

TUGAS AKHIR

**Analisis Kinerja Seismik Struktur Rangka Gedung Beton
Bertulang dengan *Soft Story* di *High Seismicity Region***



Disusun oleh:

Mohammad Ridho Hisyam

20200110135

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

**Analisis Kinerja Seismik Struktur Rangka Gedung Beton
Bertulang dengan *Soft Story* di *High Seismicity Region***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Mohammad Ridho Hisyam

20200110135

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Ridho Hisyam

NIM : 20200110135

Judul : Analisis Kinerja Seismik Struktur Rangka Gedung Beton Bertulang dengan *Soft Story* di *High Seismicity Region*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul analisis kinerja seismik struktur rangka gedung beton bertulang dengan *soft story* di *high seismicity region* dan didanai melalui skema Hibah Penelitian Internal *Batch* 1B LRI UMY pada tahun 2024 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 50/R-LRI/XII/2023.

Yogyakarta, 16 Juli 2024

Penulis



Mohammad Ridho Hisyam

Dosen Peneliti



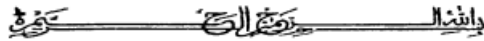
Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T.,
M.Eng., Ph. D(Eng.)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tidak ada lembar skripsi paling indah dalam laporan skripsi ini kecuali lembar pengesahan. Bismillahirrahmanirrahim skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan pertolongan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Dua orang paling berjasa dalam hidup saya, Mamah dan Bapak yang selalu melangitkan do'a baik dan menjadikan motivasi bagi saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah mengantarkan saya sampai ke titik ini, saya persembahkan karya tulis sederhana ini dan gelar untuk Mamah dan Bapak ku tercinta.
3. Kepada adikku satu-satunya Quinnisa Amanda Hanifah. Terimakasih saya ucapkan dengan segenap hati karena atas semua dukungan, sayang, cinta, dan doa yang selalu kalian curahkan dan limpahkan kepada saya.
4. Bi Ai dan Paman Syarif yang saya anggap orang tua kedua. Terimakasih atas do'a, usaha, motivasi, dukungan baik berupa material maupun imaterial yang telah diberikan kepada saya.
5. Terimakasih saya ucapkan kepada keluarga besar saya di Garut dengan segenap hati karena atas semua dukungan, sayang, cinta, dan doa yang selalu kalian curahkan dan limpahkan kepada saya.
6. Diri saya sendiri yang telah berjuang dengan titik darah penghabisan. Sebelumnya berkata saya tidak akan bisa, namun akhirnya mencoba dan percaya pada proses. Akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Peneliti juga persembahkan skripsi ini untuk orang yang selalu bertanya kapan kamu sidang? Dan kapan kamu wisuda? Wisuda hanyalah bentuk seremonial akhir setelah melewati beberapa proses, terlambat lulus bukanlah suatu kejahatan dan bukanlah suatu aib. Karena sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang di selesaikan.
8. Untuk saudara saya mahasiswa UTY yang sudah melaksanakan sidang sebelum saya. Terimakasih telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis bangunan beton bertulang dengan *soft story* di daerah rawan gempa.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Bapak Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.) selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Muhammad Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen penguji tugas akhir.
4. Seluruh dosen yang telah mendidik dan mengajar penulis selama perkuliahan, seluruh staff dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Kedua Orang Tua, adik perempuan saya, dan seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan dan mensupport serta selalu memberi motivasi dan semangat selama menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Mahasiswa pemilik NIM 20200110108 dan 20200110095 yang telah kebersamai penulisan pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan Tugas Akhir. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan saya hingga sekarang ini.

7. Teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
8. Seluruh pihak yang turut berpartisipasi membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan. Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, Juli 2024

Mohammad Ridho Hisyam

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	5
2.1 Penelitian terdahulu.....	5
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Persyaratan Material Konstruksi.....	13
2.2.2 Metode Perencanaan Struktur	14
2.2.3 Persamaan Elemen Konstitutif.....	16
2.2.4 Pembebanan	21
2.2.5 Faktor Beban dan Kombinasi Beban.....	24
2.2.6 Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung.....	25
2.2.7 STERA_3D	35
BAB III	37
3.1 Umum.....	37
3.2 Metode Penelitian.....	37
3.3 Studi Referensi	38
3.4 Data Umum Model.....	38

3.5	Pemodelan Struktur	40
3.5.1	Pemodelan Gempa	40
3.5.2	Model Analisis	43
3.5.3	Pemodelan Struktur Bangunan Menggunakan AutoCad dan Stera 3D	44
3.5.4	Pemodelan Struktur menggunakan SAP 2000 untuk mencari berat Bangunan	51
3.6	Kuantifikasi Lantai Lunak (<i>Soft Story</i>)	52
3.7	Beban Gempa	52
3.7.1	Respons Spektrum di Indonesia sesuai SNI 1726-2019	52
3.7.2	Pemilihan Catatan Gempa/Gerak Tanah kuat (<i>Strong Ground Motion</i>) sesuai SNI 8899:2020	53
3.7.3	Proses Spektral Ground Motions sesuai SNI 8899:2020 pasal 7.9.2.3.1	56
3.7.4	Penyesuaian Data Akselerasi Gempa terhadap Waktu dan Respon Spektrum.....	57
3.8	Parameter <i>Pushover Analysis</i>	57
3.9	Parameter Simpangan (<i>story drift</i>).....	58
3.10	Parameter Kurva Kerapuhan (<i>Fragility Curve</i>)	58
BAB IV	.....	60
4.1	Pembebanan	60
4.1.1	Pembebanan SAP2000	60
4.1.2	Beban Gempa	63
4.2	Hasil Penelitian	65
4.2.1	Pengaruh Perbedaan Elevasi dan Beban terhadap Gempa dengan <i>Pushover Analysis</i>	65
4.2.2	Pengaruh Perbedaan Elevasi dan Beban terhadap <i>Story Drift (drx)</i>	67
4.2.3	Pengaruh Perbedaan Elevasi dan Beban terhadap <i>Fragility Curve</i>	69
BAB V	.....	73
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	.....	74
LAMPIRAN	.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang.....	11
Tabel 2.2 Batasan Nilai f_c' (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	14
Tabel 2.3 Ketentuan pasal 18.2 SNI 2847-2019 (Badan Standarisasi Nasional 2019)	15
Tabel 2.4 Daftar berat bahan bangunan dan komponen gedung (Badan Standarisasi Nasional 2020).....	22
Tabel 2.5 Daftar beban hidup pada lantai ruangan gedung (Badan Standarisasi Nasional 2020).....	22
Tabel 2.6 Kategori resiko gedung dan non gedung (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	25
Tabel 2.7 Faktor keutamaan gempa (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	27
Tabel 2.8 Klasifikasi situs (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	28
Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	30
Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v (Badan Standarisasi Nasional 2019)	30
Tabel 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	34
Tabel 2.12 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Badan Standarisasi Nasional 2019)	34
Tabel 2.13 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (Badan Standarisasi Nasional 2019)	34
Tabel 2.14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (Badan Standarisasi Nasional 2019).....	35
Tabel 2.15 Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_{aa} , b.....	35
Tabel 3.1 Spesifikasi mutu pekerjaan struktur	40
Tabel 3.2 Spesifikasi Baja Tulangan	40
Tabel 3.3 Deskripsi Model	44
Tabel 4.1 Berat model 7 lantai	61
Tabel 4.2 Berat model 9 lantai	61
Tabel 4.3 Berat model 11 lantai	62
Tabel 4.4 Acuan penggambaran respon spektra sesuai SNI 1726:2019.....	65
Tabel 4.5 <i>Drift</i> model 7 lantai	68
Tabel 4.6 <i>Drift</i> model 9 lantai	68
Tabel 4.7 <i>Drift</i> model 11 lantai	68
Tabel 4.8 Probabilitas kegagalan 50% untuk model 7 lantai	71
Tabel 4.9 Probabilitas kegagalan 50% untuk model 9 lantai	71
Tabel 4.10 Probabilitas kegagalan 50% untuk model 11 lantai	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lebar efektif maksimum balok (Badan Standarisasi Nasional 2019)	18
Gambar 2.2 Persyaratan tulangan transversal (Badan Standarisasi Nasional 2019)	18
Gambar 2.3 Contoh penulangan transversal pada kolom (Badan Standarisasi Nasional 2019)	20
Gambar 2.4 Distribusi Vs30 (<i>U.S. Geological Survey, 2024</i>)	29
Gambar 2.5 Parameter gerak tanah Ss, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5 %)(Badan Standarisasi Nasional 2019)	31
Gambar 2.6 Parameter gerak tanah, S1, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %) (Badan Standarisasi Nasional 2019)	31
Gambar 2.7 PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia (Badan Standarisasi Nasional 2019)	32
Gambar 2. 8 Spektrum respons desain (Badan Standarisasi Nasional 2019)	33
Gambar 2. 9 Contoh pemodelan menggunakan STERA_3D	36
Gambar 3.1 <i>flowchart</i> penelitian	38
Gambar 3.2 Dimensi kolom	39
Gambar 3.3 Dimensi balok	39
Gambar 3.4 Tampilan target spektrum	41
Gambar 3.5 Tampilan peta deagregasi bagian Magnitudo	41
Gambar 3.6 Tampilan peta deagregasi bagian R _{rup}	41
Gambar 3.7 Tampilan setelah memasukkan nilai sesuai daerah peta deagregasi	42
Gambar 3.8 Tampilan hasil catatan gempa	42
Gambar 3.9 Tampilan <i>Set target spectrum</i>	43
Gambar 3.10 Tampilan catatan gempa yang telah dicocokkan	43
Gambar 3.11 7N	45
Gambar 3.12 7A	45
Gambar 3.13 7B	45
Gambar 3.14 7C	45
Gambar 3.15 7D	45
Gambar 3.16 9N	45
Gambar 3.17 9A	45
Gambar 3.18 9B	45
Gambar 3.19 9C	45
Gambar 3.20 9D	45
Gambar 3.21 11N	45
Gambar 3.22 11A	45
Gambar 3.23 11B	45
Gambar 3.24 11C	45
Gambar 3.25 11D	45
Gambar 3.26 Pemodelan gedung <i>soft story</i> menggunakan Stera 3D	45
Gambar 3.27 Penentuan jumlah lantai dan panel x dan y	46
Gambar 3.28 Penentuan jarak antar panel x dan y	46

Gambar 3.29 Tampilan bagian beban setiap lantai dan tinggi setiap lantai	47
Gambar 3.30 Tampilan bagian <i>Column editor</i>	47
Gambar 3.31 Tampilan bagian <i>Beam editor</i>	48
Gambar 3.32 Tampilan bagian <i>Option for structure</i>	48
Gambar 3.33 Tampilan bagian <i>Option for structure</i>	49
Gambar 3.34 Tampilan analisis telah lengkap	49
Gambar 3.35 Tampilan bagian <i>Response setting</i>	50
Gambar 3.36 Tampilan bagian <i>Folder dialog</i>	50
Gambar 3.37 Tampilan hasil analisis	51
Gambar 3.38 Pemodelan menggunakan SAP 2000	51
Gambar 3.39 Respons Spektrum daerah Bantul (Sumber: Spektra Indonesia)	53
Gambar 3.40 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk S_a 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun.....	53
Gambar 3.41 Peta sebaran <i>source distance</i> sumber gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk S_a 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun.....	54
Gambar 3.42 Catatan gempa RSN93_SFERN_WND143	54
Gambar 3.43 Catatan gempa RSN345_COALINGA.H_H-Z07000.....	54
Gambar 3.44 Catatan gempa RSN350_COALINGA.H_H-PG2000.....	54
Gambar 3.45 Catatan gempa RSN931_BIGBEAR_HOS090.....	55
Gambar 3.46 Catatan gempa RSN1002_NORTHR_VRM000.....	55
Gambar 3.47 Catatan gempa RSN3317_CHICHI.06_CHY101E.....	55
Gambar 3.48 Catatan gempa RSN3504_CHICHI.06_TCU123E.....	55
Gambar 3.49 Catatan gempa RSN3856_CHICHI.04_CHY014N.....	55
Gambar 3.50 Catatan gempa RSN5266_CHUETSU_NIG020EW	56
Gambar 3.51 Catatan gempa RSN8069_CCHURCH_CSTCS02E.....	56
Gambar 3.52 Catatan gempa RSN8133_CCHURCH_SLRCS28E.....	56
Gambar 3.53 Catatan gempa <i>Matched Accelerograms</i>	57
Gambar 4.1 Pemodelan pada SAP2000	60
Gambar 4.2 Model setelah <i>running</i>	60
Gambar 4.3 Peta gempa untuk menentukan nilai percepatan periode pendek S_s (Badan Standarisasi Nasional, 2019)	64
Gambar 4.4 Peta gempa untuk penentuan periode 1 detik S_1 (Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2019)	64
Gambar 4.5 Grafik <i>pushover analysis</i> (POA) 7 Lantai.....	66
Gambar 4.6 Grafik <i>pushover analysis</i> (POA) 9 Lantai.....	66
Gambar 4.7 Grafik <i>pushover analysis</i> (POA) 11 Lantai.....	66
Gambar 4.8 Grafik perbandingan simpangan (<i>story drift</i>) terhadap tinggi 7 lantai	67
Gambar 4.9 Grafik perbandingan simpangan (<i>story drift</i>) terhadap tinggi 9 lantai	67
Gambar 4.10 Grafik perbandingan simpangan (<i>story drift</i>) terhadap tinggi 11 lantai	67
Gambar 4.11 <i>Fragility curve</i> model 7 lantai	69
Gambar 4.12 <i>Fragility curve</i> model 9 lantai.....	70
Gambar 4.13 <i>Fragility curve</i> model 11 lantai	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemodelan Bangunan	77
1. Pemodelan pada STERA_3D.....	77
a. Pendefisian Kolom dan Balok	77
b. Desain pada STERA_3D dan Proses <i>Running</i>	78
2. Pemodelan pada AutoCAD	79
3. Pemodelan pada SAP2000	80
Lampiran 2 Data Gempa dan Respon Spektrum.....	81
1. Respon Spektrum Bantul, Yogyakarta	81
2. 11 Catatan Gempa yang telah dicocokkan	81
3. Data 11 Catatan Gempa	81
Lampiran 3 Data Excel	84
1. <i>Pushover</i> Model 7 Lantai.....	84
2. <i>Pushover</i> Model 9 Lantai.....	103
3. <i>Pushover</i> Model 11 Lantai.....	121
4. <i>Story Drift</i> Model 7 Lantai.....	141
5. <i>Story Drift</i> Model 9 Lantai.....	142
6. <i>Story Drift</i> Model 11 Lantai.....	145
7. <i>Fragility Curve</i> Model 7 Lantai.....	148
8. <i>Fragility Curve</i> Model 9 Lantai.....	149
9. <i>Fragility Curve</i> Model 11 Lantai.....	150
Lampiran 4 Data Grafik	151
1. Grafik <i>Pushover</i>	151
2. Grafik <i>Story Drift</i>	152
3. <i>Fragility Curve</i>	153

DAFTAR NOTASI

f_y	: Tegangan leleh pada baja, MPa.
ρ_{maksimum}	: Rasio tulangan lentur maksimum.
f_c'	: Kuat tekan beton, MPa.
V	: Beban gempa dasar nominal
W_t	: Berat total struktur bangunan, sebagai jumlah dari beban:.
C	: Koefisien respons gempa
I	: Faktor keutamaan struktur bangunan
R	: Faktor reduksi gempa
$\Delta_{a,b}$	: Simpangan Izin
D	: Beban Mati
L	: Beban Hidup
S_s	: Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
S_l	: Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 0,1 detik
S_{DS}	: Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek
S_{DI}	: Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik
T	: Periode getar fundamental struktur
T_L	: Peta transisi periode panjang
T_{lower}	: Periode getar pada saat 90% partisipasi massa aktual telah terpenuhi pada masing-masing respons dua arah orthogonal. Model matematika yang digunakan untuk menghitung T_{lower} tidak boleh memperhitungkan torsi tak terduga dan harus memperhitungkan efek P-delta.
T_{upper}	: Nilai yang lebih besar diantara dua nilai periode getar fundamental orthogonal. Model matematika yang digunakan untuk menghitung T_{upper} tidak boleh memperhitungkan torsi tak terduga dan harus memperhitungkan efek P-delta.
M	: Massa
\ddot{U}	: Percepatan
C	: Dumping
\dot{U}	: Kecepatan
K	: Kekakuan
u	: Perpindahan
k_i	: Kekakuan lantai lateral
P	: Kemungkinan kerusakan struktural
D	: Status kerusakan
PGA	: Percepatan tanah puncak
Ln	: Standar Deviasi dari logaritma PGA
μ	: Rata-rata
Φ	: Fungsi distribusi kumulatif normal
σ	: Standar Deviasi

DAFTAR SINGKATAN

RC	: <i>Reinforced Concrete.</i>
BJTS	: Baja Tulangan Sirip.
BJTP	: Baja Tulangan Polos.
SRPMB	: Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
SRPMM	: Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
SRPMK	: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
KDS	: Kategori Desain Seismik
SNI	: Standar Nasional Indonesia.
PEER	: <i>Pacific Earthquake Engineering Research Center.</i>
IDA	: <i>Incremental Dynamic Analysis</i>
POA	: <i>Pushover Analysis</i>

DAFTAR ISTILAH

1. Kuantifikasi
Pernyataan penjumlahan angka.
2. Klasifikasi
Ukuran nilai atau jumlah hasil dari pengerjaan yang dicapai.
3. Konstruksi
Teknik pembangunan berupa bangunan gedung dan bangunan sipil, khususnya dengan disiplin profesional yang bisa digunakan untuk mendesain dan membangun infrastruktur.
4. Koefisien
Merujuk pada angka atau faktor yang digunakan dalam analisis struktur atau desain, seperti koefisien beban hidup atau koefisien kekuatan material.
5. Verifikasi
Proses pemeriksaan atau konfirmasi untuk memastikan bahwa suatu hal telah sesuai dengan standar, spesifikasi, atau persyaratan yang ditetapkan.
6. Analisis
Proses memeriksa, mempelajari, atau menguraikan sesuatu secara rinci untuk memahami komponen-komponen, struktur, atau sifat-sifatnya.