

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG SMP PEMBANGUNAN LABORATORIUM
UNP TERHADAP BEBAN GEMPA DAN BEBAN TSUNAMI**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



OLEH:

NURUL MIFTHAHUL ANNISA

NIM. 22323166

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2024

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

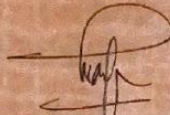
**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG SMP PEMBANGUNAN
LABORATORIUM UNP TERHADAP BEBAN GEMPA
DAN BEBAN TSUNAMI**

Nama : Nurul Mifthahul Annisa
NIM : 22323166
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, Juli 2024

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing:



Dr. Eng. Ir. Prima Yane Putri, S.T., M.T

NIP. 19780605 200312 2 006

Mengetahui

Kepala Departemen Teknik Sipil



Dr. Eng. Ir. Prima Yane Putri, S.T., M.T

NIP. 19780605 200312 2 006

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

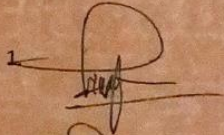


EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG SMP PEMBANGUNAN LABORATORIUM UNP TERHADAP BEBAN GEMPA DAN BEBAN TSUNAMI

Nama : Nurul Mifthahul Annisa
NIM : 22323166
Program Studi : 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 Teknik pada Prodi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, Juli 2024

Tim Penguji:

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. Eng. Ir. Prima Yane Putri, S.T., M.T.	1. 
2. Anggota : Prof. Dr. Nurhasan Syah, M.Pd.	2. 
3. Anggota : Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M.Eng.	3. 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET 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 : Nurul Miftahul Annisa
NIM/TM : 22323166 / 2022
Program Studi : SI TEKNIK SIPIL
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG SMP PEMBANGUNAN LABORATORIUM UNP TERHADAP BEBAN GEMPA DAN BEBAN DUNYAMI

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

(Dr. Eng. Prima Yane Putri, ST., MT)
NIP. 19780605 200312 2 006

Saya yang menyatakan,



NURUL MIFTAHUL ANNISA...

BIODATA

A. Data Diri

Nama Lengkap : Nurul Mifthahul Annisa
Tempat/Tanggal Lahir : Jambak/24 Desember 1999
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Anak ke : 3 (Tiga)
Jumlah Bersaudara : 5 (Lima)
Email : nurul.m.annisa@gmail.com
Alamat : Jalur I Jambak, Kelurahan Koto Baru, Kecamatan
Luhak Nan Duo, Kabupaten Pasaman Barat,
Sumatera Barat



B. Riwayat Pendidikan

SD : SD Negeri 07 Pasaman
SMP : MTsN Padang Panjang
SMA : SMA Negeri 1 Padang Panjang

C. Tugas Akhir

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung SMP
Pembangunan Laboratorium UNP terhadap Beban
Gempa dan Beban Tsunami
Tanggal Ujian : 27 Mei 2024

ABSTRAK

Nurul Mifthahul Annisa. 2024. “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap Beban Gempa dan Beban Tsunami”.

Kota Padang merupakan daerah yang memiliki potensi tinggi terhadap gempa bumi dan tsunami. Untuk meminimalisir dampak akibat kejadian tersebut, maka disediakan tempat evakuasi sementara/*shelter*. Salah satunya adalah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP. Mengingat fungsinya sebagai *shelter*, maka perlu dilakukan evaluasi untuk memastikan kondisi bangunan tetap aman untuk digunakan sebagai *shelter* serta agar proses evakuasi berhasil. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kriteria kinerja struktur sehingga dapat diketahui apakah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP dapat dijadikan sebagai *shelter* atau tidak. Analisis struktur menggunakan SAP 2000 dengan 2 tahapan utama. Pertama, analisis beban gempa menggunakan metode analisis pushover yang berpedoman kepada FEMA 440-2015. Pada tahapan ini akan diketahui kriteria kinerja bangunan yang terdiri dari *operational*, *immediate occupancy* (IO), *life safety* (LS), *collapse prevention* (CP). Kedua, analisis beban tsunami mengacu pada FEMA P-646-2019 yang melibatkan berbagai gaya seperti gaya hidrostatis, gaya apung, gaya hidrodinamik, gaya impuls, gaya akibat benturan puing-puing, gaya bendung puing-puing, gaya angkat hidrodinamis, gaya tambahan gravitasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa akibat pembebanan arah X dan arah Y diperoleh *drift aktual* sebesar 0,0101 dan 0,0102. Hasil *drift aktual* tersebut masih tidak lebih dari 0,01, seperti yang disyaratkan dalam FEMA 440-2015 untuk kriteria kinerja bangunan level *immediate occupancy* (IO). Sehingga dapat disimpulkan bahwa Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP masih cukup kuat untuk menahan beban gempa yang terjadi. Sehingga Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP tidak aman terhadap beban tsunami, dan perlu dilakukan perkuataan struktur agar dapat dijadikan *shelter* pada saat terjadinya tsunami.

Kata Kunci: Analisis Pushover, FEMA P-646-2019, FEMA 440-2005, Beban Tsunami

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Evaluasi Kinerja Struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap Beban Gempa dan Beban Tsunami”**. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Ir. Prima Yane Putri, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Sipil sekaligus sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan masukan serta arahan hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Nurhasan Syah, M.Pd. selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Eka Juliafad, S.T., M. Eng. selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Faisal Ashar, Ph.D selaku penasehat akademik.
5. Bapak dan Ibu Dosen beserta staff Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama perkuliahan.

Demikian segala ucapan terima kasih ini penulis ucapkan, semoga segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dari Allah Subhanahu Wata’ala. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini berguna bagi kita semua.

Padang, 22 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
BIODATA	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Gempa Bumi	7
B. Tsunami.....	11
C. Tempat Evakuasi Sementara (TES/ <i>Shelter</i>)	12
1. Pentingnya Pembangunan <i>Shelter</i>	12
2. Aspek Penting Dalam Pembangunan <i>Shelter</i>	12
3. Kategori Risiko Tsunami	16
4. Kinerja Bangunan	17
D. Elemen-elemen Struktur	17
E. Gaya Dalam Elemen Struktur.....	18
F. Pembebanan Struktur.....	20

1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>) dan Beban Mati Tambahan (<i>Super Dead Load</i>) .	20
2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	21
3. Beban Hidup Pengungsi (<i>Refuge Live Load</i>)	21
4. Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>)	21
5. Beban Tsunami (<i>Tsunami Load</i>)	21
6. Kombinasi Pembebanan.....	27
G. Evaluasi Kinerja Struktur dengan Analisis <i>Pushover</i>	27
1. Analisis <i>Pushover</i>	27
2. Sendi Plastis	28
3. Kurva Kapasitas.....	31
4. Performance Point.....	31
5. Target Perpindahan	32
6. Level Kinerja Bangunan	33
H. Gaya Geser Dasar Seismik	35
I. Simpangan Antar Tingkat Ijin.....	35
J. Perbandingan SNI 1726-2002, SNI 1726- 2012, dan SNI 1726-2019.....	35
K. Penelitian Relevan	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
A. Prosedur Penelitian Tugas Akhir.....	41
1. Studi Literatur	41
2. Objek Penelitian	41
3. Data Penelitian	41
4. Perhitungan Pembebanan.....	43
5. Pemodelan Struktur	43
6. Analisis Struktur.....	43
7. Hasil dan Pembahasan	43
B. Diagram Alir Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Data Penelitian.....	46

1. Data Lokasi Gedung.....	46
2. Pemeriksaan Bangunan Eksisting	46
3. Data Teknis Gedung.....	50
B. Pemodelan Struktur.....	52
C. Pembebanan Struktur.....	52
1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	52
2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	55
3. Beban Hidup Pengungsi (<i>Refuge Live Load</i>)	55
4. Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>)	55
5. Beban Tsunami (<i>Tsunami Load</i>)	59
6. Kombinasi Pembebanan.....	65
D. Analisis Struktur	66
1. Periode Fundamental Struktur Gedung	66
2. Gaya Geser Dasar Seismik	68
E. Validasi Pemodelan	69
F. Analisis Pushover	71
G. Kurva Kapasitas.....	73
H. Target Perpindahan	75
1. Evaluasi Gaya Geser Dasar	78
2. Evaluasi Simpangan Ijin	79
3. Kriteria Kinerja Struktur.....	80
I. Mekanisme Sendi Plastis	81
1. Pushover Arah X	82
2. Pushover Arah Y	85
J. Evaluasi Struktur Akibat Beban Tsunami.....	86
1. Rekapitulasi Gaya Dalam Struktur Kolom	86
2. Rekapitulasi Gaya Dalam Struktur Balok.....	88
3. Kapasitas Gaya Dalam Struktur Kolom.....	90
4. Kapasitas Gaya Dalam Struktur Balok	93
5. Kerusakan Elemen Struktur	97

6. Story Displacement	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	100
A. Kesimpulan	100
B. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Pergerakan Lempeng Tektonik.....	8
Gambar 2. Penyebab Terjadinya Tsunami	11
Gambar 3. Lokasi Shelter Berdasarkan Jarak Perjalanan.....	14
Gambar 4. Pertimbangan Bahaya Lokasi dan Arah Evakuasi.....	15
Gambar 5. Elevasi <i>Shelter</i>	16
Gambar 6. Level Kinerja Berdasarkan Kategori Risiko Tsunami	17
Gambar 7. Distribusi Gaya Hidrostatik dan Resultan Gaya.....	22
Gambar 8. Gaya Apung yang Bekerja pada Struktur Akibat Tsunami	23
Gambar 9. Distribusi Gaya Hidrodinamik dan Resultan Gaya	24
Gambar 10. Gaya Akibat Benturan Puing	24
Gambar 11. Tambahan Beban Gravitasi Akibat Air	26
Gambar 12. Analisis Pushover.....	28
Gambar 13. Sendi Plastis pada Balok dan Kolom.....	29
Gambar 14. Posisi Sumbu Lokal Balok	30
Gambar 15. Posisi Sumbu Lokal Kolom.....	30
Gambar 16. Sendi Plastis yang Terjadi Pada Balok dan Kolom.....	31
Gambar 17. Penetapan <i>Performance Point</i>	31
Gambar 18. Kinerja Struktur Bangunan	34
Gambar 19. Perbandingan Spektrum Respons Desain	38
Gambar 20. Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP	41
Gambar 21. <i>Rebound Hammer</i>	42
Gambar 22. <i>Rebar Scanner</i>	42
Gambar 23. Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 24. Jarak Bangunan Dari Bibir Pantai	46
Gambar 25. Pelaksanaan <i>Hammer Test</i>	48
Gambar 26. Pemeriksaan dengan <i>Rebar Scanner</i>	49
Gambar 27. Pemodelan Struktur	52
Gambar 28. Grafik Respon Spektrum	57
Gambar 29. Beban Hidrostatik (F_h)	60

Gambar 30. Gaya Apung (F_b).....	61
Gambar 31. Gaya Hidrodinamik (F_d)	62
Gambar 32. Gaya Akibat Benturan Puing (F_i).....	63
Gambar 33. Daerah yang Akan Ditinjau	70
Gambar 34. Reaksi tumpuan yang Akan Ditinjau	70
Gambar 35. Input Pembebanan Gravitasi.....	72
Gambar 36. Input Pembebanan Push X	72
Gambar 37. Input Pembebanan Push Y	73
Gambar 38. Kurva Kapasitas Arah X.....	73
Gambar 39. Kurva Kapasitas Arah Y	74
Gambar 40. Parameter <i>Displacement Modification</i> FEMA 440.....	75
Gambar 41. Kurva Kapasitas Arah X.....	76
Gambar 42. Parameter <i>Displacement Modification</i> FEMA 440 Arah X	77
Gambar 43. Kurva Kapasitas Arah Y	77
Gambar 44. Parameter <i>Displacement Modification</i> FEMA 440 Arah Y	78
Gambar 45. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 1	83
Gambar 46. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 2	83
Gambar 47. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 6	84
Gambar 48. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 10.....	84
Gambar 49. Mekanisme Sendi Plastis Step 2	85
Gambar 50. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 5	86
Gambar 51. Mekanisme Sendi Plastis Step 7	86
Gambar 55. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1	90
Gambar 56. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1	90
Gambar 57. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2	91
Gambar 58. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2	91
Gambar 59. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K3	92
Gambar 60. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K3	92
Gambar 61. <i>Story Displacement</i> Arah X	98
Gambar 62. <i>Story Displacement</i> Arah Y	99

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Gedung Shelter di UNP	3
Tabel 2. Skala Modified Mercally Intensity (MMI)	9
Tabel 3. Skala Intensitas Gempa Bumi (SIG)	10
Tabel 4. Sumber Tsunami dan Perkiraan Waktu Peringatan	13
Tabel 5. Jarak Maksimum <i>Shelter</i> Berdasarkan Kecepatan Berjalan dan Waktu Peringatan	13
Tabel 6. Nilai Modifikasi Faktor C_0^1	32
Tabel 7. Nilai Faktor Massa Efektif C_m^1	33
Tabel 8. Simpangan Izin Antar Tingkat	35
Tabel 9. Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2012 Ddan SNI 1726-2019.....	36
Tabel 10. Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2002.....	36
Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Visual.....	47
Tabel 12. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Mutu Beton	49
Tabel 13. Detail Penampang Kolom	51
Tabel 14. Detail Penampang Balok	51
Tabel 15. Dimensi Penampang Pelat.....	51
Tabel 16. Berat Jenis Beban Mati yang Diperhitungkan	53
Tabel 17. Berat Jenis Beban Hidup yang Diperhitungkan	55
Tabel 18. Faktor Keutamaan Gempa	56
Tabel 19. Klasifikasi Situs.....	56
Tabel 20. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek.....	58
Tabel 21. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode 1 Detik	58
Tabel 22. Faktor Gempa	58
Tabel 23. Rekapitulasi Beban Tsunami	64
Tabel 24. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	67
Tabel 25. Periode Fundamental Struktur Bangunan (T_c)	67
Tabel 26. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung (C_u)	68

Tabel 27. Gaya Geser Seismik	69
Tabel 28. Gaya Geser Seismik	69
Tabel 29. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah X	74
Tabel 30. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah Y	75
Tabel 31. Simpangan Maksimum Atap	79
Tabel 32. Simpangan Maksimum Top Crown	80
Tabel 33. Level Kinerja Struktur FEMA 440.....	80
Tabel 34. Mekansime Sendi Plastis	82
Tabel 35. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan Elemen Struktur (Push X)	82
Tabel 36. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan pada Elemen Struktur (Push Y).....	85
Tabel 37. Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom.....	87
Tabel 38. Rekapitulasi Gaya Dalam Balok	88
Tabel 39. Kapasitas Geser Kolom	93
Tabel 40. Kapasitas Momen Lentur Balok A	93
Tabel 41. Kapasitas Momen Lentur Balok B.....	94
Tabel 42. Kapasitas Momen Lentur Balok C.....	94
Tabel 43. Kapasitas Momen Lentur Balok D	94
Tabel 44. Kapasitas Geser Balok A	95
Tabel 45. Kapasitas Geser Balok B	95
Tabel 46. Kapasitas Geser Balok C	96
Tabel 47. Kapasitas Geser Balok D	96
Tabel 48. Persentase Kolom yang Rusak.....	97
Tabel 49. Persentase Balok yang Rusak	97
Tabel 49. Story Displacement Arah X.....	98
Tabel 50. Story Displacement Arah Y	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Kerja Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP	106
Lampiran 2. Detail Penampang Balok dan Kolom	121
Lampiran 3. Hasil Pemeriksaan <i>Hammer Test</i>	123
Lampiran 4. Hasil Pengujian <i>Rebar Scanner</i>	129
Lampiran 5. Data Tanah	130
Lampiran 6. Peta Inundasi Tsunami Kota Padang	131
Lampiran 7. Mekanisme Sendi Plastis	132
Lampiran 8. Diagram Interaksi Kolom	138
Lampiran 9. Perhitungan Kapasitas Geser Kolom	150
Lampiran 10. Perhitungan Kapasitas Geser Balok	151
Lampiran 11. Perhitungan Kapasitas Lentur Balok	153
Lampiran 12. Rekapitulasi Gaya Dalam Elemen Struktur	155
Lampiran 13. Posisi Elemen Struktur yang Rusak Akibat Beban Tsunami	171
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian	185

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang berada pada daerah rawan gempa bumi dan tsunami. Sesuai dengan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), sepanjang tahun 2022 Sumatera Barat telah mengalami 1045 kali guncangan gempa. Pusat gempa yang terjadi tersebar pada tiga zona, diantaranya Zona Subduksi, Zona Mentawai, dan Zona *Sumatran Fault System*. Jumlah ini mengalami peningkatan sebanyak 70% dibanding tahun 2021 yang hanya mengalami 617 frekuensi gempa (Harisa, 2023).

Kota Padang merupakan ibu kota Provinsi Sumatera Barat yang berada pada pesisir pantai barat Pulau Sumatera. Kota Padang terletak pada zona tumbukan dua lempeng aktif yang meningkatkan kemungkinan terjadinya gempa bumi dan tsunami (Restu, 2021). Menurut data hasil pemodelan tsunami oleh BMKG menunjukkan bahwa, pada skenario terburuk dapat terjadi gempa bumi berkekuatan 8,9 magnitudo yang berpotensi menimbulkan gelombang tsunami dengan ketinggian melebihi 10 meter dan waktu kedatangan kurang dari 30 menit di pesisir pantai Kota Padang (Situmorang, 2022).

Berdasarkan data InaRISK Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP) tahun 2020, lebih dari 60% luas atau setara dengan 18.456 hektar wilayah Kota Padang memiliki tingkat risiko gempa bumi pada rentang sedang hingga tinggi (Yulianti & Dwiatmodjo, 2020). Maka dari itu, perlu dilakukan upaya pencegahan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan baik berupa korban jiwa maupun kerugian materiil. Suatu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan penyediaan tempat evakuasi sementara (TES) atau *shelter* pada kawasan pesisir pantai.

Shelter merupakan suatu bangunan yang digunakan untuk memberikan perlindungan bagi penduduk pada saat terjadinya tsunami. Tsunami pada

dasarnya terjadi sesaat setelah terjadinya gempa bumi. Oleh sebab itu, bangunan *shelter* harus tahan terhadap beban gempa, tsunami, dan beban lainnya. Dalam artian, struktur bangunan tersebut harus memiliki kekuatan untuk menerima beban yang berlebih, kekakuan struktur, dan fleksibilitas untuk meredam getaran (Pradana dkk, 2015).

Sesuai dengan FEMA P-646-2019 kondisi struktur *shelter* harus berada pada level kinerja *Immediate Occupany* (IO) dimana bangunan dapat langsung ditempati sesaat setelah terjadinya gempa bumi. Struktur bangunan tidak mengalami kerusakan yang signifikan dan tetap memenuhi standar keamanan. Terkait dengan hal di atas, Restu (2021) melakukan penelitian tentang evaluasi struktur bangunan pada Gedung Pasar Inpres Blok IV terhadap beban tsunami, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah gedung pasar tersebut dapat dijadikan *shelter* atau tidak. Selanjutnya, Ferdy (2022) juga melakukan penelitian tentang pengaruh beban tsunami pada gedung STBA Prayoga Padang yang mengacu pada FEMA P-646-2019, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku gedung STBA Prayoga Padang setelah diberikan beban tsunami.

Di Kota Padang sudah terdapat beberapa bangunan yang dibangun khusus untuk dijadikan *shelter*. Diantaranya *shelter* di kawasan Air Tawar Timur, Kelurahan Bungo Pasang, Parupuk Tabing, dan Ulak Karang Utara (Nasution, 2018). Selain itu, juga terdapat beberapa bangunan seperti kantor, hotel, rumah sakit, pasar, maupun fasilitas pendidikan yang dapat dijadikan sebagai *shelter*. Salah satunya adalah Kampus Universitas Negeri Padang (UNP). UNP terletak di Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara. Lokasinya berjarak kurang dari 1 kilometer dari pesisir pantai. Mengingat padatnya penduduk pada kawasan ini, maka terdapat beberapa bangunannya yang dapat difungsikan sebagai *shelter*.

Menurut Endri dalam Sari dkk (2021) jumlah *shelter* di lingkungan kampus Universitas Negeri Padang telah meningkat dari tahun-tahun sebelumnya,

yang semula berjumlah 7 pada tahun 2021 menjadi 16 gedung. Adapun daftar nama gedung tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Gedung *Shelter* di UNP

No.	Nama Gedung
1.	Gedung Labor <i>Micro Teaching</i>
2.	Gedung Labor Ilmu Pendidikan
3.	Gedung Labor Terpadu Ilmu Ekonomi
4.	Gedung Fakultas Bahasa dan Seni
5.	Gedung Perpustakaan
6.	Masjid Raya Al-Azhar
7.	Gedung <i>Rectorate and Research Center UNP</i>
8.	Gedung UNP <i>Hotel and Convention</i>
9.	Gedung Ilmu Terpadu A
10.	Gedung Ilmu Terpadu B
11.	SD Laboratorium Pembangunan UNP
12.	SMP Laboratorium Pembangunan UNP
13.	SMA Laboratorium Pembangunan UNP
14.	Gedung Pusat PPG
15.	Gedung UPT-MKU UNP
16.	Gedung Serbaguna FMIPA

Sumber: Sari dkk (2021)

Dari penelitian yang dilakukan oleh Ashar dkk (2021) tentang analisis penempatan gedung evakuasi vertikal atau *shelter* tsunami di lingkungan kampus UNP. Dari hasil analisis menggunakan 6 rekomendasi potensial *shelter* diperoleh hasil bahwa civitas akademika yang berada di lingkungan kampus UNP dapat mengevakuasi diri dalam jangka waktu 10 menit menuju potensial *shelter* dengan jarak jangkauan 450,6 meter. Ini mengindikasikan bahwa civitas akademika dapat dievakuasi dengan aman sebelum datangnya tsunami.

Merujuk pada penelitian di atas, untuk menunjang kelancaran dan keberhasilan proses evakuasi, maka perlu adanya pemeriksaan atau evaluasi kinerja struktur terhadap bangunan yang dijadikan sebagai *shelter* di lingkungan kampus UNP. Dengan tujuan untuk memastikan bahwa *shelter* tersebut tetap dalam keadaan aman, kuat, serta berfungsi dengan baik pada saat terjadinya tsunami.

Sesuai dengan Tabel 1, salah satu bangunan yang digunakan sebagai *shelter* di lingkungan kampus UNP adalah SMP Pembangunan Laboratorium UNP. SMP Pembangunan Laboratorium UNP terdiri dari 3 lantai dengan lantai paling atas difungsikan sebagai *shelter*. Sekolah ini berada di bawah naungan Yayasan Pendidikan Pembangunan Laboratorium Padang (YPPLP) yang mana yayasan ini langsung dibina oleh UNP. Mulai dibangun pada tahun 2012 dan mulai digunakan untuk aktivitas pembelajaran pada Maret 2014 (Fivaldi, 2019). Seiring berjalannya waktu, kinerja suatu bangunan dapat mengalami penurunan dari segi struktural maupun non struktural (Fernandi, 2011). Selain itu, regulasi atau standar yang digunakan untuk perancangan beban gempa SMP Pembangunan Laboratorium UNP tentu mengacu pada standar yang berlaku pada waktu itu. Dari pemaparan tersebut, perlu untuk melakukan evaluasi kinerja SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap beban gempa sesuai dengan standar yang berlaku saat ini (SNI 1726-2019). Serta mengingat fungsinya sebagai *shelter*, maka penting dilakukan pemeriksaan apakah bangunan tersebut dapat menahan beban tsunami atau tidak.

Merujuk pada uraian di atas, penulis tertarik untuk memilih topik ini sebagai penelitian untuk tugas akhir dengan judul **“Evaluasi Kinerja Struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap Beban Gempa dan Beban Tsunami”**. Evaluasi dilakukan dengan membuat pemodelan struktur gedung menggunakan aplikasi SAP (*Structural Analysis Program*) 2000. Beban gempa berdasarkan data respon spektrum dan mengacu pada SNI 1726-2019 serta menggunakan metode *Pushover Analysis* dimana level kinerja struktur mengacu pada FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) 440-2005, sedangkan untuk beban tsunami berpedoman pada FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) P-646-2019.

B. Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diperoleh identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP dibangun pada tahun 2012 dan standar atau aturan yang digunakan adalah yang berlaku pada saat itu.
2. Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP digunakan sebagai *shelter*, namun belum diketahui level kinerja strukturnya.
3. Belum diketahui perilaku Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP saat dikenai beban gempa dan beban tsunami.

C. Batasan Masalah

Agar fokus penelitian lebih terarah, perlu ada penentuan ruang lingkup. Batasan masalah pada tugas akhir ini mencakup:

1. Bangunan yang akan dievaluasi adalah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP.
2. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan *software* SAP (*Structural Analysis Program*) 2000.
3. Struktur yang dievaluasi adalah struktur atas (*upper structure*) yang meliputi kolom, balok, dan pelat lantai.
4. Jenis beban yang akan diperhitungkan sebagai berikut:
 - a. Beban Mati (*Dead Load*) dan Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Beban Hidup Pengungsi (*Refuge Life Load*)
 - d. Beban Gempa (*Earthquake Load*)
 - e. Beban Tsunami (*Tsunami Load*)
5. Gaya gempa menggunakan analisis respon spektrum, dimana data respon spektrum diambil website Desain Spektra Indonesia dan berpedoman pada SNI 1726-2019.
6. Metode yang digunakan adalah analisis statik gaya dorong atau *Nonlinear Static Pushover Analysis* dan penentuan level kinerja struktur berpedoman pada FEMA 440-2005.
7. Analisis beban tsunami berdasarkan FEMA P-646-2019.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah sebelumnya, maka ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP mampu menahan beban gempa?
2. Apakah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP mampu menahan beban tsunami?
3. Bagaimana perilaku elemen struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap beban tsunami?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah:

1. Mengetahui kinerja struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap beban gempa.
2. Mengetahui kinerja struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP terhadap beban tsunami.
3. Mengetahui perilaku elemen struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP saat dikenai beban tsunami, sehingga diketahui apakah gedung tersebut dapat digunakan sebagai *shelter* atau tidak.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penyusunan tugas akhir ini antara lain:

1. Bagi Yayasan Pendidikan Pembangunan Laboratorium Padang (YPPLP) sebagai bahan evaluasi dan memberikan informasi mengenai kinerja struktur Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP.
2. Bagi mahasiswa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik UNP untuk menambah wawasan dan pemahaman tentang evaluasi kinerja struktur gedung terhadap beban gempa dan beban tsunami.
3. Bagi masyarakat setempat untuk mengetahui apakah Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP dapat dijadikan sebagai *shelter* pada saat terjadinya tsunami atau tidak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi terhadap Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP menggunakan SAP 2000, maka dapat diambil kesimpulan berupa:

1. Berdasarkan hasil analisis pushover yang mengacu pada *Displacement Modification* FEMA 440 diperoleh kriteria kinerja Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP berada pada level *immediate occupancy* (IO) dengan *drift* aktual untuk pembebanan arah x dan arah y masing-masing sebesar 0,0101 dan 0,0103. Dimana nilai ini tidak lebih besar dari *drift* ijin yaitu 0,01. Hal ini menandakan bahwa Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP kuat terhadap beban gempa.
2. Dari hasil analisis beban tsunami terhadap kapasitas lentur dan geser terdapat beberapa elemen struktur balok dan kolom yang gaya ultimitnya sudah melebihi kapasitas baik lentur maupun geser dan elemen struktur balok dan kolom mengalami kerusakan. Adapun untuk *displacement*, diperoleh pada arah x nilai *displacement* akibat beban gempa dan beban tsunami sudah melebihi nilai *displacement ijin* sehingga tidak aman untuk perpindahan arah x, sedangkan untuk arah y belum melebihi *displacement* ijin sehingga aman terhadap perpindahan arah y. Oleh karena itu, Gedung SMP Pembangunan Laboratorium UNP tidak aman terhadap beban tsunami dan perlu dilakukan perkuatan struktur agar dapat dijadikan sebagai *shelter* pada saat terjadinya tsunami.

B. Saran

1. Agar bangunan dapat dijadikan sebagai tempat evakuasi sementara atau *shelter* yang aman, maka perlu diberi perkuatan pada elemen strukturnya.

-
2. Bagi rekan-rekan yang ingin melakukan penelitian serupa, tugas akhir ini dapat dijadikan referensi dalam melakukan analisis dan evaluasi terhadap kinerja struktur bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyuanda, R. (2021). *Evaluasi Kelayakan dan Rekomendasi Perkuatan Struktur Gedung Rumah Sakit Naili DBS Padang*.
- Ahmad, R. (2016). *Analisis Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Metode Pushover Menggunakan Program Dengan Metode Pushover Menggunakan*. ATC 40. (1996). *Atc-40-Vol-2*.
- BMKG. *Pengetahuan Gempa Bumi*. <https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang-gempa>.
- BMKG. *Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)*. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>.
- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 17–18.
- Fani, A., Rifqi, M. G., Zulis Erwanto, & M. Shofi'ul Amin. (2021). Desain Struktur Shelter Inovatif Sebagai Tempat Evakuasi Sementara Di Banyuwangi. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(1), 25–40. <https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2325.25-40>.
- FEMA P-646. (2019a). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation From Tsunamis 3rd Edition. *Jetty.Ecn.Purdue.Edu*, August, 176. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_earthquakes_guidelines-for-design-of-structures-for-vertical-evacuation-from-tsunamis-fema-p-646.pdf
- FEMA P-646. (2019b). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation From Tsunamis 3rd Edition. *Jetty.Ecn.Purdue.Edu*, August, 176.
- Hakim, R. A., Alama, M. S., & Ashour, S. A. (2014). Seismic Assessment of RC Building According to ATC 40, FEMA 356 and FEMA 440. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39(11), 7691–7699. <https://doi.org/10.1007/s13369-014-1395-x>.
- Harisa, D. (2023). *BMKG Catat 1.045 Gempa di Sumbar Sepanjang 2022*. *Langgam.id*. <https://langgam.id/bmkg-catat-1-045-gempa-di-sumbar-sepanjang-2022-tersebar-di-3-zona>.
- Ivan, L., & Leo, E. (2019). Analisis Dinamik Perilaku Gedung Dengan Ketidakberaturan Massa Pada Masing-Masing Tingkat Terhadap Beban Gempa. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(3), 245. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i3.5836>.
- Komala, A. (2022). Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Berdasarkan SNI 03-1726-2019. Dalam *Tugas Akhir*.
- Malaka, T. (2018). Fakta dan Isu Tentang Tsunami. *Bangkapos.com*.
- Murtianto, O. H. (2016). *Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya*.