

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEISMIC GEDUNG
BETON BERTULANG DENGAN *SETBACK*: ANALISIS
PUSHOVER VS. *TIME HISTORY* NONLINIER**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pada Prodi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh

Mutia Amalia Safitri

NIM. 22323118

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2026

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEISMIC GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SETBACK: ANALISIS *PUSHOVER* VS. *TIME* *HISTORY* NONLINIER

Nama : Mutia Amalia Safitri
Nim : 22323118
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

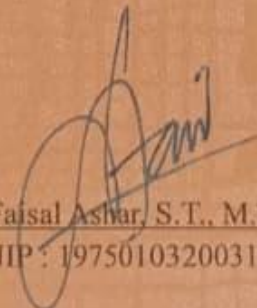
Padang, Juni 2026

Disetujui oleh
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng.
NIP : 198207302009122005

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP



Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D.
NIP : 197501032003121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEISMIC GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN *SETBACK*: ANALISIS *PUSHOVER* VS. *TIME* *HISTORY* NONLINIER

Nama : Mutia Amalia Safitri
Nim : 22323118
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

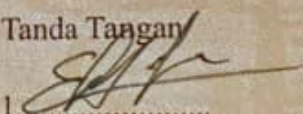
Padang, Juni 2026

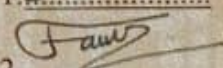
Tim Penguji

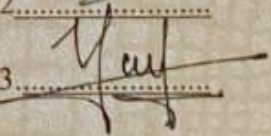
Nama

1. Ketua : Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng.
2. Penguji 1 : Fajri Yusmar, S.T, M.T.
3. Penguji 2 : Yose Fajar Pratama, S.Pd., M.Pd.T.

Tanda Tangan

1. 

2. 

3. 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax: 7055644
E-mail: info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutia Amalia Safitri
NIM/TM : 22323118/2022
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul "Analisis Perbandingan Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang Dengan Subac: Analisis Pushover vs. Time History Nonlinear

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,

Kepala Departemen Teknik Sipil

(Ir. Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D.)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



Mutia Amalia Safitri

BIODATA

A. Data Diri

Nama	: Mutia Amalia Safitri
Tempat/Tanggal Lahir	: Padang, 04 November 2004
Agama	: Islam
Jenis Kelamin	: Perempuan
Golongan Darah	: O
Anak Ke	: 1
Jumlah Saudara	: 2
Nama Ayah	: Sopandi
Nama Ibu	: Lina Fitry, S.Pd.I.
Alamat	: Asrama XII, Kel. Tanah Garam, Kec. Lubuk Sikarah, Kota Solok, Sumatera Barat.
Email	: mutiamalia04@gmail.com



B. Riwayat Pendidikan

SD	: SDN 16 TANAH GARAM
SMP	: MTSN KOTA SOLOK
SMA	: SMAN 1 KOTA SOLOK

C. Tugas Akhir

Judul	: Analisis Perbandingan Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang Dengan <i>Setback</i> : Analisis <i>Pushover</i> Vs. <i>Time History</i> Nonlinier”
-------	--

ABSTRAK

Mutia Amalia Safitri 2026. “Analisis Perbandingan Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang Dengan *Setback*: Analisis *Pushover* Vs. *Time History* Nonlinier”.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kerentanan bangunan berkonfigurasi *setback* terhadap efek ragam getar tinggi di daerah rawan gempa seperti Kota Padang. Meskipun pedoman SNI 1726:2019 telah mensyaratkan penggunaan analisis dinamik untuk kasus ketidakberaturan vertikal, praktik di lapangan masih kerap mengandalkan analisis statik nonlinier (*Pushover*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara komparatif keandalan Analisis *Pushover* dibandingkan dengan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) dalam meninjau kinerja seismik pada model struktur gedung beton bertulang yang memiliki ketidakberaturan vertikal tipe *setback*.

Simulasi numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS pada model 3D struktur gedung rencana. Prosedur pembebanan dinamik dieksekusi dengan mengaplikasikan 11 pasang rekaman gempa historis yang telah melalui proses penyelarasan (*spectral matching*) terhadap spektrum respons desain lokal Kota Padang. Parameter evaluasi yang ditinjau meliputi target perpindahan atap (*roof displacement*), profil simpangan antar-lantai (*inter-story drift*), dan penentuan level kinerja struktur berdasarkan kriteria FEMA 356.

Hasil analisis mengindikasikan bahwa Analisis *Pushover* dan Analisis *Time History* memprediksi perpindahan atap global yang relatif ekuivalen, dengan rasio magnitudo berkisar antara 0,94 hingga 1,09. Meskipun perpindahan atap menunjukkan hasil yang sebanding, terdapat perbedaan dalam klasifikasi penetapan level kinerja. Analisis *Pushover* mengklasifikasikan struktur pada level *Life Safety* (LS), sedangkan rata-rata respons dinamik dari Analisis *Time History* menunjukkan bahwa struktur rencana cenderung memenuhi kriteria *Immediate Occupancy* (IO). Hal ini dipengaruhi oleh adanya konsentrasi simpangan antar-lantai pada area transisi *setback* akibat kontribusi ragam getar tinggi.

Evaluasi kinerja tersebut menunjukkan bahwa Analisis *Pushover* cenderung memberikan penilaian kerentanan yang lebih konservatif dibandingkan dengan rata-rata tuntutan deformasi pada pembebanan dinamik. Oleh karena itu, penerapan metode dinamik nonlinier disarankan sebagai instrumen verifikasi guna memperoleh gambaran respons struktur dan distribusi kerusakan lokal yang lebih representatif.

Kata kunci: kinerja seismik, struktur *setback*, analisis *pushover*, analisis *time history*, level kinerja.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang dengan *Setback: Analisis Pushover vs. Time History* Nonlinier”. Tugas Akhir ini merupakan bagian dari syarat akademik untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Padang.

Dalam perjalanan penyusunannya, banyak pihak yang telah membantu penulis melewati berbagai kendala. Oleh karena itu, rasa terima kasih yang tulus ingin penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan teknis, saran, serta waktu yang sangat berharga selama penyusunan Tugas Akhir ini berlangsung.
2. Bapak Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama masa perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Fajri Yusmar, ST., MT, selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Yose Fajar Pratama, S.Pd., M.Pd.T, selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh jajaran Dosen, staf pengajar, dan teknisi di Jurusan Teknik Sipil UNP yang telah memfasilitasi penulis dengan ilmu dan bantuan teknis selama masa studi.
6. Mama, Papa, kedua adik, serta seluruh keluarga besar, atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan Tugas Akhir ini dengan baik.

7. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan dan bantuan yang tidak bisa disebutkan satu per satu selama menempuh pendidikan di kampus.
8. Terima kasih secara khusus kepada Dinda, Nabila, serta Haura dan Aina yang selalu hadir memberikan semangat dan menemani proses penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik sipil.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Padang, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
BIODATA	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang	2
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II KAJIAN KEPUSTAKAAN	9
A. Kajian Teori	9
1. Gempa Bumi.....	9
2. <i>Ground Motion</i> (Tingkat Guncangan Gempa).....	13
3. Struktur Bangunan Beton Bertulang dan Sistem SRPMK	16
4. Konsep Daktilitas Pada Gedung	17
5. Mekanisme Sendi Plastis	18
6. Ketidakberaturan Struktur (<i>Setback</i>)	24
7. Gempa Dinamik Respon Spektrum	25
8. Konsep Analisis Struktur Tahan Gempa.....	37
9. Analisis <i>Pushover</i> Nonlinier.....	40
10. Analisis <i>Time History</i> Nonlinier	41
11. Perangkat Lunak Analisis Struktur (ETABS)	42

12. Kriteria Penerimaan dan Level Kinerja Seismik (<i>Performance Levels</i>).....	43
B. Penelitian Relevan	47
BAB III METODE PENELITIAN.....	45
A. Jenis Penelitian	45
B. Tempat dan Waktu Penelitian	45
C. Objek Penelitian	46
D. Teknik Pengumpulan Data	46
E. Teknik Analisis Data	47
F. Prosedur Kerja	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
A. Data Struktur Berbasis Denah Hotel Amaris Padang	51
B. Pemodelan dan Pembebanan Struktur (ETABS)	52
C. Evaluasi Kapasitas Penampang Awal dan Penyesuaian Dimensi	54
D. Validasi Model Struktur Akhir (Pasca- <i>Resizing</i>)	55
E. Pengecekan Parameter Dinamik Struktur (SNI 1726:2019)	56
F. Analisis <i>Pushover</i> Nonlinier (NPA)	63
G. Analisis <i>Time History</i> Nonlinier (NTHA)	69
H. Perbandingan Kinerja Struktur (NPA vs NTHA)	85
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	92
A. SIMPULAN	92
B. IMPLIKASI	92
C. SARAN	92
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Distribusi Percepatan Tanah Puncak (PGA) di Kota Padang.....	2
Gambar 2.1. Peta Sebaran Gempa Bumi Global dan Jalur Cincin Api Pasifik (1900-2013).....	9
Gambar 2.2. Fase Gempa Bumi Tektonik	10
Gambar 2.3. Jenis-Jenis Sesar	11
Gambar 2.4. Kurva Desain Spektrum Respons (S_{DS} dan S_{D1})	13
Gambar 2.5. Perbandingan Mekanisme Keruntuhan: (a) Perilaku Struktur “Kolom Kuat - Balok Lemah” yang Diharapkan, (b) Perilaku Struktur “Kolom Lemah - Balok Kuat” yang Berbahaya.....	19
Gambar 2.6. Posisi Sumbu Lokal Balok pada Program Analisis Struktur.....	22
Gambar 2.7. Definisi Properti Sendi Plastis Balok (Moment M3) Berdasarkan FEMA 356 pada Program ETABS	22
Gambar 2.8. Posisi Sumbu Lokal Kolom pada Program Analisis Struktur	23
Gambar 2.9. Definisi Properti Sendi Plastis Kolom (Interacting P-M2-M3) Berdasarkan FEMA 356 pada Program ETABS	23
Gambar 2.10. Ketentuan Geometri Ketidakberaturan Vertikal Tipe <i>Setback</i>	24
Gambar 2.11. Kurva Desain Spektrum Respons (S_{DS} dan S_{D1})	30
Gambar 2.12. Ilustrasi Penentuan Simpangan Antar-Lantai	35
Gambar 2.13. Representasi Kurva Kapasitas dalam <i>Format Acceleration- Displacement Response Spectrum</i> (ADRS) untuk Penentuan Titik Kinerja.....	40
Gambar 2.14. Hubungan Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Atap.....	41
Gambar 2.15. Kurva Hubungan Gaya-Deformasi dan Batas Level Kinerja Sendi Plastis Berdasarkan FEMA 356	44
Gambar 2.16. Ilustrasi Level Kinerja Struktur Berdasarkan Tingkat Kerusakan pada Kurva Kapasitas.....	46
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	49
Gambar 4.1. Denah Etabs Menunjukkan Kolom <i>Overstress</i>	54
Gambar 4.2. Gambar Lokasi Tributary Area yang ditinjau.....	55
Gambar 4.3. Output <i>Joint Reaction</i>	56
Gambar 4.4. Kurva <i>Base Shear vs Monitored Displacement</i> Arah X.....	63

Gambar 4.5. Kurva <i>Base Shear</i> vs <i>Monitored Displacement</i> Arah Y	64
Gambar 4.6. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Coalinga Arah X	71
Gambar 4.7. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Coalinga Arah Y	71
Gambar 4.8. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Northridge Arah X	72
Gambar 4.9. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Northridge Arah Y	72
Gambar 4.10. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tottori Arah X	73
Gambar 4.11. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tottori Arah Y	73
Gambar 4.12. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Niigata NIG014 Arah X	74
Gambar 4.13. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Niigata Arah Y	74
Gambar 4.14. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Niigata NIG025 Arah X	75
Gambar 4.15. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Niigata Arah Y	75
Gambar 4.16. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Iwate Yabukawa Arah X	76
Gambar 4.17. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Iwate Yabukawa Arah Y	76
Gambar 4.18. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Miyagi Furukawa Arah X	77
Gambar 4.19. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Miyagi Furukawa Arah Y	77
Gambar 4.20. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Miyagi Kakuda Arah X	78
Gambar 4.21. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Miyagi Kakuda Arah Y	78
Gambar 4.22. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Atsuma Arah X	79
Gambar 4.23. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Atsuma Arah Y	79
Gambar 4.24. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Bekkai-E Arah X	80
Gambar 4.25. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Bekkai-E Arah Y	80
Gambar 4.26. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Akankohan Arah X	81

Gambar 4.27. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Gempa Tokachi-oki Akankohan Arah Y	81
Gambar 4.28. <i>Matching</i> Gempa Padang dengan Rata-Rata Respons Spektra 11 Pasang Gempa.....	82
Gambar 4.29. Perbandingan Perpindahan Atap X antara 11 Rekaman Gempa dan Pushover X.....	87
Gambar 4.30. Perbandingan Perpindahan Atap Y antara 11 Rekaman Gempa dan Pushover Y	87
Gambar 4.31. Perbandingan Simpangan Antar-Lantai Arah X (NPA vs NTHA) .	89
Gambar 4.32. Perbandingan Simpangan Antar-Lantai Arah Y (NPA vs NTHA) .	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung.....	26
Tabel 2.2. Faktor Keutamaan Gempa (I_e).....	26
Tabel 2.3. Klasifikasi Situs Tanah.....	27
Tabel 2.4. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	31
Tabel 2.5. Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	31
Tabel 2.6. Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk Sistem Penahan Gaya Seismik	31
Tabel 2.7. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	33
Tabel 2.9. Batas Simpangan Antar Lantai Tingkat Desain.....	36
Tabel 2.10. Level Kinerja Berdasarkan FEMA-356	45
Tabel 2.11. Ringkasan Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian.....	49
Tabel 3.1. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian.....	45
Tabel 4.1. Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan Elemen Struktur.....	52
Tabel 4.2. Perhitungan Validasi Portal.....	56
Tabel 4.3. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (C_u)	57
Tabel 4.4. Nilai Massa Bangunan Per Lantai	58
Tabel 4.5. Output Nilai Partisipasi Massa	59
Tabel 4.6. Output Nilai <i>Mode Shape</i>	59
Tabel 4.7. Nilai Simpangan.....	60
Tabel 4.8. Pengecekan P Delta	62
Tabel 4.9. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah X	64
Tabel 4.10. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah Y.....	65
Tabel 4.11. Nilai Perpindahan Atap <i>Pushover</i>	66
Tabel 4.12. Simpangan Antar-Lantai Analisis <i>Pushover</i> Arah X dan Y	67
Tabel 4.13. Level Kinerja berdasarkan <i>Roof Drift Rasio</i>	68
Tabel 4.14. Rekaman 11 Gempa Historis yang Digunakan	69
Tabel 4.15. Rekaman 11 Gempa Historis yang Digunakan	69
Tabel 4.16. Parameter Rentang Periode Penyelarasan (<i>Spectral Matching</i>).....	70
Tabel 4.17. Perpindahan Atap Maksimum akibat 11 Rekaman Gempa.....	82
Tabel 4.18. Rata-rata Simpangan Antar-Lantai <i>Time History</i> Arah X dan Y	83

Tabel 4.19. Perbandingan Level Kinerja 11 Gempa Arah X Berdasarkan FEMA 356.....	84
Tabel 4.20. Perbandingan Level Kinerja 11 Gempa Arah Y Berdasarkan FEMA 356.....	84
Tabel 4.21. Rekapitulasi Perbandingan Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	85
Tabel 4.22. Perbandingan Respons Perpindahan Atap Maksimum.....	88
Tabel 4.23. Rasio Respons <i>Pushover</i> terhadap <i>Time History</i>	88
Tabel 4.24. Rekapitulasi Perbandingan Level Kinerja Seismik (FEMA 356)	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah dan Tampak Bangunan	97
Lampiran 2. Detail Penampang dan Penulangan	107
Lampiran 3. Tautan Repositori Data <i>Output</i> , Model Struktur, Tutorial Analisis <i>Pushover</i> dan Tutorial Analisis <i>Time History</i> Nonlinier	127
Lampiran 4. Surat Tugas Dosen Pembimbing	128

BAB I

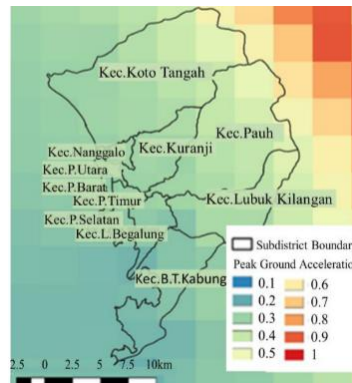
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia secara geografis terletak di kawasan Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*), sebuah jalur seismik paling aktif di dunia yang terbentuk akibat pertemuan tiga lempeng tektonik utama: Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Kondisi geologis ini menempatkan hampir seluruh wilayah nasional dalam zona kerawanan gempa yang tinggi. Konsekuensinya, perencanaan struktur bangunan di Indonesia tidak cukup hanya bertumpu pada kekuatan material semata, melainkan wajib memperhitungkan kemampuan disipasi energi untuk mencegah keruntuhan fatal. Catatan sejarah kegempaan, seperti peristiwa di Palu dan Lampung, memberikan bukti bahwa infrastruktur yang tidak didesain dengan konsep tahan gempa yang memadai sangat rentan mengalami kegagalan struktur (Putra Usman dkk., 2021). Oleh karena itu, jaminan keandalan dan kinerja (*performance*) struktur bangunan menjadi aspek yang sangat penting dalam praktik rekayasa sipil modern di Indonesia.

Salah satu wilayah dengan risiko seismik paling signifikan di Indonesia adalah Kota Padang. Terletak di pantai barat Sumatera, Padang berhadapan langsung dengan zona subduksi Mentawai, sebuah segmen megathrust yang menyimpan potensi gempa bumi dengan magnitudo besar. Studi *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) telah mengonfirmasi ancaman ekstrem ini, dengan estimasi *Peak Ground Acceleration* (PGA) di zona Mentawai menunjukkan nilai yang sangat tinggi, menandakan potensi bahaya gempa yang signifikan (Rajif & Syafriani, 2021). Risiko ini diperparah oleh kondisi tanah lokal di Kota Padang yang terbukti memiliki kerentanan tinggi dan potensi amplifikasi guncangan yang signifikan (Putri dkk., 2023). Tingginya bahaya seismik ini, yang telah tervalidasi oleh data historis seperti gempa tahun 2009 (Juliafad & Gokon, 2022), menuntut standar desain yang sangat ketat dan metode evaluasi kinerja yang akurat, terutama untuk bangunan bertingkat yang

menopang aktivitas vital masyarakat. Variasi tingkat risiko gempa di setiap kecamatan di Kota Padang dapat diamati secara visual pada peta distribusi PGA berikut ini:



Gambar 1.1. Peta Distribusi Percepatan Tanah Puncak (PGA) di Kota Padang

Sumber: Juliafad & Gokon (2022)

Berdasarkan Gambar 1.1, terlihat bahwa distribusi percepatan tanah berbeda-beda di setiap wilayah, yang menuntut analisis spesifik lokasi. Mengingat kembali rekam jejak gempa bumi 30 September 2009, data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Bappenas mencatat lebih dari 114 ribu bangunan mengalami rusak berat. Kerusakan masif ini tidak hanya melanda rumah tinggal, tetapi juga melumpuhkan berbagai fungsi bangunan publik dan komersial, mulai dari gedung pemerintahan, rumah sakit, sekolah, hingga fasilitas perhotelan (Bappenas, 2009).

Jika ditinjau dari tipologinya, kerusakan struktural yang paling fatal pada bangunan teknik (*engineered buildings*) di Kota Padang banyak didominasi oleh bangunan kategori *low-rise* hingga *mid-rise building* (bangunan tingkat menengah, umumnya 6-12 lantai). Hal ini terjadi karena struktur *mid-rise* waktu getar alami yang berdekatan dengan periode dominan getaran tanah lokal di Padang, namun praktiknya seringkali tidak dirancang dengan analisis dinamik sedetail bangunan tinggi. Akibat populasi bangunan yang besar serta konsentrasi hunian yang padat, kegagalan satu atau lebih *mid-rise building* di Padang dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan korban jiwa yang masif. Oleh karena itu, evaluasi kinerja seismik pada tipologi bangunan ini menjadi sangat relevan,

terutama ketika desain arsitektural modern seperti *setback* mulai diterapkan (Nady dkk., 2022; Zuher dkk., 2023).

Tantangan dalam perancangan struktur tahan gempa di area urban seperti Padang tidak hanya berasal dari ancaman seismik, tetapi juga dari tuntutan arsitektur modern. Salah satu konfigurasi arsitektural yang umum ditemui adalah penggunaan *setback* (kemunduran denah) pada lantai-lantai atas. Laporan pasca-gempa dari tim *Earthquake Engineering Research Institute* (EERI) pada tahun 2009 menyoroti fakta bahwa banyak keruntuhan bangunan komersial di Padang dipicu oleh adanya ketidakberaturan konfigurasi vertikal, termasuk bentuk *setback* dan *soft story* (EERI, 2009)

Berdasarkan SNI 1726:2019 (Tabel 14), konfigurasi ini secara geometri diklasifikasikan sebagai “Ketidakberaturan Geometri Vertikal Tipe 3”, yaitu ketika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di suatu tingkat lebih besar dari 130% dimensi di tingkat dekatnya. Perubahan geometri drastis Tipe 3 ini menciptakan diskontinuitas kekakuan yang signifikan antara lantai bawah (yang lebih kaku karena utuh) dan lantai atas (yang lebih fleksibel karena denahnya mengecil). Akibatnya, respon struktur tidak lagi didominasi ragam getar fundamental (Mode 1). Struktur akan mengalami perilaku dinamik kompleks di mana pengaruh ragam getar tingkat tinggi (*Higher Mode Effects*), atau “efek lecutan”, di mana bagian atas struktur yang fleksibel “melecut” secara independen. Perilaku kompleks inilah yang dapat menyebabkan konsentrasi tegangan dan simpangan antar-lantai (*displacement*) yang ekstrem (Tarigan dkk., 2024), serta memicu respons torsional (Fitrah dkk., 2021) yang tidak terprediksi oleh analisis sederhana.

Untuk mengevaluasi kinerja seismik bangunan kompleks seperti gedung *setback*, analisis linier seringkali tidak memadai. Diperlukan analisis nonlinier yang mampu memodelkan perilaku inelastik struktur. Dua metode nonlinier yang umum adalah Analisis *Pushover* (*Nonlinear Pushover Analysis/NPA*) dan Analisis *Time History* (*Nonlinear Time History Analysis/NTHA*). Analisis *Pushover* populer karena relatif sederhana (Maulana dkk., 2025). Penting dicatat bahwa keakuratan metode ini sangat bergantung pada keteraturan struktur;

semakin reguler sebuah bangunan, semakin representatif hasil Analisis *Pushover* terhadap perilaku seismik aktualnya (Tarigan dkk., 2024). Metode ini menyediakan kurva kapasitas dan titik kinerja (*performance point*) untuk mengevaluasi level kerusakan (Putra Usman dkk., 2021; Sharaf dkk., 2023).

Di sisi lain, Analisis Time History (NTHA) dianggap sebagai metode yang paling akurat (Katsimpini & Papagiannopoulos, 2023). Metode ini menganalisis respons struktur secara dinamik terhadap rekaman gempa (akselerogram), sehingga mampu menangkap Efek Mode Getar Tinggi (efek lecutan), redistribusi gaya akibat pembentukan sendi plastis, dan perilaku dinamik kompleks yang pasti terlewatkan oleh Analisis *Pushover* (Askouni & Papagiannopoulos, 2021). Menyadari bahaya dari Tipe 3 ini, SNI 1726:2019 (Tabel 16) secara eksplisit membatasi penggunaan Analisis Gaya Lateral Ekuivalen (Metode Statik) untuk struktur dengan Ketidakberaturan Tipe 3 (di KDS D, E, F) dan mewajibkan penggunaan minimal Analisis Spektrum Respons Ragam (Metode Dinamik). Oleh karena itu, perdebatan utama dalam praktik rekayasa, yang menjadi inti dari penelitian ini, adalah sejauh mana Analisis *Pushover* (yang berbasis statik) dapat memberikan hasil yang representatif dan memadai dibandingkan dengan Analisis *Time History* (dinamik) yang diwajibkan untuk kasus gedung *setback* (Maulana dkk., 2025; Rodríguez dkk., 2024).

Untuk mengeksekusi kedua analisis nonlinier yang kompleks ini secara akurat, diperlukan perangkat lunak analisis struktur yang mumpuni. ETABS (*Extended 3D Analysis of Building Systems*) telah diakui secara luas sebagai salah satu perangkat lunak terdepan yang dirancang khusus untuk analisis dan desain gedung. Keunggulan utama ETABS terletak pada fitur analisisnya yang komprehensif untuk melakukan Analisis *Pushover* maupun Analisis *Time History* nonlinier, serta kemampuannya memodelkan sendi plastis (*plastic hinges*) pada elemen balok dan kolom beton bertulang untuk menilai keruntuhan (Patel & Khatri, 2023; Zia Ayar dkk., 2024). Perangkat lunak ini telah terbukti efektif dalam berbagai studi untuk mengevaluasi kepatuhan bangunan terhadap standar SNI 1726:2019 dan mengidentifikasi kegagalan elemen struktur akibat

overstress (Dumaria dkk., 2024). Kemampuan komprehensif ETABS inilah yang menjadikannya alat yang ideal untuk perbandingan yang diusulkan.

Berdasarkan urgensi ancaman seismik dan rekam jejak kerusakan historis tersebut, penelitian ini menjadikan struktur bangunan eksisting Hotel Amaris di Kota Padang sebagai objek studi utama. Pemilihan Hotel Amaris dinilai sangat representatif karena mewakili tipologi fasilitas komersial bertingkat menengah (*mid-rise*) yang menopang aktivitas vital urban, sekaligus memiliki konfigurasi arsitektural *setback* secara nyata yang rentan terhadap gempa. Studi ini akan membandingkan hasil dari Analisis *Pushover* Nonlinier dengan Analisis *Time History* Nonlinier menggunakan perangkat lunak ETABS. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai tingkat kesesuaian dan keandalan Analisis *Pushover* untuk memprediksi kinerja seismik gedung dengan ketidakberaturan vertikal, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi para praktisi dalam memilih metode analisis yang paling tepat dan efisien.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang disajikan, permasalahan utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah:

1. SNI 1726:2019 pada Tabel 16 secara eksplisit mengatur batasan penggunaan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen dan mengharuskan penerapan analisis respons dinamik untuk bangunan yang memiliki ketidakberaturan geometri vertikal tipe 3 atau *setback* pada KDS D, E, dan F demi mengakomodasi respons kompleks akibat efek ragam getar tinggi.
2. Terdapat sebuah kesenjangan antara regulasi standar tersebut dengan praktik desain di lapangan yang cenderung masih mengandalkan Analisis *Pushover* Nonlinier karena alasan efisiensi komputasi dan kemudahan penerapan, sehingga memicu pertanyaan mengenai tingkat akurasi serta reliabilitas hasil evaluasi kinerja seismik pada gedung *setback* jika dibandingkan dengan metode yang diwajibkan oleh standar.

C. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan arah penelitian, ruang lingkup serta batasan masalah ditetapkan melalui penjabaran berikut:

1. Data dimensi penampang dan detail penulangan struktur yang digunakan merupakan data sekunder (*preliminary design*) yang diasumsikan secara proporsional mewakili kondisi bangunan aktual Hotel Amaris Padang. Penelitian ini murni berfokus pada tahapan evaluasi kinerja seismik (*seismic performance evaluation*), sehingga tidak mencakup perhitungan desain penulangan lentur maupun geser dari awal. Adapun penyesuaian dimensi elemen (*resizing*) hanya dilakukan secara analitis apabila ditemukan kondisi tegangan berlebih (*overstress*) pada kapasitas penampang awal, guna memastikan stabilitas model sebelum diuji menggunakan analisis nonlinier.
2. Standar desain elemen struktural dan pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019 untuk KDS D, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020.
3. Pembebanan lateral dibatasi pada beban gempa dan mengabaikan beban angin mengingat wilayah studi memiliki tingkat seismisitas yang tinggi.
4. Batasan sistem struktur dibatasi pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan meniadakan elemen *shear wall* sebagai simplifikasi metodologis untuk mengisolasi pembentukan sendi plastis pada balok dan kolom, sejalan dengan referensi awal.
5. Perangkat lunak dan pemodelan struktur dieksekusi menggunakan program ETABS dengan definisi pemodelan sendi plastis pada elemen rangka yang mengacu pada standar FEMA 356.
6. Metode analisis yang digunakan adalah studi komparatif antara Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA).
7. Asumsi perletakan struktur dianggap memiliki perletakan jepit sempurna (*fixed base*) tanpa memperhitungkan efek Interaksi Tanah-Struktur (SSI).
8. Input gempa untuk Analisis *Time History* menggunakan 11 pasang rekaman gempa riil yang diskalakan sesuai dengan pedoman SNI 8899:2020.
9. Hasil analisis untuk kriteria komparasi dievaluasi berdasarkan simpangan antar lantai, mekanisme sendi plastis, dan level kinerja struktur.
10. Cakupan kajian pada penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja seismik dan tidak mencakup analisis kerentanan seismik (*seismic fragility analysis*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah mengenai adanya “celah” antara kewajiban SNI 1726:2019 dan penggunaan praktis Analisis *Pushover* untuk gedung *setback*, penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan antara respons perpindahan atap (*target displacement*) yang dihasilkan dari Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dengan nilai rata-rata perpindahan atap maksimum dari Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) pada model gedung *setback* Hotel Amaris Padang akibat beban gempa desain?
2. Bagaimana perbedaan profil distribusi kerusakan lokal yang ditinjau melalui simpangan antar-lantai (*inter-story drift*) dan konsentrasi sendi plastis antara Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) pada model gedung *setback* Hotel Amaris Padang.
3. Sejauh mana perbedaan hasil prediksi respons antara Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) berimplikasi pada kesimpulan akhir mengenai pemenuhan tingkat kinerja seismik target, berdasarkan kriteria FEMA 356, untuk struktur gedung *setback* Hotel Amaris Padang?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai melalui pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Membandingkan secara komparatif respons perpindahan atap (*target displacement*) yang dihasilkan dari Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dengan nilai rata-rata perpindahan atap maksimum dari Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) pada model gedung *setback* Hotel Amaris Padang.
2. Menganalisis perbedaan profil distribusi kerusakan yang ditinjau melalui simpangan antar-lantai (*inter-story drift*) dan konsentrasi sendi plastis antara Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) pada model gedung *setback* Hotel Amaris Padang..
3. Mengevaluasi pengaruh perbedaan hasil prediksi respons (*drift*) antara Analisis *Pushover* Nonlinier (NPA) dan Analisis *Time History* Nonlinier

(NTHA) terhadap kesimpulan pemenuhan target tingkat kinerja seismik (berdasarkan FEMA 356) untuk model gedung *setback* Hotel Amaris Padang.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan literatur di bidang rekayasa gempa, khususnya mengenai perbandingan efektivitas dan batasan penggunaan metode analisis nonlinier (*Pushover* dan *Time History*) saat diterapkan pada struktur gedung dengan ketidakberaturan vertikal seperti *setback*.
2. Menjadi referensi bagi perencana struktur dalam memilih metode analisis yang paling tepat dan efisien untuk menilai kinerja seismik gedung *setback*, sehingga dapat mendukung perancangan struktur yang lebih aman dan andal.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis komparatif kinerja seismik pada model struktur gedung beton bertulang dengan konfigurasi *setback* di Kota Padang, diperoleh beberapa poin kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis *Pushover* dan Analisis *Time History* menghasilkan nilai perpindahan atap global yang relatif sebanding. Nilai perpindahan maksimum pada Analisis *Pushover* teramati sebesar 349,99 mm untuk arah X dan 330,14 mm untuk arah Y, sementara respons puncak pada Analisis *Time History* tercatat sebesar 320,26 mm untuk arah X dan 352,32 mm untuk arah Y.
2. Perbandingan kedua metode menunjukkan rasio sebesar 1,09 pada arah X dan 0,94 pada arah Y. Hasil ini mengindikasikan bahwa Analisis *Pushover* memiliki potensi untuk mengestimasi besarnya perpindahan global namun menunjukkan adanya variasi akurasi terhadap respons dinamik puncak pada arah pembebanan yang berbeda.
3. Terdapat perbedaan dalam klasifikasi level kinerja struktur berdasarkan kriteria FEMA 356. Analisis *Pushover* menempatkan struktur pada level *Life Safety* (LS), sedangkan rata-rata respons Analisis *Time History* mengindikasikan bahwa struktur rencana cenderung memenuhi kriteria level *Immediate Occupancy* (IO).
4. Karakteristik simpangan antar-lantai menunjukkan adanya konsentrasi deformasi pada area transisi *setback* yang dipengaruhi oleh kontribusi ragam getar tinggi (*higher mode effects*). Analisis *Pushover* teramati memberikan penilaian yang lebih konservatif dibandingkan dengan rata-rata tuntutan deformasi pada pembebanan dinamik.

B. IMPLIKASI

Penelitian ini memiliki beberapa implikasi dalam praktik perencanaan dan evaluasi struktur bangunan dengan ketidakberaturan vertikal yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan Analisis *Pushover* sebagai instrumen evaluasi tunggal pada gedung *setback* berpotensi menghasilkan penetapan level kinerja yang lebih konservatif dibandingkan kapasitas aktualnya. Konsekuensinya, pengambilan keputusan teknis terkait perkuatan struktur berisiko menjadi tidak proporsional, mengingat evaluasi dinamik menunjukkan bahwa bangunan masih berada pada kriteria layan yang memadai.
2. Ketidakberaturan geometri vertikal memicu perilaku dinamik lokal yang sulit diakomodasi secara komprehensif oleh pola pembebanan statik. Oleh karena itu, verifikasi melalui prosedur dinamik nonlinier merupakan langkah esensial untuk memastikan bahwa pemetaan distribusi kerusakan pada elemen struktur dapat dievaluasi secara lebih representatif, khususnya pada zona transisi *setback*.

C. SARAN

Beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian atau praktik rekayasa di masa depan adalah sebagai berikut:

1. Praktisi perencana struktur disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan Analisis *Time History* Nonlinier (NTHA) sebagai prosedur verifikasi pada gedung dengan konfigurasi *setback* di wilayah risiko gempa tinggi guna memperoleh gambaran respons yang lebih representatif.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan variasi pada tipe *setback* atau menggunakan model sendi plastis serat (*fiber hinge*) guna mendapatkan perilaku inelastis penampang yang lebih komprehensif.
3. Perlu adanya kajian lanjutan yang mempertimbangkan efek interaksi tanah-struktur (*Soil-Structure Interaction*) untuk meninjau pengaruh fleksibilitas pondasi terhadap respons dinamik struktur dengan ketidakberaturan vertikal pada karakteristik tanah lunak.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-17)*. American Society of Civil Engineers.
- Applied Technology Council. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC-40)*. Applied Technology Council.
- Askouni, P. K., & Papagiannopoulos, G. A. (2021). Seismic Behavior of a Class of Mixed Reinforced Concrete-Steel Buildings Subjected to Near-Fault Motions. *Infrastructures*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/infrastructures6120172>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 8899:2020 Tata Cara Pemilihan dan Modifikasi Gerak Tanah Permukaan untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bappenas. (2009). *Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Wilayah Pascabencana Gempa Bumi di Provinsi Sumatera Barat Tahun 2010-2011*.
- Bekele, B. N., & Angelo, H. W. (2022). Effect Of Vertical Irregularity On Fundamental Period And Stability Of Reinforced Concrete Building. *Dalam Journal of University of Shanghai for Science and Technology*. ADD Technologies. <https://doi.org/10.51201/jusst/22/0172>
- Bhandari, M. (2020). *Prediction Of Inelastic Response Of Base-Isolated Building Frame By Pushover Analysis. Dalam Asian Journal of Civil Engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s42107-020-00267-7>
- Bush, R. C., Shirkol, A., & Sruthi, J. S. (2022). *Seismic Analysis of RCC Building with Different Shape of Shear Wall and Without Shear Wall*. *ASPS Conference Proceedings*, 1(1), 983–989. <https://doi.org/10.38208/acp.v1.610>
- Dewobroto, W. (2006). *Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000*. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1).
- Dumaria, Lubis, F., & Apriani, W. (2024). *Evaluation of Building Structure Planning using SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019 in Earthquake-prone Areas*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1321(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1321/1/012024>

- EERI. (2009). *The Mw 7.6 Western Sumatra Earthquake of September 30, 2009 (Learning from Earthquakes Project)*.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)*. American Society of Civil Engineers.
- Fitrah, R. A., Masrilayanti, M., Putri, G. Z., & Al Jauhari, Z. (2021). *Assessment of Seismic Responses Toward Multi-story Buildings of Steel Special Moment Resisting Frame by Considering the Setback Irregularities*. *E3S Web of Conferences*, 331. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202133105007>
- Juliafad, E., & Gokon, H. (2022). *Seismic Fragility Function for Single-Storey Masonry Wall RC Building in Padang City, Indonesia*. *International Journal of GEOMATE*, 22(94), 39–46. <https://doi.org/10.21660/2022.94.3160>
- Kaheneko, O., & Sheng, C. (2020). *Joints Design of Seismic Strengthening Reinforced Concrete Frame Structure*. <https://doi.org/10.04813/20201013>
- Katsimpini, P. S., & Papagiannopoulos, G. A. (2023). *Effectiveness of the Seesaw System as a Means of Seismic Upgrading in Older, Non-Ductile Reinforced Concrete Buildings*. *Vibration*, 6(1), 102–112. <https://doi.org/10.3390/vibration6010008>
- Laboratorium Geodesi Geodinamik UGM. (2019, September 5). *Fase Gempa Bumi Tektonik*. <https://geodesigeodinamik.ft.ugm.ac.id/geodesigeodinamik.ft.ugm.ac.id/2019/09/05/fase-gempa-bumi-tektonik/>
- Maulana, T. I., Prayuda, H., Paudel, S., Syamsi, M. I., & Afriandini, B. (2025). *Nonlinear Static and Dynamic Analyses Equipped for Seismic Performance Assessment of RC Frame Buildings: A Comprehensive Review*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2989(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2989/1/012021>
- Nady, O., Mahfouz, S. Y., & Taher, S. E. D. F. (2022). *Quantification of Vertical Irregularities for Earthquake Resistant Reinforced Concrete Buildings*. *Buildings*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/buildings12081160>
- Patel, N., & Khatri, A. (2023a). *Evaluation of the Seismic Analysis and Performance of Building in Zone III and Zone V*. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 07(10), 1–11. <https://doi.org/10.55041/ijrem26298>
- Patel, N., & Khatri, A. (2023b). *Methodology for Evaluating Seismic Analysis and Performance of Reinforced Concrete Buildings in Seismic Zones III and V*. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 07(10), 1–11. <https://doi.org/10.55041/ijrem26299>
- Pierre, A. J., & Hidayat, I. (2020). *Seismic Performance of Reinforced Concrete Structures with Pushover Analysis*. *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012045>
- Prayoga, D. (2023). *Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Hotel di Kota Padang, Sumatera Barat (Studi Kasus: Hotel Amaris, Jalan Jendral Sudirman Nomor 19 Kota Padang)* [Universitas Bung Hatta]. <https://repo.bunghatta.ac.id/12777/>
- Putra Usman, A., Rosidawani, & Palta Mutmainna, S. (2021). *Analisis Respons dan Kinerja Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Pushover Analysis*. [https://doi.org/10.25299/saintis2021.vol21\(02\).7585](https://doi.org/10.25299/saintis2021.vol21(02).7585)
- Putri, W. T., Syafriani, Fauzi, A., & Dwiridal, L. (2023). *Amplification Analysis and Seismic Vulnerability Index of Air Tawar Barat Village of Padang City Using HVSR Method*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2582(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012038>
- Rajif, M., & Syafriani. (2021). *Hazard Seismic Zonation Analysis of West Sumatra Region Using Probabilistic Hazard Seismic Analysis (PHSA) Method* (Vol. 8, Nomor 1).
- Rodríguez, C. A., Rodríguez Pérez, Á. M., López, R., & Caparrós Mancera, J. J. (2024). *Comparative Analysis and Evaluation of Seismic Response in Structures: Perspectives from Non-Linear Dynamic Analysis to Pushover Analysis*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/app14062504>
- Sharaf, T., Hassan, M., & Ramadan, O. (2023). *Seismic Analysis of RC Clinker Silos*. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 23(1), 13–27. <https://doi.org/10.56748/ejse.233371>
- Sharma, R., Dwivedi, A. K., Rani, V., & Rc, B. (2024). *Seismic Evaluation of Step-Back Building and Regular Building by Using Nonlinear Static and Nonlinear Dynamic Analysis*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1326(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1326/1/012040>
- SMS Tsunami Warning. (t.t.). *Types of Faults*. Diambil 7 April 2026, dari <https://www.sms-tsunami-warning.com/theme/tsunami/img/fault-types.jpg>
- Tarigan, J., Nursyamsi, & Alfitra, T. M. R. (2024). *Seismic Performance Analysis of Regular and Irregular Buildings Based on SNI 1726:2019 Standards*. *International Journal of Architecture and Urbanism*, 8(3), 463–478. <https://doi.org/10.32734/ijau.v8i3.18258>
- United States Geological Survey. (t.t.). *Ring of Fire*. Diambil 7 April 2026, dari <http://themostimportantnews.com/wp-content/uploads/2018/12/Ring-Of-Fire-USGS.png>
- Usta, P., ÖzgürBOZDA, Ğ., Onat, Ö., & Onat, O. (2022). *Seismic Performance Evaluation of RC Buildings Using Irregularity Based Indices*. *Tehnicksi*

yjesnik - Technical Gazette, 29(4). <https://doi.org/10.17559/tv-20210720195034>

Zia Ayar, A., Ahad Fizan, A., & Author, C. (2024). *Journal of Mechanical, Civil and Industrial Engineering Seismic Response History Analysis of RC Frame Building with Different Position of Shear Walls by using ETABS*. <https://doi.org/10.32996/jmcie>

Zuher, M. H., Nasution, A. P., Sidiq, Z. N., Masrilayanti, M., & Tanjung, J. (2023). *Fragility Assesment of Mid-Rise RC Building using HAZUS Method in High Seismic Zone*. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 1(2), 79–89. <https://doi.org/10.25077/jbkd.1.2.79-89.2023>