

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA
STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN
SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN
METODE *PUSHOVER***



Disusun Oleh :

AVISKA TRIAYASKA
NBI : 1432000106

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

2024

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA
STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN
SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN
METODE *PUSHOVER***



Disusun Oleh :

AVISKA TRIAYASKA
NBI : 1432000106

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

2024

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA
STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN
SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN
METODE *PUSHOVER***

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



Disusun oleh:
AVISKA TRIAYASKA
NBI: 1432000106

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2024**

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : AVISKA TRIAYASKA
NBI : 1432000106
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul : ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA
STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN
SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN
METODE PUSHOVER

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing



Nurul Rochmah, S.T., M.T., M.Sc.
NPP. 20430.15.0644

Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Dr. Ir. Sajoyo, 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

Saya yang bertanggung jawab dibawah ini:

Nama : Aviska Triayaska

NBI : 1432000106

Alamat : Jl. Zaenal Abidin No.71 RT. 02B/RW. 01 Tambak Sumur, Waru,
Sidoarjo

Telepon/HP : 089644632593

Menyatakan bahwa “TUGAS AKHIR” yang dibuat oleh penulis untuk memenuhi persyaratan kelulusan Sarjana Teknik Sipil – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul:

“ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER”

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, 15 Januari 2024





**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 dibawah ini :

Nama : Aviska Triayaska
NBI : 1432000106
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Karya : Skripsi/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Praktek*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, **Hak Bebas Royalti (Non-Exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER”

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif (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 : 15 Januari 2024

Surabaya, 15 Januari 2024



(Aviska Triayaska)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul **”Analisa Perbandingan Level Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Berdasarkan SNI 1726:2012 dan 1726:2019 Menggunakan Metode *Pushover*”** sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, tentunya tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis
2. Ibu Nurul Rochmah, S.T., M.T, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir yang memberikan pengarahan serta bimbingan selama penyusunan Proposal Tugas Akhir
3. Ibu Laily Endah Fatmawati, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
4. Ibu Faradlillah Saves, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
5. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak lepas dari kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan Proposal Tugas Akhir serta dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 15 Januari 2024

Penulis

ANALISA PERBANDINGAN LEVEL KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER

Nama : Aviska Triayaska
NBI : 1432000106
Dosen Pembimbing : Nurul Rochmah, S.T., M.T, M.Sc.

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam merencanakan struktur bangunan mengingat Indonesia merupakan negara rawan bencana gempa bumi. Peraturan gempa berubah dari waktu ke waktu seiring dengan adanya fenomena gempa yang terjadi di Indonesia beberapa tahun ke belakang. Dengan diterbitkannya peraturan gempa terbaru, maka bangunan yang direncanakan menggunakan peraturan gempa lama perlu ditinjau kembali kekuatan struktur dan kinerja bangunannya berdasarkan peraturan gempa terbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja bangunan berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Parameter yang dianalisis yaitu pengaruh gaya gempa seperti nilai partisipasi massa, nilai gaya geser dasar, dan nilai simpangan antar lantai berdasarkan peraturan gempa lama dan peraturan gempa terbaru, yaitu SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan nilai respons spektrum mengalami peningkatan nilai S_a sebesar 5,35%, nilai partisipasi massa meningkat sebesar 0,4% untuk arah x dan sebesar 0,2% untuk arah y, nilai gaya dalam pada arah x memiliki presentase lebih kecil dari balok dan kolom arah y, nilai gaya geser dasar meningkat sebesar 17,72% untuk arah x dan 16,81% untuk arah y, simpangan antar lantai terjadi peningkatan sebesar 0,0583% hingga 0,0920%.

Hasil analisis level kinerja yang menggunakan metode *pushover* berdasarkan ATC-40 dan FEMA-356 menunjukkan bahwa *drift story* maksimum yang terjadi pada gempa arah x dan y mempunyai nilai lebih kecil dan kurang dari 0,01. Sehingga dengan kondisi tersebut, bangunan dapat dikategorikan dalam level *Immediate Occupancy* (IO). Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa gedung yang direncanakan mampu menahan beban gempa dan sudah didesain cukup baik terhadap peraturan gempa terbaru.

Kata Kunci : Gempa Bumi, Level Kinerja, *Pushover*.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE LEVEL OF A 10th STORIES BUILDING STRUCTURE BASED ON SNI 1726:2012 AND SNI 1726:2019 USING THE PUSHOVER METHOD

Name : Aviska Triayaska
NBI : 1432000106
Mentor : Nurul Rochmah, S.T., M.T, M.Sc.

ABSTRACT

Earthquakes are one of the important factors that need to be considered in planning building structures considering that Indonesia is an earthquake-prone country. Earthquake regulations change from time to time along with the earthquake phenomenon that occurred in Indonesia in recent years. With the issuance of the latest earthquake regulations, buildings planned using the old earthquake regulations need to be reviewed for structural strength and building performance based on the latest earthquake regulations.

This study aims to determine the comparison of building performance based on SNI 1726: 2012 and SNI 1726: 2019. The parameters analyzed are the influence of earthquake forces such as mass participation values, base shear force values, and inter-floor deviation values based on old earthquake regulations and the latest earthquake regulations, namely SNI 1726: 2012 and SNI 1726: 2019. The results of the analysis show that the comparison of the spectrum response values has increased the S_a value by 5.35%, the mass participation value increased by 0.4% for the x direction and by 0.2% for the y direction, the internal force value in the x direction has a smaller percentage than the beam and column in the y direction, the base shear force value increased by 17.72% for the x direction and 16.81% for the y direction, the deviation between floors increased by 0.0583% to 0.0920%.

The results of the performance level analysis using the pushover method based on ATC-40 and FEMA-356 show that the maximum story drift that occurs in the x and y direction earthquakes has a value smaller and less than 0.01. So with these conditions, the building can be categorized in the Immediate Occupancy (IO) level. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the planned building is able to withstand earthquake loads and has been designed well enough for the latest earthquake regulations.

Keywords: Earthquake, Performance Level, Pushover.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
SURAT PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Gempa Bumi.....	10
2.2.1 Jalur Gempa Bumi.....	10
2.2.2 Parameter Dasar Gempa Bumi	10
2.3 Pemutakhiran Peta Gempa	13
2.4 Metode Analisis Gaya Gempa	14
2.4.1 Analisis Statis	14
2.4.2 Analisis Dinamis	15
2.5 Analisis Statis Non-Linier (<i>Pushover</i>)	15
2.6 Analisis Level Kinerja Statis Non-Linier (<i>Pushover</i>)	16
2.6.1 Level Kinerja Statis Non-Linier menggunakan Metode ATC-40.....	16
2.6.2 Level Kinerja Statis Non-Linier menggunakan Metode FEMA 356.....	21
2.7 Klasifikasi Struktur Bangunan Tahan Gempa berdasarkan Desain Tingkat Daktalitas.....	23
2.8 Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	24
2.8.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	24
2.8.2 Syarat Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	27
2.8.3 Kriteria Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	36
2.9 Pembebanan Struktur	37
2.9.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	37

2.9.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	39
2.9.3	Beban Angin (<i>Wind Load</i>).....	45
2.9.4	Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	55
2.10	Kombinasi Pembebanan.....	56
2.11	Ketentuan Umum Bangunan Tahan Gempa.....	56
2.11.1	Kategori Risiko Bangunan.....	56
2.11.2	Faktor Keutamaan Gempa.....	59
2.11.3	Klasifikasi Situs.....	59
2.11.4	Kelas Situs.....	60
2.11.5	Faktor Respons Gempa.....	60
2.11.6	Koefisien Situs dan Spektral Percepatan.....	62
2.11.7	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	63
2.11.8	Spektrum Respons Desain.....	63
2.11.9	Kategori Desain Seismik (KDS).....	66
2.11.10	Koefisien Respons Seismik.....	67
2.11.11	Penentuan Periode.....	67
2.11.12	Geser Dasar.....	69
2.11.13	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	71
2.11.14	Pengaruh P-Delta.....	71
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		73
3.1	Diagram Alir.....	73
3.2	Tahapan Penelitian.....	74
3.2.1	Studi Literatur.....	74
3.2.2	Pengumpulan Data.....	75
3.3	Analisa Pembebanan.....	77
3.4	Permodelan SAP2000 V 22.2.0.....	78
3.5	Analisis Tulangan SRPMK.....	78
3.6	Analisa Kontrol.....	78
3.7	Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur berdasarkan SNI 2847:2019.....	79
3.8	Analisis Level Kinerja Struktur dengan Metode <i>Pushover</i>	79
3.9	Perbandingan Hasil dan Kesimpulan.....	80
BAB IV PEMBAHASAN.....		81
4.1	Data Bangunan.....	81
4.2	Pembebanan.....	81
4.2.1	Beban Mati.....	81
4.2.2	Beban Hidup.....	83
4.2.3	Beban Angin.....	84
4.2.4	Berat Seismik.....	92

4.3	Analisa Sistem Struktur (SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)	119
4.3.1	Menentukan Kategori Risiko Bangunan	119
4.3.2	Menentukan Faktor Keutamaan Gempa	120
4.3.3	Menentukan Klasifikasi Situs	120
4.3.4	Menentukan Nilai Spektral Desain	120
4.3.5	Menentukan Faktor Respon Gempa	121
4.3.6	Menentukan Koefisien Situs dan Spektral Percepatan	124
4.3.7	Menentukan Parameter Percepatan Spektral Desain	124
4.3.8	Menentukan Spektrum Respon Desain	125
4.3.9	Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)	130
4.3.10	Menentukan Koefisien Respon Seismik	131
4.3.11	Menghitung Periode Fundamental Pendekatan (T_a)	131
4.3.12	Menentukan Nilai Koefisien Respon Seismik (C_s)	132
4.3.13	Menghitung Geser Dasar (V)	134
4.4	Kombinasi Pembebanan	134
4.5	Permodelan Struktur menggunakan <i>Software</i> SAP2000 v.22.0.0	135
4.6	Perbandingan W_{Manual} dengan W_{SAP}	135
4.6.1	Perbandingan Berat Seismik Berdasarkan SNI 1726:2012	135
4.6.2	Perbandingan Berat Seismik Berdasarkan SNI 1726:2019	136
4.7	Partisipasi Massa (<i>Mass Ratio</i>)	136
4.7.1	Partisipasi Massa Berdasarkan SNI 1726:2012	136
4.7.2	Partisipasi Massa Berdasarkan SNI 1726:2019	137
4.8	Periode Fundamental	138
4.8.1	Periode Fundamental Berdasarkan SNI 1726:2012	138
4.8.2	Periode Fundamental Berdasarkan SNI 1726:2019	140
4.9	Penskalaan Gaya Geser (<i>Base Shear</i>)	142
4.9.1	Penskalaan Gaya Geser (<i>Base Shear</i>) Berdasarkan SNI 1726:2012	142
4.9.2	Penskalaan Gaya Geser (<i>Base Shear</i>) Berdasarkan SNI 1726:2019	145
4.10	Sistem Ganda (<i>Dual System</i>)	148
4.10.1	Sistem Ganda (<i>Dual System</i>) Berdasarkan SNI 1726:2012	149
4.10.2	Sistem Ganda (<i>Dual System</i>) Berdasarkan SNI 1726:2019	154
4.11	Simpangan Antar Lantai	160
4.11.1	Simpangan Antar Lantai Berdasarkan SNI 1726:2012	160
4.11.2	Simpangan Antar Lantai Berdasarkan SNI 1726:2019	166
4.12	Pengaruh P-Delta	171
4.12.1	P-Delta Berdasarkan SNI 1726:2012	171
4.12.2	P-Delta Berdasarkan SNI 1726:2019	175
4.13	Analisis Tulangan SRPMK	179

4.13.1	Cek Balok SRPMK	180
4.13.2	Cek Kolom SRPMK.....	199
4.14	Evaluasi Kinerja Struktur	223
4.15	Kurva Kapasitas Analisis <i>Pushover</i>	224
4.15.1	Kurva Kapasitas Analisis <i>Pushover</i> Berdasarkan SNI 1726:2012	224
4.15.2	Kurva Kapasitas Analisis <i>Pushover</i> Berdasarkan SNI 1726:2019	225
4.16	Titik Kinerja Berdasarkan ATC-40.....	227
4.16.1	Titik Kinerja Berdasarkan ATC-40 (SNI 1726:2012).....	227
4.16.2	Titik Kinerja Berdasarkan ATC-40 (SNI 1726:2019).....	230
4.17	Titik Kinerja Berdasarkan FEMA-356	233
4.17.1	Titik Kinerja Berdasarkan FEMA-356 (SNI 1726:2012).....	233
4.17.2	Titik Kinerja Berdasarkan FEMA-356 (SNI 1726:2019).....	237
4.18	Sendi Plastis	241
4.18.1	Sendi Plastis Berdasarkan SNI 1726:2012	241
4.18.2	Sendi Plastis Berdasarkan SNI 1726:2019	245
4.19	Perbandingan Hasil Analisa SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012	249
4.19.1	Perbandingan Gaya Dalam pada Balok dan Kolom	249
4.19.2	Perbandingan Simpangan	252
4.19.3	Perbandingan Periode.....	254
4.19.4	Perbandingan Gaya Geser (<i>Base Shear</i>).....	254
4.19.5	Perbandingan P-Delta.....	254
4.19.6	Perbandingan Level Kinerja Struktur	257
BAB V PENUTUP		259
5.1	Kesimpulan.....	259
5.2	Saran.....	260
DAFTAR PUSTAKA		261
LAMPIRAN I.....		263
LAMPIRAN II		294
LAMPIRAN III.....		304
LAMPIRAN IV		307
LAMPIRAN V		311

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Gempa bumi merusak di Indonesia dari tahun 2000 hingga 2002	2
Gambar 2. 1 Peta Lempeng Dunia	10
Gambar 2. 2 Tipikal Kurva Kapasitas	17
Gambar 2. 3 Ilustrasi Perencanaan Berbasis Kinerja	18
Gambar 2. 4 (a) Kurva Kapasitas (b) Spektrum Kapasitas	19
Gambar 2. 5 Konversi Spektrum Respon ke Spectrum Demand	20
Gambar 2. 6 Titik Kinerja Hasil Analisis Pushover	21
Gambar 2. 7 Derajat Keruntuhan	22
Gambar 2. 8 Lebar Efektif Maksimum Balok Lebar (Wide Beam) dan Persyaratan Tulangan Transversal	28
Gambar 2. 9 Senggang Tertutup Saling Tumpuk dan Pengikat Silang	29
Gambar 2. 10 Luas Joint Efektif	35
Gambar 2. 11 Sendi Plastis.....	36
Gambar 2. 12 Mekanisme Keruntuhan Lokal dan Global.....	37
Gambar 2. 13 Koefisien Tekanan Eksternal untuk Bangunan Tertutup dan Bangunan Tertutup Sebagian Dinding dan Atap	53
Gambar 2. 14 Spektrum Respons Desain.....	64
Gambar 2. 15 Spektrum Respons Desain.....	65
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	73
Gambar 3. 1 Diagram Alir (Lanjutan).....	74
Gambar 3. 2 Denah Bangunan	75
Gambar 3. 3 Tampak Samping Bangunan.....	77
Gambar 4. 1 Detail Balok dan Kolom yang terkena Beban Angin	90
Gambar 4. 2 Arah Angin Datang dan Angin Pergi	91
Gambar 4. 3 Detail Balok dan Kolom Lantai 1	93
Gambar 4. 4 Detail Balok dan Kolom Lantai 2.....	96
Gambar 4. 5 Detail Balok dan Kolom Lantai 3.....	100
Gambar 4. 6 Detail Balok dan Kolom Lantai 4.....	103
Gambar 4. 7 Detail Balok dan Kolom Lantai 5-7	107
Gambar 4. 8 Detail Balok dan Kolom Lantai 8-10	111
Gambar 4. 9 Detail Balok dan Kolom Lantai Dak Atap	115
Gambar 4. 10 Spektrum Respon Desain	121
Gambar 4. 11 Grafik Perhitungan Respon Spektrum	129
Gambar 4. 12 Grafik Simpangan antar Lantai	165
Gambar 4. 13 Grafik Simpangan antar Lantai	171
Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh P-Delta	175

Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh P-Delta	179
Gambar 4. 16 General Information	199
Gambar 4. 17 Material Properties	200
Gambar 4. 18 Rectangular Section.....	200
Gambar 4. 19 Sides Different.....	201
Gambar 4. 20 Kolom K5-1.....	201
Gambar 4. 21 Confinement	202
Gambar 4. 22 Factored Loads	202
Gambar 4. 23 Execute	203
Gambar 4. 24 View Interaction	203
Gambar 4. 25 Kolom K5-1.....	204
Gambar 4. 26 Kolom K5-1.....	204
Gambar 4. 27 Kolom K5-1.....	205
Gambar 4. 28 Kolom K5-1.....	205
Gambar 4. 29 Perubahan Mutu Tulangan Baja	214
Gambar 4. 30 Diagram Kolom Total Gaya Geser dan Momen	222
Gambar 4. 31 Kurva Kapasitas Pushover Arah X.....	224
Gambar 4. 32 Kurva Kapasitas Pushover Arah Y	225
Gambar 4. 33 Kurva Kapasitas Pushover Arah X.....	226
Gambar 4. 34 Kurva Kapasitas Pushover Arah Y	227
Gambar 4. 35 Kurva Kapasitas Spektrum ATC-40 Arah X.....	228
Gambar 4. 36 Kurva Kapasitas Spektrum ATC-40 Arah Y	229
Gambar 4. 37 Kurva Kapasitas Spektrum ATC-40 Arah X.....	231
Gambar 4. 38 Kurva Kapasitas Spektrum ATC-40 Arah Y	231
Gambar 4. 39 Kurva Kapasitas Spektrum FEMA-356 Arah X.....	233
Gambar 4. 40 Parameter Nilai FEMA-356 Arah X.....	234
Gambar 4. 41 Kurva Kapasitas Spektrum FEMA-356 Arah Y	234
Gambar 4. 42 Kurva Kapasitas Spektrum FEMA-356 Arah Y	235
Gambar 4. 43 Kurva Kapasitas Spektrum FEMA-356 Arah X.....	237
Gambar 4. 44 Parameter Nilai FEMA-356 Arah X.....	238
Gambar 4. 45 Kurva Kapasitas Spektrum FEMA-356 Arah Y	238
Gambar 4. 46 Parameter Nilai FEMA-356 Arah Y	239
Gambar 4. 47 Pola Keruntuhan ke-1 pada Arah X.....	242
Gambar 4. 48 Pola Keruntuhan ke-2 pada Arah X.....	243
Gambar 4. 49 Pola Keruntuhan ke-5 pada Arah X.....	243
Gambar 4. 50 Pola Keruntuhan ke-1 pada Arah Y	244
Gambar 4. 51 Pola Keruntuhan ke-2 pada Arah Y	245
Gambar 4. 52 Pola Keruntuhan ke-1 pada Arah X.....	246

Gambar 4. 53 Pola Keruntuhan ke-2 pada Arah X.....	246
Gambar 4. 54 Pola Keruntuhan ke-7 pada Arah X.....	247
Gambar 4. 55 Pola Keruntuhan ke-1 pada Arah Y	248
Gambar 4. 56 Pola Keruntuhan ke-2 pada Arah Y	248
Gambar 4. 57 Grafik Perbandingan Simpangan Arah X	252
Gambar 4. 58 Grafik Perbandingan Simpangan Arah Y	253
Gambar 4. 59 Grafik Perbandingan P-Delta Arah X.....	255
Gambar 4. 60 Grafik Perbandingan P-Delta Arah Y	256

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Intensitas Gempa Bumi berdasarkan Skala MMI.....	11
Tabel 2. 1 Intensitas Gempa Bumi berdasarkan Skala MMI (Lanjutan).....	12
Tabel 2. 2 Perbedaan Peta Gempa 2010 dan Peta Gempa 2017	13
Tabel 2. 2 Perbedaan Peta Gempa 2010 dan Peta Gempa 2017 (Lanjutan)	14
Tabel 2. 3 Batasan Rasio Simpangan Antar Tingkat ATC-40.....	17
Tabel 2. 4 Level Kinerja Struktur.....	17
Tabel 2. 4 Level Kinerja Struktur (Lanjutan).....	18
Tabel 2. 5 Batasan Rasio Simpangan Antar Tingkat FEMA-356.....	23
Tabel 2. 6 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	26
Tabel 2. 7 Kekuatan Geser Nominal Joint (V_n).....	34
Tabel 2. 8 Beban Mati untuk Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	37
Tabel 2. 8 Beban Mati untuk Bahan Bangunan dan Komponen Gedung (Lanjutan)	38
Tabel 2. 8 Beban Mati untuk Bahan Bangunan dan Komponen Gedung (Lanjutan)	39
Tabel 2. 9 Beban Hidup pada Lantai Gedung	39
Tabel 2. 9 Beban Hidup pada Lantai Gedung (Lanjutan).....	40
Tabel 2. 9 Beban Hidup pada Lantai Gedung (Lanjutan).....	41
Tabel 2. 9 Beban Hidup pada Lantai Gedung (Lanjutan).....	42
Tabel 2. 9 Beban Hidup pada Lantai Gedung (Lanjutan).....	43
Tabel 2. 10 Beban Hidup.....	44
Tabel 2. 11 Reduksi Beban Hidup.....	45
Tabel 2. 12 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es	46
Tabel 2. 13 Faktor Arah Angin (K_d)	47
Tabel 2. 14 Parameter untuk Peningkatan Kecepatan di Atas Bukit dan Tebing	48
Tabel 2. 15 Sistem Penahan Gaya Angin Utama dan Komponen dan Klading.....	49
Tabel 2. 16 Faktor Elevasi Permukaan Tanah (K_e).....	50
Tabel 2. 17 Koefisien Eksposur Tekanan Velocitas (K_z atau K_h).....	50
Tabel 2. 17 Koefisien Eksposur Tekanan Velocitas (K_z atau K_h) (Lanjutan)	51
Tabel 2. 18 Konstanta Eksposur Dataran	51
Tabel 2. 19 Koefisien Tekanan Dinding.....	54
Tabel 2. 20 Koefisien Tekanan Atap.....	54
Tabel 2. 21 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa.	57
Tabel 2. 21 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa (Lanjutan).....	58
Tabel 2. 21 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa (Lanjutan).....	59

Tabel 2. 22 Faktor Keutamaan Gempa.....	59
Tabel 2. 23 Klasifikasi Situs.....	59
Tabel 2. 23 Klasifikasi Situs (Lanjutan).....	60
Tabel 2. 24 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s (SNI 1726:2012).....	61
Tabel 2. 25 Kategori Lokasi F_v , untuk Menentukan Nilai S_1 (SNI 1726:2012)	61
Tabel 2. 26 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s (SNI 1726:2019).....	62
Tabel 2. 27 Kategori Lokasi F_v , untuk Menentukan Nilai S_1 (SNI 1726:2019)	62
Tabel 2. 28 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	66
Tabel 2. 29 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	66
Tabel 2. 30 Tingkat Risiko Kegempaan dan Kategori Desain Gempa (KDG).....	66
Tabel 2. 31 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	67
Tabel 2. 32 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung.....	68
Tabel 2. 33 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_1 dan x	68
Tabel 2. 34 Simpangan antar Tingkat Izin, $\Delta_a^{a,b}$	71
Tabel 3. 1 Rekapitulasi Tipe Balok	76
Tabel 3. 2 Rekapitulasi Tipe Kolom.....	76
Tabel 4. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	81
Tabel 4. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung (Lanjutan).....	82
Tabel 4. 2 Beban Mati yang digunakan pada Balok.....	82
Tabel 4. 3 Beban Mati yang digunakan pada Lantai 1-Lantai 10.....	82
Tabel 4. 4 Beban Mati yang digunakan pada Atap.....	83
Tabel 4. 5 Beban Hidup Terdistribusi Merata dan Terpusat Minimum	83
Tabel 4. 6 Faktor Elemen Beban Hidup (K_{LL}).....	83
Tabel 4. 7 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa*, dan Es	85
Tabel 4. 8 Arah Kecepatan Rata Rata dan Kecepatan Angin Maksimum di Perak I.....	85
Tabel 4. 9 Arah Kecepatan Rata Rata dan Kecepatan Angin Maksimum di Perak II.....	86
Tabel 4. 10 Faktor Arah Angin (K_d)	86
Tabel 4. 11 Sistem Penahan Gaya Angin Utama dan Komponen dan Klading.....	87
Tabel 4. 12 Faktor Elevasi Permukaan Tanah (K_e).....	87
Tabel 4. 13 Konstanta Eksposur Dataran	88
Tabel 4. 14 Koefisien Eksposur Tekanan Velocitas (K_z atau K_h).....	88
Tabel 4. 15 Koefisien Tekanan Dinding.....	89
Tabel 4. 16 Tekanan Angin.....	89
Tabel 4. 17 Beban Angin pada Arah Angin Datang.....	91
Tabel 4. 18 Beban Angin pada Arah Angin Tepi.....	92

Tabel 4. 19 Beban Angin pada Arah Angin Pergi.....	92
Tabel 4. 20 Koefisien Reduksi Beban Hidup	92
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Berat Seismik.....	119
Tabel 4. 22 Kategori Risiko Bangunan dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	119
Tabel 4. 23 Faktor Keutamaan Gempa.....	120
Tabel 4. 24 Klasifikasi Situs.....	120
Tabel 4. 25 Parameter Spektrum Respom Desain	120
Tabel 4. 26 Parameter Spektrum Respon Desain	121
Tabel 4. 27 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s	122
Tabel 4. 28 Kategori Lokasi F_v , untuk Menentukan Nilai S_1	122
Tabel 4. 29 Koefisien Situs, F_a untuk Menentukan Nilai S_s	123
Tabel 4. 30 Kategori Lokasi F_v , untuk Menentukan Nilai S_1	123
Tabel 4. 31 Perhitungan Grafik Respons Spektrum	128
Tabel 4. 31 Perhitungan Grafik Respons Spektrum (Lanjutan)	129
Tabel 4. 32 Perbandingan Perolehan Parameter Spektrum Respon Desain.....	130
Tabel 4. 33 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	130
Tabel 4. 34 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	130
Tabel 4. 35 Tingkat Risiko Kegempaan dan Kategori Desain Seismik (KDS)	131
Tabel 4. 36 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	131
Tabel 4. 37 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	132
Tabel 4. 38 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung.....	132
Tabel 4. 39 Tabel Perbandingan Perhitungan Berat Seismik.....	135
Tabel 4. 40 Tabel Perbandingan Perhitungan Berat Seismik.....	136
Tabel 4. 41 Hasil Output Partisipasi Massa (Mass Ratio).....	137
Tabel 4. 42 Hasil Output Partisipasi Massa (Mass Ratio).....	137
Tabel 4. 42 Hasil Output Partisipasi Massa (Mass Ratio) (Lanjutan)	138
Tabel 4. 43 Hasil Output Periode Fundamental	139
Tabel 4. 44 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	139
Tabel 4. 45 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung.....	140
Tabel 4. 46 Hasil Output Periode Fundamental	140
Tabel 4. 46 Hasil Output Periode Fundamental (Lanjutan).....	141
Tabel 4. 47 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	141
Tabel 4. 48 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung.....	141
Tabel 4. 49 Rekapitulasi Koefisien Respon Seismik (C_s)	143
Tabel 4. 50 Hasil Output Base Shear.....	144

Tabel 4. 51 Hasil Output Base Shear dengan Faktor Pembesaran	145
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Koefisien Respon Seismik (C_s)	146
Tabel 4. 53 Hasil Output Base Shear.....	147
Tabel 4. 54 Hasil Output Base Shear dengan Faktor Pembesaran	148
Tabel 4. 55 Hasil Output Joint Reaction SRPM.....	149
Tabel 4. 55 Hasil Output Joint Reaction SRPM (Lanjutan).....	150
Tabel 4. 56 Hasil Output Joint Reaction Shearwall.....	150
Tabel 4. 57 Hasil Output SRPM berdasarkan RS Arah X	151
Tabel 4. 57 Hasil Output SRPM berdasarkan RS Arah X (Lanjutan)	152
Tabel 4. 58 Hasil Output SRPM berdasarkan RS Arah Y	152
Tabel 4. 59 Hasil Output Shearwall berdasarkan RS Arah X.....	153
Tabel 4. 60 Hasil Output Shearwall berdasarkan RS Arah Y.....	153
Tabel 4. 61 Hasil Output Joint Reaction SRPM.....	154
Tabel 4. 61 Hasil Output Joint Reaction SRPM (Lanjutan)	155
Tabel 4. 62 Hasil Output Joint Reaction Shearwall.....	156
Tabel 4. 63 Hasil Output SRPM berdasarkan RS Arah X	157
Tabel 4. 64 Hasil Output SRPM berdasarkan RS Arah Y	158
Tabel 4. 65 Hasil Output Shearwall berdasarkan RS Arah X.....	158
Tabel 4. 66 Hasil Output Shearwall berdasarkan RS Arah Y.....	159
Tabel 4. 67 Hasil Output Displacements Arah X	160
Tabel 4. 68 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	161
Tabel 4. 69 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Arah X.....	162
Tabel 4. 70 Hasil Output <i>Displacements</i> Arah Y	163
Tabel 4. 71 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	164
Tabel 4. 72 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Arah Y	165
Tabel 4. 73 Hasil Output Displacements Arah X	166
Tabel 4. 74 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	167
Tabel 4. 75 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Arah X	168
Tabel 4. 76 Hasil Output <i>Displacements</i> Arah Y	168
Tabel 4. 77 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	169
Tabel 4. 78 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Arah Y	170
Tabel 4. 79 Hasil Output Beban P Horizontal	171
Tabel 4. 79 Hasil Output Beban P Horizontal (Lanjutan)	172
Tabel 4. 80 Hasil Output Beban Lateral Respon Spektra Arah X (V_x)	172
Tabel 4. 81 Hasil Output Beban Lateral Respon Spektra Arah Y (V_y).....	173
Tabel 4. 82 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah X.....	174
Tabel 4. 83 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah Y	174
Tabel 4. 83 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah Y (Lanjutan)	175

Tabel 4. 84 Hasil Output Beban P Horizontal	176
Tabel 4. 85 Hasil Output Beban Lateral Respon Spektra Arah X (V_x)	176
Tabel 4. 86 Hasil Output Beban Lateral Respon Spektra Arah Y (V_y).....	177
Tabel 4. 87 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah X.....	178
Tabel 4. 88 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah Y	178
Tabel 4. 88 Rekapitulasi Perhitungan P-Delta Arah Y (Lanjutan)	179
Tabel 4. 89 Momen Kapasitas	189
Tabel 4. 90 Export Table SpColumn	206
Tabel 4. 91 Hasil Output Kolom	213
Tabel 4. 92 Hasil Output Momen Kapasitas Kolom	214
Tabel 4. 93 Hasil Output Puhover Capacity Curve Arah X.....	224
Tabel 4. 94 Hasil Output Puhover Capacity Curve Arah Y.....	225
Tabel 4. 95 Hasil Output Puhover Capacity Curve Arah X.....	226
Tabel 4. 96 Hasil Output Puhover Capacity Curve Arah Y	227
Tabel 4. 97 Level Kinerja Struktur ATC-40	229
Tabel 4. 98 Hasil Output Kurva ATC-40 Arah X	229
Tabel 4. 99 Hasil Output Kurva ATC-40 Arah Y	230
Tabel 4. 100 Level Kinerja Struktur ATC-40	232
Tabel 4. 101 Hasil Output Kurva ATC-40 Arah X	232
Tabel 4. 102 Hasil Output Kurva ATC-40 Arah Y	232
Tabel 4. 103 Level Kinerja Struktur FEMA-356	235
Tabel 4. 104 Hasil Output Kurva FEMA-356 Arah X.....	235
Tabel 4. 105 Hasil Output Kurva FEMA-356 Arah Y.....	236
Tabel 4. 106 Level Kinerja Struktur FEMA-356	239
Tabel 4. 107 Hasil Output Kurva FEMA-356 Arah X.....	239
Tabel 4. 108 Hasil Output Kurva FEMA-356 Arah Y.....	240
Tabel 4. 109 Tingkat Kerusakan Struktur Akibat Terbentuknya Sendi Plastis.....	241
Tabel 4. 110 Hasil Perbandingan Gaya Dalam Balok Arah X.....	249
Tabel 4. 111 Hasil Perbandingan Gaya Dalam Balok Arah Y	250
Tabel 4. 112 Hasil Perbandingan Gaya Dalam Kolom Arah X	250
Tabel 4. 112 Hasil Perbandingan Gaya Dalam Kolom Arah X (Lanjutan)	251
Tabel 4. 113 Hasil Perbandingan Gaya Dalam Kolom Arah Y	251
Tabel 4. 114 Hasil Perbandingan Nilai Simpangan Arah X	252
Tabel 4. 115 Hasil Perbandingan Nilai Simpangan Arah Y	253
Tabel 4. 116 Hasil Perbandingan Nilai Periode.....	254
Tabel 4. 117 Hasil Perbandingan Nilai Gaya Geser (Base Shear).....	254
Tabel 4. 118 Hasil Perbandingan Nilai P-Delta Arah X.....	255
Tabel 4. 119 Hasil Perbandingan Nilai P-Delta Arah Y	256

Tabel 4. 120 Hasil Perbandingan Level Kinerja.....	257
--	-----

DAFTAR NOTASI

a_o	=	frekuensi tak berdimensi
a_i	=	percepatan di tingkat i yang diperoleh melalui analisis ragam
A_0	=	luas tapak fondasi (m^2)
b	=	ukuran denah struktur terpendek, dalam mm diukur tegak lurus d
b_e	=	ukuran fondasi efektif
B	=	setengah dari dimensi terkecil pada dasar struktur
c	=	jarak dari sumbu netral suatu elemen yang mengalami lentur, hingga serat yang mengalami regangan tekan maksimum (mm)
C_d	=	faktor pembesaran simpangan lateral
C_s	=	koefisien respons seismik
C_u	=	koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
C_v	=	koefisien vertikal
d	=	dimensi denah terpanjang struktur (mm), yang diukur tegak lurus terhadap b
D	=	pengaruh dari beban mati
E	=	pengaruh beban seismik horizontal dan vertikal
E_h	=	pengaruh gaya seismik horizontal
E_v	=	pengaruh gaya seismik vertikal
F_a	=	koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
F_v	=	koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
g	=	percepatan gravitasi ($m/detik^2$)
h	=	tinggi rata-rata struktur diukur dari dasar hingga level atap
h_i, h_x	=	tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
h_{sx}	=	tinggi tingkat di bawah level- x
H	=	tebal lapisan tanah (m)
I_e	=	faktor keutamaan gempa
L	=	pengaruh beban hidup
L_r	=	pengaruh beban hidup di atap
MCE	=	gempa maksimum yang dipertimbangkan
MCE_G	=	nilai tengah geometrik gempa tertimbang maksimum
MCE_R	=	gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
PGA	=	percepatan muka tanah puncak MCE_G terpeta
PGA_M	=	percepatan muka tanah puncak MCE_G yang sudah disesuaikan akibat pengaruh kelas situs
PI	=	indeks plastisitas tanah

P_x	= total beban rencana vertikal tidak terfaktor pada dan di atas tingkat-x, seperti yang digunakan
R	= koefisien modifikasi respons
S_u	= kuat geser niralir
S_{DS}	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
S_{D1}	= parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
S_{MS}	= parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{M1}	= percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_S	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
S_I	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
T	= periode fundamental bangunan
T_L	= peta transisi perioda panjang
T_0	= $0,2 \frac{S_{DS}}{S_{D1}}$
T_s	= $\frac{S_{DS}}{S_{D1}}$
Tingkat i	= tingkat bangunan yang dirujuk dengan subskrip i ; $i = 1$ menunjukkan tingkat pertama di atas dasar
Tingkat n	= tingkat yang paling atas pada bagian utama bangunan
Tingkat x	= lihat "Tingkat i "
V	= geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau, seperti ditentukan menggunakan prosedur
ΔV	= reduksi V
w	= kadar air tanah (persen)
w_i	= tributari berat sampai tingkat- i
w_x	= bagian dari berat seismik efektif struktur di tingkat x
\bar{W}	= beban angin
\bar{W}	= berat seismik efektif struktur
x	= tingkat yang sedang ditinjau, 1 menandakan tingkat pertama setelah lantai dasar
x_i, y_i	= jarak horizontal (mm) dari pusat massa terhadap isolator ke i pada dua sumbu horizontal dari sistem isolasi

y	= jarak (mm) antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban gempa yang ditinjau
α	= koefisien reduksi gaya geser dasar yang disebabkan oleh redaman fondasi akibat ITS
β_{eff}	= redaman efektif sistem isolasi
Δ	= simpangan antar tingkat desain
Δ_a	= simpangan antar tingkat yang dizinkan
δ_{max}	= perpindahan maksimum (mm) di tingkat- x ,
δ_x	= defleksi pusat massa di tingkat x
θ	= koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
ρ	= faktor redundansi struktur
λ	= faktor pengaruh waktu
λ_{max}	= faktor modifikasi properti untuk perhitungan nilai maksimum dari properti isolator yang ditinjau, digunakan untuk memperhitungkan semua data variabilitas properti isolator
λ_{min}	= faktor modifikasi properti untuk perhitungan nilai minimum dari properti isolator yang ditinjau, digunakan untuk memperhitungkan semua data variabilitas properti isolator
Ω_0	= faktor kuat lebih
γ	= berat jenis rata-rata tanah sepanjang kedalaman B di bawah dasar struktur
μ	= kebutuhan daktilitas yang diperkirakan