

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN KINERJA SEISMIK STRUKTUR LEVEL
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, DAN LIFE SAFETY
TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU
RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR**



Disusun Oleh :

ILHAM NURDIANSAH

1432100004

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

2025

TUGAS AKHIR
PENELITIAN KINERJA SEISMİK STRUKTUR LEVEL
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, DAN LIFE SAFETY
TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU
RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR



Disusun Oleh :
ILHAM NURDIANSAH
1432100004

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR
PENELITIAN KINERJA SEISMIK STRUKTUR LEVEL
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, DAN LIFE SAFETY
TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU
RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR

Disusun Sebagai Syarat Meraih Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



Disusun Oleh :
ILHAM NURDIANSAH
1432100004

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

FINAL PROJECT
RESEARCH ON SEISMIC PERFORMANCE OF STRUCTURE AT
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, AND LIFE SAFETY
LEVELS IN RELATION TO CONSTRUCTION AND MAINTENANCE
OR RESTORATION COSTS IN THE EVENT OF A MAJOR
EARTHQUAKE

Prepared as a Requirement to Obtain the Bachelor of Engineering Degree (S.T) at
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



Prepared by :
ILHAM NURDIANSAH
1432100004

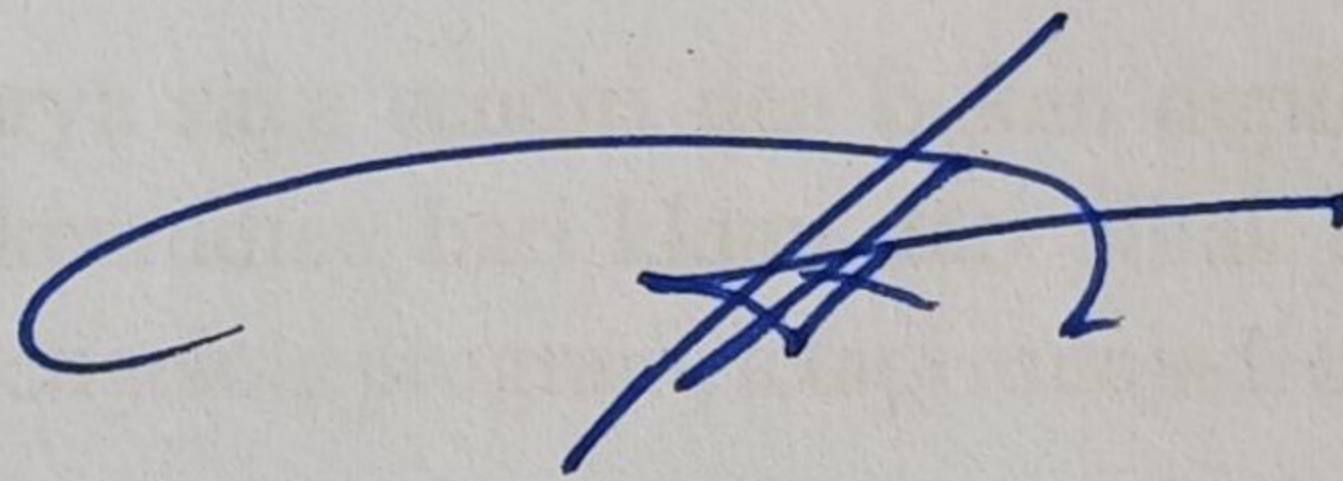
CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Ilham Nurdiansah
NBI : 1432100004
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul : PENELITIAN KINERJA SEISMIK STRUKTUR LEVEL
*OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, DAN LIFE
SAFETY* TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN
PEMELIHARAAN ATAU RESTORASI BILA TERJADI
GEMPA BESAR

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing



Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc.
NPP. 20430.93.0303

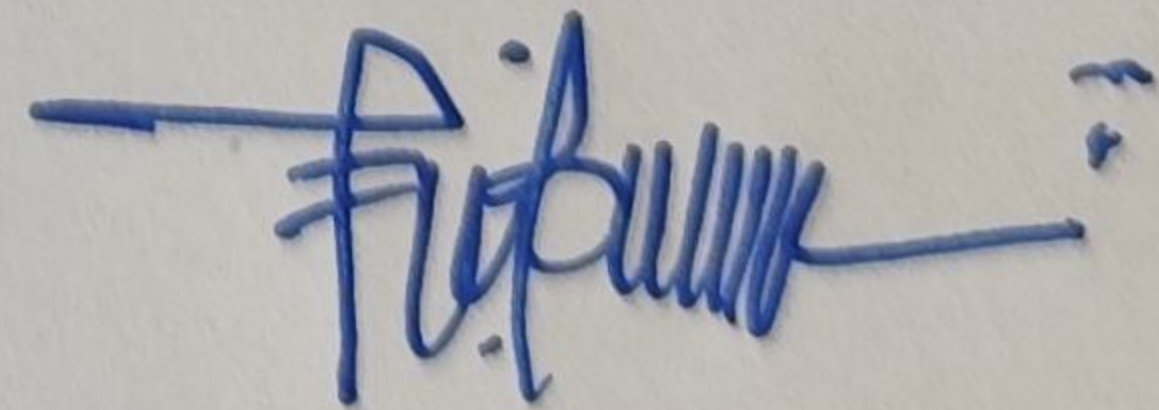
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., IPU., ASEAN.Eng
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanggung jawab dibawah ini :

Nama : Ilham Nurdiansah

NBI : 1432100004

Alamat : Dusun Pacar RT 008 RW 003 Desa Nglinggis Kec. Tugu
Kab. Trenggalek, Jawa Timur

Telpon/HP : 082230540501

Menyatakan bahwa "TUGAS AKHIR" yang penulis buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Sarjana Teknik Sipil – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul :

"PENELITIAN KINERJA SEISMIC STRUKTUR LEVEL *OPERATIONAL*, *IMMEDIATE OCCUPANCY*, DAN *LIFE SAFETY* TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR"

Adapun 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 siapapun.

Surabaya, 2025



Ilham Nurdiansah



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 : Ilham Nurdiansah
NBI/ NPM : 1432100004
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 (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)**, atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ PENELITIAN KINERJA SEISMIC STRUKTUR LEVEL *OPERATIONAL*, *IMMEDIATE OCCUPANCY*, DAN *LIFE SAFETY* TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR ”

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive 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 :2025

Surabaya, 2025



Ilham Nurdiansah

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul: **"Penelitian Kinerja Seismik Struktur Level Operational, Immediate Occupancy, dan Life Safety Terhadap Biaya Pembangunan dan Pemeliharaan atau Restorasi Bila Terjadi Gempa Besar."** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menghadapi berbagai tantangan, baik secara teknis maupun non-teknis. Namun berkat ketekunan, kerja keras, serta dukungan dari berbagai pihak, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Kedua orang tua tercinta, atas doa yang tak pernah terputus, kasih sayang yang tulus, serta dukungan moral dan materi yang sangat berarti. Tanpa pengorbanan dan restu dari mereka, pencapaian ini tidak mungkin terwujud.
- Kepada seluruh anggota keluarga, terutama para saudara yang senantiasa memberikan dorongan semangat, motivasi, serta berbagai bentuk dukungan selama penulis menempuh masa studi dan menyelesaikan tugas akhir ini.
- Bapak Ir. Bantot Sutiriono, M.Sc., selaku dosen pembimbing, yang telah dengan sabar dan penuh dedikasi membimbing penulis melalui arahan, masukan, serta dorongan intelektual yang sangat membantu dalam proses akademik ini.
- Ibu Ir. Faradlillah Saves, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan kemudahan dan dukungan administratif selama proses penyusunan tugas akhir.
- Prof. Dr. Mulyanto Nugroho, M.M., CMA., CPA., selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, yang telah memberikan lingkungan akademik yang kondusif dan mendukung mahasiswa untuk berkembang secara ilmiah.
- Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan inspirasi yang sangat berharga selama masa perkuliahan.

- Rekan-rekan mahasiswa dan sahabat seperjuangan, yang telah menjadi teman diskusi, berbagi pengalaman, dan saling mendukung selama proses penyusunan tugas akhir.
- PT. Immanuel Muliajaya Konstruksi, CV. Sigra Asanka Consultant, dan CV. Catra Surya Presisi, yang telah menjadi tempat berbagi ilmu dan pengalaman dibidang sipil, serta telah memberikan data-data yang penulis butuhkan untuk menunjang perkuliahan.
- Seseorang yang bernama Rahmandita Yuniarti yang selama ini setia mendampingi dan memberi perhatian khusus, atas segala bentuk dukungan moral, semangat, kesabaran, serta pengertian yang diberikan di setiap proses yang penulis jalani. Kehadirannya telah memberikan ketenangan dan motivasi yang sangat berarti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga dengan terbuka penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, baik sebagai referensi akademik maupun sebagai kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu teknik sipil di Indonesia. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan atas segala usaha dan langkah kita semua.

Surabaya, Juli 2025

Penulis

**PENELITIAN KINERJA SEISMIK STRUKTUR LEVEL
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, DAN LIFE SAFETY
TERHADAP BIAYA PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN ATAU
RESTORASI BILA TERJADI GEMPA BESAR**

Nama : Ilham Nurdiansah
NBI : 1432100004
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc.

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dan berada di *Ring of Fire (Jalur Cincin Api Pasifik)*. Penelitian ini dilakukan pada struktur Hotel di Jember yang dirancang sebagai bangunan bertingkat 15 lantai dengan material utama beton bertulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja struktur pada tiga level berbeda *Operational (O)*, *Immediate Occupancy (IO)*, dan *Life Safety (LS)* serta kaitannya dengan efisiensi biaya pembangunan dan biaya restorasi jika terjadi gempa besar. Metode yang digunakan adalah analisis *pushover*, yang menghasilkan kurva hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan atap sebagai indikator kinerja struktur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain eksisting memiliki level kinerja *Immediate Occupancy (IO)* dengan nilai *drift* atap sebesar 0,81% pada arah X dan 0,87% pada arah Y, serta total biaya pembangunan dan perbaikan masing-masing sebesar Rp11.572.566.375,45 dan Rp11.838.185.674,74. Desain alternatif 1 mencapai level *Life Safety (LS)* dengan *drift* atap sebesar 1,01% pada arah X dan 1,02% pada arah Y, dengan biaya sebesar Rp14.972.137.001,20 dan Rp14.994.291.934,73. Sementara itu, desain alternatif 2 menunjukkan level *Operational (O)* dengan *drift* atap sebesar 0,28% pada arah X dan 0,05% pada arah Y, serta biaya sebesar Rp11.667.557.090,31 dan Rp12.802.012.673,57. Berdasarkan hasil analisis, desain eksisting terbukti paling optimal secara struktural dan ekonomis. Penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan *Performance-Based Design* untuk menciptakan struktur bangunan tahan gempa yang efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: biaya pembangunan, gempa bumi, kinerja struktur, *pushover analysis*.

**RESEARCH ON SEISMIC PERFORMANCE OF STRUCTURE AT
OPERATIONAL, IMMEDIATE OCCUPANCY, AND LIFE SAFETY
LEVELS IN RELATION TO CONSTRUCTION AND MAINTENANCE
OR RESTORATION COSTS IN THE EVENT OF A MAJOR
EARTHQUAKE**

Name of student : Ilham Nurdiansah
Number of Student : 1432100004
Study Program : Teknik Sipil
Advisor : Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc.

ABSTRACT

Indonesia is a country with a high seismic risk due to its location at the convergence of three major tectonic plates and within the Ring of Fire. This study focuses on the structural performance of the 15-story Hotel building in Jember, which uses reinforced concrete as its primary material. The objective of this research is to compare structural performance at three different levels Operational (O), Immediate Occupancy (IO), and Life Safety (LS) and analyze their relationship to construction and restoration cost efficiency in the event of a major earthquake. The method used is pushover analysis, which generates a curve showing the relationship between base shear and roof displacement as a performance indicator.

The results show that the existing design achieves an Immediate Occupancy (IO) performance level, with roof drift values of 0.81% in the X direction and 0.87% in the Y direction, and total construction and repair costs of Rp11,572,566,375.45 and Rp11,838,185,674.74, respectively. Alternative design 1 reaches the Life Safety (LS) level, with drift values of 1.01% (X) and 1.02% (Y), and costs of Rp14,972,137,001.20 and Rp14,994,291,934.73. Alternative design 2 achieves the Operational (O) level with the lowest drift values of 0.28% (X) and 0.05% (Y), with construction and repair costs of Rp11,667,557,090.31 and Rp12,802,012,673.57. Based on the analysis, the existing design is the most structurally and economically optimal. This research highlights the importance of a Performance-Based Design approach in developing earthquake-resistant and cost-efficient building structures.

Keywords: *construction cost, earthquake, pushover analysis, structural performance.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Konsep Dasar Gempa.....	10
2.3 Konsep Bangunan Tahan Gempa	12
2.4 Persyaratan Sistem Struktur Bangunan	12
2.4.1 Kekuatan struktur	12
2.4.2 Durabilitas struktur.....	13
2.4.3 Kestabilan struktur.....	13
2.4.4 Kemampuan Layan.....	13
2.4.5 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	14
2.5 Periode Fundamental Struktur.....	14
2.6 Gaya Geser Dasar Struktur.....	15
2.7 Simpangan Bangunan	16
2.8 Efek P-Delta.....	18
2.9 Partisipasi Massa.....	19
2.10 <i>Performance Based Seismic Design</i>	19
2.10.1 <i>Performance Objectives</i>	19
2.10.2 <i>Performance Level</i>	20
2.11 Analisis Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	21

2.11.1	Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko	21
2.11.2	Klasifikasi Situs.....	23
2.11.3	Wilayah Gempa dan Respons Spektrum.....	24
2.11.4	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	26
2.11.5	Spektrum Respons Desain	27
2.11.6	Kategori Desain Seismik	28
2.12	Analisis Pembebanan Struktur	29
2.12.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	29
2.12.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	31
2.12.3	Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>)	31
2.13	Analisis Statik Non-Linier (<i>Pushover Analysis</i>).....	32
2.13.1	Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356).....	33
2.13.2	Sendi Plastis	39
2.14	Analisis Penulangan Balok dan Kolom	40
2.14.1	Desain Tulangan Balok.....	40
2.14.2	Desain Tulangan Kolom	47
BAB III METODE PENELITIAN		51
3.1	Diagram Alir	51
3.2	Tahapan Penelitian	53
3.3	Objek Penelitian.....	56
3.4	Data Bangunan.....	57
3.5	Program yang digunakan.....	59
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Data Bangunan.....	61
4.1.1	Deskripsi Bangunan.....	61
4.1.2	Mutu Material	61
4.2	Pembebanan Gedung.....	63
4.2.1	Beban Hidup	63
4.2.2	Beban Mati	64
4.2.3	Beban Gempa.....	64
4.3	Pemodelan 3D dan Kontrol Struktur Existing dengan SAP2000	67
4.3.1	Pemodelan Struktur.....	67
4.3.2	Pembebanan Pada <i>Software</i>	73
4.3.3	Kontrol Struktur.....	81
4.4	Analisis <i>Pushover</i> Struktur Eksisting	91
4.4.1	Pendefinisian <i>Load Case Pushover</i>	91
4.4.2	Pendefinisian Sendi Plastis	94
4.4.3	Kurva Kapasitas dan Level Kinerja Struktur.....	98

4.5	Alternatif Desain 1	100
4.5.1	Modifikasi Dimensi Struktur	100
4.5.2	Pemodelan 3D dan Kontrol Struktur	104
4.5.3	Analisis Penulangan Struktur	115
4.5.4	Analisis <i>Pushover</i> Alternatif 1	132
4.6	Alternatif Desain 2	134
4.6.1	Modifikasi Dimensi Struktur	134
4.6.2	Pemodelan 3D dan Kontrol Struktur	138
4.6.3	Analisis Penulangan Struktur	148
4.6.4	Analisis <i>Pushover</i> Alternatif 2	159
4.7	Perhitungan Volume dan Biaya	161
4.7.1	Desain Struktur Eksisting	161
4.7.2	Desain Struktur Alternatif 1	163
4.7.3	Desain Struktur Alternatif 2	165
4.7.4	Level kinerja dan biaya	167
BAB V KESIMPULAN.....		171
5.1	Kesimpulan	171
5.2	Saran	172
DAFTAR PUSTAKA.....		173
BIODATA PENULIS.....		177
LAMPIRAN.....		179

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Episenter Gempa Vulkanik	11
Gambar 2. 2 Penentuan simpangan antar tingkat.....	17
Gambar 2. 3 <i>Flow-chart performance based seismic design</i>	19
Gambar 2. 4 lustrasi tingkat kinerja bangunan	21
Gambar 2. 5 Parameter gerak tanah Ss.....	25
Gambar 2. 6 Parameter Gerak Tanah S1.....	25
Gambar 2. 7 Spektrum respon desain	28
Gambar 2. 8 Perilaku pasca leleh sistem struktur	36
Gambar 2. 9 Hubungan beban deformasi dan kriteria batas deformasi pada komponen.....	37
Gambar 2. 10 Parameter waktu getar efektif dari kurva <i>pushover</i>	38
Gambar 2. 11 Level kinerja dan % biaya restorasi	39
Gambar 2. 12 Pola terbentuknya sendi plastis	40
Gambar 2. 13 Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal.....	41
Gambar 2. 14 Variasi nilai ϕ terhadap ϵ_t	43
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3. 2 Denah Lantai 1 Hotel.....	56
Gambar 3. 3 Potongan Memanjang Hotel	57
Gambar 4. 1 Spektrum dari RSA 2021	66
Gambar 4. 2 Pemodelan struktur 3D <i>Software</i> SAP2000	67
Gambar 4. 3 Membuat model baru dan mengatur satuan	68
Gambar 4. 4 Memilih grid.....	68
Gambar 4. 5 Mengatur grid sumbu x,y, dan z.....	69
Gambar 4. 6 <i>Material Property Data</i>	70
Gambar 4. 7 <i>Input Frame Section Property</i>	70
Gambar 4. 8 <i>Input Area Section Property</i>	71
Gambar 4. 9 Menggambarkan balok, kolom dan plat	71
Gambar 4. 10 Pemilihan Perletakan Jepit.....	72
Gambar 4. 11 Hasil akhir pemodelan SAP2000 V24.....	72
Gambar 4. 12 Pemilihan <i>Frame Section</i>	73
Gambar 4. 13 <i>Assign</i> beban mati pada balok.....	73
Gambar 4. 14 <i>Input</i> nilai beban mati pada balok	74

Gambar 4. 15 Pemilihan <i>Area Section</i>	74
Gambar 4. 16 <i>Assign</i> beban mati pada plat.....	75
Gambar 4. 17 <i>Input</i> nilai beban mati pada plat	75
Gambar 4. 18 <i>Input</i> nilai beban hidup pada plat	76
Gambar 4. 19 Pembebanan bangunan pada <i>Load Patterns</i>	76
Gambar 4. 20 <i>Modify Lateral Load</i> gempa Statik X (SX)	77
Gambar 4. 21 <i>Modify Lateral Load</i> gempa Statik Y (SY)	78
Gambar 4. 22 <i>Input</i> data grafik Respons Spektrum	79
Gambar 4. 23 <i>Input</i> gempa dinamik	80
Gambar 4. 24 <i>Input</i> kombinasi pembebanan	81
Gambar 4. 25 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000	82
Gambar 4. 26 Mengubah nilai <i>Time Period</i>	83
Gambar 4. 27 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000	84
Gambar 4. 28 Modifikasi skala gempa dinamik SAP 2000	85
Gambar 4. 29 Simpangan antar tingkat	88
Gambar 4. 30 Pendefinisian beban gravitasi.....	92
Gambar 4. 31 <i>Load Application Control</i> pembebanan gravitasi	92
Gambar 4. 32 Pendefinisian pembebanan <i>Pushover</i> X	93
Gambar 4. 33 Pendefinisian pembebanan <i>Pushover</i> Y	93
Gambar 4. 34 <i>Load Application Control</i> pembebanan <i>Pushover</i> X	94
Gambar 4. 35 <i>Load Application Control</i> pembebanan <i>Pushover</i> Y.....	94
Gambar 4. 36 <i>Select Frame</i> Balok	95
Gambar 4. 37 <i>Input Frame Hinges</i> Balok.....	95
Gambar 4. 38 <i>Setting Hinges</i> Balok	96
Gambar 4. 39 <i>Select Frame</i> Kolom.....	96
Gambar 4. 40 <i>Input Frame Hinges</i> Kolom	97
Gambar 4. 41 <i>Setting Hinges</i> Kolom.....	97
Gambar 4. 42 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah X	98
Gambar 4. 43 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah Y	98
Gambar 4. 44 Titik kolom yang dirubah dimensinya.....	100
Gambar 4. 45 Pemodelan struktur 3D Alternatif 1	104
Gambar 4. 46 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000	105
Gambar 4. 47 Mengubah nilai <i>Time Period</i>	107
Gambar 4. 48 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000	107
Gambar 4. 49 Modifikasi skala gempa dinamik SAP 2000	108
Gambar 4. 50 Simpangan antar tingkat	111
Gambar 4. 51 <i>Input</i> gaya aksial kolom ke <i>spColumn</i>	116
Gambar 4. 52 Rasio tulangan dan jumlah tulangan lentur kolom K.88-A	116

Gambar 4. 53 Balok terbesar yang melewati kolom K.88-A	117
Gambar 4. 54 Desain tulangan kolom K.88-A	123
Gambar 4. 55 Input gaya aksial kolom ke <i>spColumn</i>	124
Gambar 4. 56 Rasio tulangan dan jumlah tulangan lentur kolom K.88-A	125
Gambar 4. 57 Balok terbesar yang melewati kolom K.99-A	126
Gambar 4. 58 Desain tulangan kolom K.88-A	131
Gambar 4. 59 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah X	132
Gambar 4. 60 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah Y	132
Gambar 4. 61 Titik kolom yang dirubah dimensinya.....	134
Gambar 4. 62 Pemodelan struktur 3D Alternatif 2	138
Gambar 4. 63 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000.....	139
Gambar 4. 64 Mengubah nilai <i>Time Period</i>	141
Gambar 4. 65 Mengambil <i>Output</i> Periode SAP 2000.....	141
Gambar 4. 66 Modifikasi skala gempa dinamik SAP 2000	142
Gambar 4. 67 Simpangan antar tingkat	145
Gambar 4. 68 Input gaya aksial kolom ke <i>spColumn</i>	150
Gambar 4. 69 Rasio tulangan dan jumlah tulangan lentur kolom K.710	150
Gambar 4. 70 Balok terbesar yang melewati kolom K.710	151
Gambar 4. 71 Desain tulangan kolom K.710.....	158
Gambar 4. 72 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah X	159
Gambar 4. 73 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> arah Y	159
Gambar 4. 74 Level kinerja dan % biaya restorasi	162
Gambar 4. 75 Kurva Level Kinerja VS Biaya Pembangunan	168
Gambar 4. 76 Kurva Level Kinerja VS Biaya Pembangunan dan Restorasi.....	169

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 2. 2 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	15
Tabel 2. 3 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	15
Tabel 2. 4 Simpangan antar tingkat izin.....	17
Tabel 2. 5 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa. 21	
Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan Gempa.....	23
Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs	24
Tabel 2. 8 Koefisien situs, F_a	26
Tabel 2. 9 Koefisien situs, F_v	26
Tabel 2. 10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	28
Tabel 2. 11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	28
Tabel 2. 12 Berat Sendiri Bahan Bangunan	29
Tabel 2. 13 Berat Sendiri Komponen Bangunan	30
Tabel 2. 14 Nilai faktor modifikasi C_{01}	35
Tabel 2. 15 Nilai untuk faktor massa efektif C_{m1}	35
Tabel 2. 16 Nilai modifikasi C_2	36
Tabel 2. 17 Batasan drift rasio untuk level kinerja	37
Tabel 3. 1 Dimensi dan Tipe Kolom	57
Tabel 3. 2 Dimensi dan Tipe Balok.....	58
Tabel 3. 3 Dimensi dan Tipe Pelat	59
Tabel 3. 4 Dimensi dan Tipe Dinding Geser	59
Tabel 4. 1 Dimensi Balok Struktur.....	61
Tabel 4. 2 Dimensi kolom struktur.....	62
Tabel 4. 3 Dimensi Shearwall	63
Tabel 4. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	65
Tabel 4. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	65
Tabel 4. 6 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	81
Tabel 4. 7 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	81
Tabel 4. 8 Periode Struktur Eksisting.....	82

Tabel 4. 9	<i>Base Reaction</i> Struktur.....	84
Tabel 4. 10	<i>Base Reaction</i> Struktur setelah penskalaan ulang gaya	85
Tabel 4. 11	Simpangan antar tingkat sumbu X.....	87
Tabel 4. 12	Simpangan antar tingkat sumbu Y.....	87
Tabel 4. 13	P Delta arah X	89
Tabel 4. 14	P Delta arah Y	90
Tabel 4. 15	Partisipasi Massa Struktur Eksisting	91
Tabel 4. 16	<i>Calculated Item Pushover</i> X dan Y	99
Tabel 4. 17	Perubahan Dimensi Kolom Alternatif 1	100
Tabel 4. 18	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	105
Tabel 4. 19	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	105
Tabel 4. 20	Periode Struktur Alternatif 1	106
Tabel 4. 21	<i>Base Reaction</i> Struktur.....	108
Tabel 4. 22	<i>Base Reaction</i> Struktur setelah penskalaan ulang gaya	109
Tabel 4. 23	Simpangan antar tingkat sumbu X.....	110
Tabel 4. 24	Simpangan antar tingkat sumbu Y.....	111
Tabel 4. 25	P Delta arah X	113
Tabel 4. 26	P Delta arah Y	113
Tabel 4. 27	Partisipasi Massa Struktur Alternatif 1	114
Tabel 4. 28	Output SAP gaya aksial dan momen K.88-A	116
Tabel 4. 29	Tulangan lentur kolom K.88-A.....	117
Tabel 4. 30	Output <i>spColumn</i> K.88-A.....	120
Tabel 4. 31	Output SAP gaya aksial dan momen K.99-A	124
Tabel 4. 32	Tulangan lentur kolom K.99-A.....	125
Tabel 4. 33	Output <i>spColumn</i> K.88-A.....	128
Tabel 4. 34	<i>Calculated Item Pushover</i> X dan Y	133
Tabel 4. 35	Perubahan Dimensi Kolom Alternatif 2	134
Tabel 4. 36	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	139
Tabel 4. 37	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	139
Tabel 4. 38	Periode Struktur Alternatif 2	140
Tabel 4. 39	<i>Base Reaction</i> Struktur.....	142
Tabel 4. 40	<i>Base Reaction</i> Struktur setelah penskalaan ulang gaya	143
Tabel 4. 41	Simpangan antar tingkat sumbu X.....	144
Tabel 4. 42	Simpangan antar tingkat sumbu Y.....	145
Tabel 4. 43	P Delta arah X	147
Tabel 4. 44	P Delta arah Y	147
Tabel 4. 45	Partisipasi Massa Struktur Alternatif 2	148
Tabel 4. 46	Output SAP gaya aksial dan momen K.710.....	149

Tabel 4. 47 Tulangan lentur kolom K.710.....	151
Tabel 4. 48 Output <i>spColumn</i> K.710.....	154
Tabel 4. 49 <i>Calculated Item Pushover</i> X dan Y	160
Tabel 4. 50 Rekap Volume Struktur Eksisting.....	161
Tabel 4. 51 Rekap Biaya Struktur Eksisting	161
Tabel 4. 52 Rekap Biaya Pembangunan dan Restorasi Struktur Eksisting	163
Tabel 4. 53 Rekap Volume Struktur Alternatif 1	163
Tabel 4. 54 Rekap Biaya Struktur Alternatif 1	163
Tabel 4. 55 Rekap Biaya Pembangunan dan Restorasi Struktur Alternatif 1	164
Tabel 4. 56 Rekap Volume Struktur Alternatif 2	165
Tabel 4. 57 Rekap Biaya Struktur Alternatif 2	165
Tabel 4. 58 Rekap Biaya Pembangunan dan Restorasi Struktur Alternatif 2.....	166

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L 1. <i>Shop Drawing</i> Struktur.....	179
Gambar L 2. Hasil Tes Tanah	201
Gambar L 3. Hasil Cek Turnitin	202
Gambar L 4. Lembar Bimbingan.....	203
Tabel L 1. Volume Struktur Eksisting.....	189
Tabel L 2. Volume Struktur Alternatif 1	193
Tabel L 3. Volume Struktur Alternatif 2	197

“Halaman ini sengaja dikosongkan”