denah Balok Lantai 26 Parsial 2	251
Gambar 5.10	Denah Balok Lantai 26 Parsial 2	252
Gambar 5.11	Detail Pembesian Balok Parsial 1	253
Gambar 5.12	Detail Pembesian Balok Parsial 2	254
Gambar 5.13	Detail Pembesian Balok Parsial 3	255
Gambar 5.14	Detail Pembesian Balok Parsial 4	256
Gambar 5.15	Detail Pembesian Balok Parsial 5	257
Gambar 5.16	Detail Pembesian Balok Parsial 6	258
Gambar 5.17	Detail Pembesian Balok Parsial 7	259
Gambar 5.18	Detail Pembesian Balok Parsial 8	260
Gambar 5.19	Detail Pembesian Balok Parsial 9	261
Gambar 5.20	Detail Pembesian Balok Parsial 10	262
Gambar 5.21	Detail Pembesian Balok Parsial 11	263
Gambar 5.22	Detail Pembesian Balok Parsial 12	264
Gambar 5.23	Detail Pembesian Balok Parsial 13	265

Gambar 5.24 Detail Pembesian Balok Parsial 14.....	266
Gambar 5.25 Detail Pembesian Balok Parsial 15.....	267
Gambar 5.26 Detail Pembesian Balok Parsial 16.....	268
Gambar 5.27 Detail Pembesian Balok Parsial 17.....	269
Gambar 5.28 Detail Pembesian Balok Parsial 18.....	270
Gambar 5.29 Detail Pembesian Balok Parsial 19.....	271
Gambar 5.30 Detail Pembesian Balok Parsial 20.....	272
Gambar 5.31 Detail Pembesian Balok Parsial 21.....	273
Gambar 5.32 Detail Pembesian Balok Parsial 22.....	274
Gambar 5.33 Detail Pembesian Balok Parsial 23.....	275
Gambar 5.34 Detail Pembesian Balok Parsial 24.....	276
Gambar 5.35 Detail Pembesian Balok Parsial 25.....	277
Gambar 5.36 Detail Pembesian Balok Parsial 26.....	278
Gambar 5.37 Detail Pembesian Balok Parsial 27.....	279
Gambar 5.38 Detail Pembesian Balok Parsial 28.....	280
Gambar 5.39 Detail Pembesian Balok Parsial 29.....	281
Gambar 5.40 Detail Pembesian Balok Parsial 30.....	282
Gambar 5.41 Detail Pembesian Kolom Parsial 1.....	283
Gambar 5.42 Detail Pembesian Kolom Parsial 2.....	284
Gambar 5.43 Detail Pembesian Kolom Parsial 3.....	285
Gambar 5.44 Detail Pembesian Kolom Parsial 4.....	286
Gambar 5.45 Detail Pembesian Kolom Parsial 5.....	287
Gambar 5.46 Detail Pembesian Kolom Parsial 6.....	288
Gambar 5.47 Detail Pembesian Kolom Parsial 7.....	289
Gambar 5.48 Detail Pembesian Kolom Parsial 8.....	290
Gambar 5.49 Detail Pembesian Kolom Parsial 9.....	291
Gambar 5.51 Material Perkuatan CFRP.....	292
Gambar 5.51 Material Bata Ringan.....	293
Gambar 5.52 Material Acian Dinding.....	293
Gambar 5.53 Material Spesi dan Plesteran.....	294
Gambar 5.54 Material Spesi dan Plesteran.....	295

DAFTAR NOTASI

A_g	=	luas bruto penampang beton, mm ² .
b_w	=	Lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm.
C_s	=	Koefisien respons seismic.
D	=	Pengaruh beban mati layan.
E	=	Pengaruh gaya gempa horizontal dan vertikal.
f_c'	=	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa.
Fa	=	Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek.
Fv	=	Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik.
Fy	=	Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, MPa.
h_x	=	Spasi horizontal ikat silang atau kaki sengkang pengekang (hoop) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom, m.
L	=	Pengaruh beban hidup layan.
Lr	=	Pengaruh beban hidup atap layan.
R	=	Pengaruh beban hujan kumulatif layan.
S_0	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang ℓ_0 mm.
S_1	=	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik.
Ss	=	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek.
SMs	=	Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek.
SM ₁	=	Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik.
T	=	Periode getar fundamental struktur.
V	=	Gaya geser dasar seismic.