

**EVALUASI STRUKTUR BANGUNAN *SHELTER* TSUNAMI DI
LINGKUNGAN UNIVERSITAS NEGERI PADANG
(STUDI KASUS: GEDUNG SEKOLAH MENENGAH ATAS YAYASAN
PEMBANGUNAN LABORATORIUM PADANG)**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh :

BINU RIFA

NIM. 19323064

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

2024

EVALUASI STRUKTUR BANGUNAN SHELTER TSUNAMI DI LINGKUNGAN

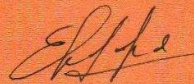
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

(Studi Kasus: Gedung Sekolah Menengah Atas Yayasan Pembangunan
Laboratorium Padang)

Nama : Binu Rifa
NIM : 19323064
Program Studi : S-1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

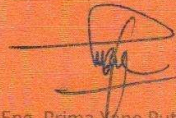
Padang, 13 Februari 2024

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng
NIP. 19820730 200912 2 005

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik



Dr. Eng. Prima Yane Putri, S.T., M.T
NIP. 19780605 200312 2 006

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BANGUNAN SHELTER TSUNAMI DI LINGKUNGAN

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

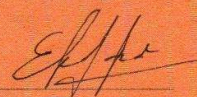

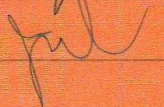
(Studi Kasus: Gedung Sekolah Menengah Atas Yayasan Pembangunan
Laboratorium Padang)

Nama : Binu Rifa
NIM : 19323064
Program Studi : S-1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, 13 Februari 2024

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng	
2. Anggota : Dr. Eng. Prima Yane Putri, S.T., MT	
3. Anggota : Dr. Jonni Mardizal, MIM	

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk keluarga tercinta, Mama, Alm Papa, Kakak, dan Alm abim yang selalu menjadi motivasi untuk selesainya Tugas Akhir ini.

Al-Fatihah

Kepada teman-teman yang katanya "Circle Elit" padahal tidak se-elit itu yang selalu mendampingi dan terus bersama dari semester 1. Dengan semua suka duka selama 4-5 tahun ini.

'Masuk Bareng, Keluar Juga Harus Bareng'

MOTTO

“Sekuat apapun badai yang menghadang, Teruslah bersemangat dan jangan pernah menyerah. Karena percayalah tidak ada nahkoda hebat yang terlahir dari lautan yang tenang”

~Life must go on~



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 : Binu Rifa
NIM/TM : 19323064 / 2019
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Evaluasi Struktur Bangunan Shelter Tsunami di lingkungan Universitas Negeri Padang (studi kasus : Gedung Sekolah Menengah Atas Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang .

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,



Binu Rifa

BIODATA



A. Data Diri

Nama : Binu Rifa
Tempat/ Tanggal Lahir : Padang, 8 Oktober 2001
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-laki
Golongan Darah : O
Anak ke : 2 (Dua)
Jumlah Saudara : 3 (Tiga)
Nama Ayah : Alm. Yulian Darmansyah
Nama Ibu : Rini Madya Wati
Alamat : Komp. Pondok Pratama 1 Blok B.23, Kota Padang
Email : binurifa808@gmail.com

B. Data Pendidikan

SD : SDN 11 Padang
SMP/SLTP : MTsN Lubuk Buaya
: MTsN Lubuk Pakam
SMA/SLTA : SMAN 1 Tanjung Morawa
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

C. Penelitian

Judul : Evaluasi Struktur Bangunan Shelter di Lingkungan
Universitas Negeri Padang (Studi Kasus: Gedung
SMA
Pembangunan Laboratorium Padang
Tanggal Sidang : 13 Februari 2024

ABSTRAK

Binu Rifa, 2024. "Evaluasi Struktur Bangunan Shelter di Lingkungan Universitas Negeri Padang (Studi Kasus: SMA Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang).

Yayasan Pembangunan laboratorium Padang merupakan salah satu sekolah di lingkungan Universitas Negeri Padang yang memiliki tempat evakuasi sementara (shelter) sehingga dapat digunakan sebagai tempat evakuasi terhadap tsunami. Bangunan tersebut terletak pada zona merah terhadap tsunami kota Padang yang hanya berjarak 600 m dari bibir pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan SMA Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang dengan menggunakan metode analisis *pushover* untuk beban gempa dan analisis statis beban tsunami dengan menggunakan mengacu pada FEMA P-646/ 2019. Menurut FEMA P-646/2019, struktur bangunan shelter harus memiliki level kinerja *Immediate Occupancy* (IO), yaitu keadaan dimana suatu bangunan harus dapat langsung ditempati sesaat setelah terjadinya bencana gempa bumi. Adapun untuk pembebanan yang bekerja pada bangunan mengacu pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019 untuk beban gempa, serta FEMA P-646/ 2019 untuk beban tsunami. Sedangkan perhitungan kapasitas elemen struktur beton, mengacu pada SNI 2847:2019. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000. Setelah dilakukan analisis struktur bangunan terhadap beban gempa, didapatkan hasil *drift ratio* yang terjadi akibat pembebanan arah X dan arah Y adalah 0,07801% dan 0,0851%. Hasil *drift ratio* tersebut masih lebih kecil dari nilai yang diizinkan oleh ATC- 40 yaitu 1% untuk level kinerja *immediate occupancy* sehingga bangunan SMA Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang masih cukup kuat menahan beban gempa yang terjadi. Sedangkan untuk hasil analisis pembebanan terhadap tsunami, terdapat beberapa elemen kolom dan balok yang melampaui kapasitas momen lentur dan kapasitas geser elemen struktur tersebut, sehingga bangunan tidak mampu menahan beban akibat tsunami yang terjadi sehingga gedung SMA Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang tidak dapat digunakan sebagai shelter tsunami.

Kata Kunci : Gempa, Analisis Pushover, Level Kinerja Struktur, Tsunami, Shelter.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas nikmat dan rahmat serta karunia-Nya. Shalawat serta salam penulis doakan agar disampaikan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi wa sallam. Adapun judul skripsi yang saya ajukan adalah **“Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Shelter di Lingkungan Universitas Negeri Padang (Studi Kasus: SMA Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang)”**. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah tugas akhir di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan dalam moral maupun materil. Terutama sekali penulis mengucapkan terima kasih yang tak mampu dibalaskan kepada kedua Orang Tua tercinta serta kepada seluruh keluarga yang telah memberikan semangat, dukungan dan doa kepada penulis. Selain itu penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta arahan sehingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Eng. Prima Yane Putri, S.T., MT selaku dosen penguji yang memberikan arahan serta pengalaman agar penelitian ini terarah.
3. Bapak Dr. Jonni Mardizal, MM selaku dosen penguji yang memberikan arahan dan masukan untuk kesuksesan penelitian ini.
4. Bapak Prof. Dr. M. Giatman, MSIE selaku dosen penasehat akademik yang memberikan masukan, arahan, serta dukungan agar mampu menyelesaikan studi.
5. Bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama perkuliahan dan seluruh staff yang selalu sabar melayani segala administrasi selama proses penelitian ini.
6. Kepada Alm Papa yang telah tenang disurganya Allah SWT serta Adek penulis yang baru saja berpulang pada 22 Januari 2024 lalu, dan selalu menjadi motivasi agar tugas akhir ini dapat terselesaikan. Semoga almarhum meninggal

dalam keadaan khusnul khotimah, diampuni dosanya selama di dunia, dan diterima semua amal ibadah yang telah almarhum perbuat, serta ditempatkan didalam surga Allah SWT, Aamiin.

7. Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan motivasi hingga tugas akhir ini terselesaikan.
8. Teman – teman Circle Elite yang telah senantiasa memberikan motivasi serta dorongan moril sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Serta semua pihak yang membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu disini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran, masukan, dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak khususnya mahasiswa Departemen Teknik Sipil.

Padang, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
MOTTO	
SURAT KETERANGAN PLAGIAT	
BIODATA	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Manfaat.....	5
C. Batasan Masalah	6
D. Spesifikasi Teknis.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Gempa Bumi.....	8
B. Tsunami.....	14
C. Bangunan Tempat Evakuasi Sementara/ <i>Shelter</i>	18
1. Alasan Pentingnya Membangun Tempat Evakuasi Vertikal	18
2. Aspek Penting Pada Pembangunan Tempat Evakuasi Vertikal (<i>Shelter</i>)	19
3. Kategori Resiko Tsunami.....	22
4. Kriteria Kinerja Bangunan	22
D. Gaya-Gaya Dalam Nominal Elemen Struktur	24
1. Momen Nominal.....	24
2. Geser Nominal.....	25
3. Aksial Nominal.....	25
E. Pembebanan	26
1. Beban Mati (<i>Dead load</i>).....	26
2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	26
3. Beban Hidup Pengungsi (<i>Refugees Live Load</i>).....	27
4. Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	27
5. Beban Tsunami (<i>Tsunami Load</i>).....	27
6. Kombinasi Pembeban.....	32
F. Analisis <i>Pushover</i> NonLinear	33
1. Sendi Plastis.....	34
2. Kurva Kapasitas	35

3. Tahapan – Tahapan Analisis Pushover	35
4. Performance Point.....	36
G. Simpangan Antar Tingkat Ijin	37
H. Gaya Geser Dasar Seismik.....	38
I. <i>Software</i> SAP2000.....	38
J. Penelitian Relevan.....	39
BAB III PROSEDUR PERANCANGAN	42
A. Prosedur dan Rencana Rancangan/Diagram Alir.....	42
1. Studi Literatur	42
2. Pengumpulan Data	42
3. Permodelan Struktur	43
4. Pembebanan Elemen Struktur	43
5. Validasi Permodelan.....	43
6. Analisis Struktur dan Analisis <i>Pushover</i>	44
7. Pembebanan Struktur dengan Beban Tsunami.....	44
8. Analisis Struktur terhadap Beban Tsunami	44
9. Hasil dan Pembahasan	44
B. Waktu Penelitian.....	47
C. Sifat Perancangan	48
D. Data Perancangan	48
E. Teknik Pengumpulan Data	49
F. Analisis Data	49
G. Produk.....	50
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....	51
A. Kerentanan Lokasi Terhadap Tsunami.....	51
B. Wawancara dengan pihak terkait	51
C. Pengecekan Bangunan Dengan Menggunakan Bantuan Alat	52
1. Pengecekan Tulangan (<i>Rebar Scanner</i>).....	52
2. Pengecekan nilai mutu beton (<i>Hammer Test</i>).....	52
3. Pengecekan tebal selimut beton	55
4. Pengecekan dimensi elemen struktur bangunan	55
D. Temuan Penelitian	56
E. Permodelan Struktur.....	59
F. Pembebanan	59
1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	59
2. Beban Hidup (<i>live load</i>).....	62
3. Beban Hidup Pengungsi (<i>Refuge Live Load</i>)	63
4. Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	63
5. Beban Tsunami (<i>Tsunami Load</i>).....	67
6. Kombinasi Pembebanan	74

G. Analisis Struktur	75
H. Validasi Permodelan	79
I. Analisis Pushover	81
J. Kurva Kapasitas	83
K. Target Perpindahan dengan Metode Spektrum Kapasitas ATC 40	86
L. Mekanisme Sendi Plastis.....	91
M. Penurunan Kapasitas Struktur	99
N. Evaluasi Struktur dengan Beban Tsunami	101
1. Rekapitulasi Gaya Dalam Struktur Kolom	101
2. Rekapitulasi Gaya Dalam Struktur Balok.....	103
3. Kapasitas Gaya Dalam Struktur	104
4. <i>Story Displacement</i>	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	124
A. Kesimpulan.....	124
B. Saran.....	125
DAFTAR RUJUKAN.....	126
LAMPIRAN	129

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Skala Modified Mercally Intensity (MMI)</i>	10
Tabel 2. Skala Intensitas Gempa Bumi (SIG) BMKG.....	12
Tabel 3. Sumber Tsunami dan Perkiraan Waktu Peringatan	20
Tabel 4. Kriteria Kinerja yang Ditetapkan Oleh Vision 2000 dan NEHRP	22
Tabel 5. Batasan Drift Rasio Berdasarkan ATC- 40	37
Tabel 6. Simpangan Izin Antar Tingkat	37
Tabel 7. Time Schedule Penelitian	47
Tabel 8. Pembagian Titik Pelaksanaan Hammer Test	53
Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Hammer Test	53
Tabel 10. Detail Penampang Kolom	57
Tabel 11. Detail Penampang Balok.....	58
Tabel 12. Dimensi Penampang Pelat	58
Tabel 13. Berat Jenis Beban Mati yang Diperhitungkan	59
Tabel 14. Berat Jenis Beban Hidup yang Diperhitungkan	63
Tabel 15. Kategori Resiko Bangunan	64
Tabel 16. Faktor Keutamaan Gempa (Ie).....	64
Tabel 17. Faktor Gempa	66
Tabel 18. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek	66
Tabel 19. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	66
Tabel 20. Beban Tsunami	67
Tabel 21. Mass and Stiffness of Some Waterborne Floating Debris.....	71
Tabel 22. Rekapitulasi Beban Tsunami	73
Tabel 23. Kombinasi Pembebanan yang Diinput.....	75
Tabel 24. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	76
Tabel 25. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung (C_u)	77
Tabel 26. Gaya Geser Seismik	79
Tabel 27. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah X	83
Tabel 28. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah Y.....	85
Tabel 29. Simpangan Maksimum Atap	89
Tabel 30. Simpangan Maksimum TopCrown	89
Tabel 31. Batasan Drift Ratio Atap	90
Tabel 32. Rekapitulasi Level Kinerja Struktur Berdasarkan Parameter Drift Ratio	90
Tabel 33. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan pada Elemen Struktur (Push X)	91
Tabel 34. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan pada Elemen Struktur (Push Y)	95
Tabel 35. <i>Cracked Stiffness Modifier</i>	100
Tabel 36. Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom	102
Tabel 37. Rekapitulasi Gaya Dalam Balok.....	103
Tabel 38. Kapasitas Geser Kolom	116
Tabel 39. Kapasitas Momen Lentur Balok A	117
Tabel 40. Kapasitas Momen Lentur Balok B	117
Tabel 41. Kapasitas Momen Lentur Balok C	118

Tabel 42. Kapasitas Momen Lentur Balok D.....	118
Tabel 43. Kapasitas Geser Balok A.....	119
Tabel 44. Kapasitas Geser Balok B.....	119
Tabel 45. Kapasitas Geser Balok C.....	120
Tabel 46. Kapasitas Geser Balok D	120
Tabel 47. Rekapitulasi Kapasitas Struktur	121
Tabel 48. <i>Story Displacement</i> Arah X	121
Tabel 49. <i>Story Displacement</i> Arah Y	122

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bangunan SMA Yayasan Pembangunan Padang	4
Gambar 2. Shelter Pada Bangunan SMA Yayasan Pembangunan Padang	4
Gambar 3. Struktur Lapisan Kerak Bumi	8
Gambar 4. Tsunami	14
Gambar 5. Mekanisme Terjadinya Tsunami	16
Gambar 6. Peta Evakuasi Tsunami Kota Padang	17
Gambar 7. Peta bahaya Tsunami Kota Padang	18
Gambar 8. Lokasi Tempat Evakuasi Vertikal Berdasarkan Jarak Perjalanan	20
Gambar 9. Pertimbangan Bahaya Lokasi dan Arah Evakuasi	21
Gambar 10. Grafik Level Kinerja Bangunan	24
Gambar 11. Grafik Level Kinerja Bangunan Berdasarkan Kategori	24
Gambar 12. Distribusi Gaya Hidrostatik dan Resultan Gaya	28
Gambar 13. Gaya Apung Akibat Tsunami	29
Gambar 14. Distribusi Gaya Hidrodinamik dan Resultan Gaya	29
Gambar 15. Gaya Impulsif pada Struktur Bangunan	30
Gambar 16. Gaya Akibat Tumbukan Puing	31
Gambar 17. Beban Gravitasi Tambahan Akibat Air Tertahan	32
Gambar 18. Ilustrasi Pushover	34
Gambar 19. Sendi Plastis pada Balok dan Kolom	35
Gambar 20. Kinerja Struktur Bangunan	35
Gambar 21. Penentuan Performance Point	36
Gambar 22. Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 23. Sistematisa Pemodelan dan Pembebanan Struktur dengan Beban Gempa	46
Gambar 24. Sistematisa Pembebanan Struktur dengan Beban Tsunami	47
Gambar 25. Site Plan Perencanaan	49
Gambar 26. Jarak Bangunan Terhadap Bibir Pantai	51
Gambar 27. Pengecekan dengan Rebar Detector	52
Gambar 28. Menghaluskan Permukaan Struktur	54
Gambar 30. Memberi Penanda	54
Gambar 31. Pelaksanaan Hammer Test	54
Gambar 32. Pengecekan Tebal Selimut Beton	55
Gambar 33. Pengecekan Dimensi Kolom dengan Menggunakan Meteran	56
Gambar 34. Pengecekan dengan Menggunakan <i>Laser Distance Meter</i>	56
Gambar 35. Permodelan Struktur Gedung SMA Pembangunan Laboratorium Padang ...	59
Gambar 36. Grafik Respon Spektrum	65
Gambar 37. Parameter Respon Spektrum	65
Gambar 38. Function Respon Spektrum	67
Gambar 39. Beban Hidrostatik	69
Gambar 40. Beban Apung	70
Gambar 41. Beban Hidrodinamik	70
Gambar 42. Gaya Tumbukan Debris	72
Gambar 43. Beban Gravitasi Tambahan	73
Gambar 44. Nilai Periode Struktur	77

Gambar 45. Daerah yang akan ditinjau	79
Gambar 46. Portal Daerah yang Ditinjau.....	80
Gambar 47. Input Pembebanan Gravitasi	81
Gambar 48. Input Pembebanan Push X	82
Gambar 49. Input Pembebanan Push Y.....	82
Gambar 50. Kurva Kapasitas Arah X	83
Gambar 51. Kurva Kapasitas Arah Y	84
Gambar 52. Parameter Respon Spektrum	86
Gambar 53. Kurva Kapasitas Arah X dalam Format ADRS	87
Gambar 54. Kurva Kapasitas Arah Y dalam Format ADRS	87
Gambar 55. Grafik Pushover Arah X (Titik Leleh Pertama).....	88
Gambar 56. Grafik Pushover Arah Y (Titik Leleh Pertama)	88
Gambar 57. Distribusi Sendi Plastis Push X	93
Gambar 58. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 1.....	93
Gambar 59. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 3.....	93
Gambar 60. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 8.....	94
Gambar 61. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 24.....	94
Gambar 62. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 45.....	95
Gambar 63. Distribusi Sendi Plastis Push Y	96
Gambar 64. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 1.....	97
Gambar 65. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 6.....	97
Gambar 66. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 10.....	98
Gambar 67. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 20.....	98
Gambar 68. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 25.....	98
Gambar 69. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 36.....	99
Gambar 70. Mekanisme Sendi Plastis pada Step 46.....	99
Gambar 71. <i>Frame Property/Stiffness Modification Factor</i> (Kolom)	100
Gambar 72. <i>Frame Property/Stiffness Modification Factor</i> (Balok).....	101
Gambar 73. <i>Frame Property/Stiffness Modification Factor</i> (Pelat)	101
Gambar 74. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1 Lantai 1	104
Gambar 75. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1 Lantai 1	105
Gambar 76. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1 Lantai 2	105
Gambar 77. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1 Lantai 2	106
Gambar 78. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1 Lantai 3	106
Gambar 79. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1 Lantai 3	107
Gambar 80. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1 Lantai Atap.....	107
Gambar 81. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1 Lantai Atap.....	108
Gambar 82. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2 Lantai 1	108
Gambar 83. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2 Lantai 1	109
Gambar 84. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2 Lantai 2	109
Gambar 85. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2 Lantai 2	110
Gambar 86. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2 Lantai 3	110
Gambar 87. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2 Lantai 3	111
Gambar 88. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2 Lantai Atap.....	111
Gambar 89. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2 Lantai Atap.....	112
Gambar 90. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K3 Lantai 1	112

Gambar 91. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K3 Lantai 1	113
Gambar 92. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K3 Lantai 2	113
Gambar 93. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K3 Lantai 2	114
Gambar 94. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K3 Lantai 3	114
Gambar 95. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K3 Lantai 3	115
Gambar 96. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K3 Lantai Atap.....	115
Gambar 97. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K3 Lantai Atap.....	116
Gambar 98. <i>Story Displacement</i> Arah X	122
Gambar 99. <i>Story Displacement</i> Arah Y	123

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Denah, Potongan dan Tampak Bangunan.....	129
Lampiran 2. Pemeriksaan Mutu Beton	140
Lampiran 3. Peta Inundasi Kota Padang	145
Lampiran 4. Sendi Plastis Arah X	147
Lampiran 5. Sendi Plastis Arah Y.....	159
Lampiran 6. Perhitungan Kapasitas Lentur Balok A Lantai 2.....	171
Lampiran 7. Perhitungan Kapasitas Geser Balok A Lantai 2.....	174
Lampiran 8. Perhitungan Kapasitas Geser Kolom	176
Lampiran 9. Posisi Elemen Struktur yang Rusak Akibat Beban Tsunami.....	180

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah Indonesia berada di jalur pertemuan tiga lempeng dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Samudera Hindia-Australia, dan lempeng Samudera Pasifik (Febrina, 2017). Lempeng Hindia-Australia dengan lempeng Eurasia bertemu dan saling bertabrakan di lepas pantai Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara sedangkan lempeng Samudera Hindia-Australia dengan lempeng Pasifik bertemu dan bertabrakan di sekitaran pulau Papua. Pertemuan tiga lempeng tersebut terjadi di sekitaran pulau Sulawesi. Maka dari itu wilayah yang terjadi pertemuan ke 3 lempeng sering terjadi gempa bumi (Murtianto, 2016).

Berdasarkan data pada buku katalog gempa bumi signifikan dan merusak yang diterbitkan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) tahun 2019 silam didapatkan bahwa dalam kisaran tahun 2009-2018 saja terjadi 124 kali gempa yang dirasakan dengan kekuatan 3,7 SR hingga 8,4 SR. Sepanjang tahun tersebut sudah merobohkan ratusan ribu bangunan dan sudah menelan banyak korban jiwa. Dari data tersebut menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara rawan gempa.

Provinsi Sumatera Barat berada di pantai Barat Sumatera berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan zona tumbukan aktif dua lempeng (Indo-Australia dan Eurasia) sehingga daerah ini menjadi salah satu provinsi yang paling rawan bahaya gempa bumi dan gelombang tsunami (Delita, 2016). Dari data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, dalam tiga tahun terakhir terjadi gempa bumi sebanyak 367 kali gempa yang terasa maupun yang tidak terasa yang tersebar di seluruh kabupaten/kota di Sumatera Barat. Berdasarkan Katalog Tsunami Indonesia (2019) terhitung telah terjadi 15 kali bencana tsunami di Sumatera Barat yang telah menewaskan ribuan jiwa manusia. Tercatat pada tahun 1861 Sumatera Barat pernah dilanda tsunami yang diawali dengan gempa berkekuatan 8,5 SR.

Gempa tersebut menghasilkan gelombang tsunami setinggi 7 meter yang menyebabkan sebanyak 1105 korban meninggal dunia (BMKG, 2019).

Selain itu, gempa dan tsunami dahsyat juga pernah terjadi di Aceh pada 26 Desember 2004. Gempa dengan kekuatan 9,3 SR yang bersumber dari dasar Samudera Hindia tersebut menghasilkan gelombang tsunami setinggi 30 meter yang berdampak hingga ke Thailand, Sri Lanka, India, Maladewa, dan pesisir Timur Afrika. Akibat peristiwa gempa bumi dan tsunami tersebut tercatat lebih dari 230 ribu korban dinyatakan meninggal dan hilang, sehingga tercatat sebagai salah satu bencana terdahsyat di abad 21 (BNPB, 2014).

Kota Padang merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi gempa dan tsunami karena terletak pada daerah Megatruster yaitu, daerah yang tepat berada pada lempeng yang bergeser dan bertumpuk serta menyimpan energi yang kapan saja dapat meledak sehingga diprediksi akan menimbulkan gempa dan tsunami yang besar (Sari dkk., 2014). Gempa yang paling membekas bagi masyarakat Padang yaitu gempa yang terjadi pada 30 September 2009 silam. Gempa tersebut berepisentrum di Selat Mentawai, sekitar 50 km Barat Laut Kota Padang dan 60 km Barat Daya Kota Pariaman dengan kedalaman hiposenter 80 km, yang memiliki kekuatan 7,6 SR sehingga mampu merobohkan ratusan ribu bangunan di kota Padang dan sekitarnya (Mustafa, 2010).

Kerusakan bangunan tersebut disebabkan oleh buruknya kualitas mutu beton bertulang yang merupakan tolak ukur kualitas suatu bangunan. Selain itu, penyebab bangunan rawan mengalami keruntuhan dan kerusakan adalah cacatnya struktur pada bangunan seperti pengaturan tulangan yang tidak tepat, kualitas pengecoran dan pemadatan beton yang buruk serta pengaturan bekisting yang tidak sesuai dengan standar (Juliafad, 2020). Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada bangunan maupun korban jiwa yang disebabkan oleh gempa bumi maka dalam perencanaan bangunan perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terkait struktur yang terdampak oleh kinerja seismik (Restu dkk., 2021).

Langkah untuk mencegah dan meminimalisir munculnya korban jiwa akibat bencana tsunami yaitu dengan mendirikan tempat evakuasi sementara atau *shelter* sebagai tempat evakuasi vertikal. Bangunan tersebut membutuhkan sistem struktural yang kuat untuk mampu menahan beban gempa, tsunami, dan beban lain yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Untuk dapat digunakan sebagai shelter tsunami, terdapat beberapa persyaratan penting yang harus dimiliki oleh bangunan tersebut, yaitu struktur harus mampu menahan beban berlebihan yang terjadi, sistem struktur harus terbuka agar air dapat mengalir dengan bebas melewati struktur tersebut, sistem struktur daktail sehingga mampu menopang beban yang berlebihan, dan struktur bangunan dengan redudansi (Pradana dkk., 2015). Struktur bangunan shelter juga harus mampu mencapai performa *immediate occupancy* yaitu keadaan dimana suatu bangunan harus dapat langsung ditempati sesaat setelah terjadinya bencana gempa bumi (FEMA P-646, 2019).

Lisyana Junelin Restu (2021) melakukan penelitian yang menganalisis evaluasi struktur bangunan gedung pasar raya inpres blok IV terhadap beban tsunami. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan program aplikasi *Structure Analysis Program (SAP2000)* dengan berpedoman pada *Federal Emergency Management Agency (FEMA) P-646, 2019*. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah bangunan gedung pasar raya inpres blok IV mampu menahan beban gempa. Namun elemen struktur kolom dan balok tidak cukup kuat untuk menahan beban tsunami karena nilai kapasitas beban lebih besar dari nilai kapasitas elemen struktur.

Yayasan Pendidikan Pembangunan Laboratorium merupakan sekolah swasta di kota Padang yang langsung dibina dibawah Perguruan Tinggi Universitas Negeri Padang. Yayasan yang terletak di kompleks kampus Universitas Negeri Padang ini memiliki beberapa bangunan-bangunan bertingkat dengan fungsinya masing-masing seperti bangunan Sekolah Dasar, Sekolah Menengah pertama, dan Sekolah Menengah Akhir, yang masing-

masing bangunannya terdiri dari 4 lantai serta memiliki *shelter* untuk evakuasi terhadap tsunami. Hal tersebut telah dibenarkan oleh Direktur Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang Bapak Dr. Nurhasan Syah, M.Pd, beliau menuturkan bahwa “kita memiliki tiga bangunan yang semuanya telah dilengkapi dengan *shelter*, serta sudah diinformasikan kepada masyarakat sekitar bahwasanya bangunan ini bisa digunakan untuk evakuasi terhadap tsunami.”



Gambar 1. Bangunan SMA Yayasan Pembangunan Padang
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)



Gambar 2. Shelter Pada Bangunan SMA Yayasan Pembangunan Padang
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Pembangunan gedung sekolah tersebut dimulai pada tahun 2012 dengan pembangunan 4 gedung baru yang akan digunakan untuk 4 sekolah

Laboratorium Universitas Negeri Padang yaitu Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Perencanaan bangunan tersebut diperkirakan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) gempa yang terdahulu dengan beban gempa yang relatif lebih kecil, sehingga perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap struktur bangunan tersebut apakah mampu menahan beban gempa sesuai dengan SNI terbaru, yaitu SNI 1726-2019.

Sesuai dengan latar belakang yang telah dipaparkan, penulis tertarik untuk mengangkat penelitian ini dalam bentuk tugas akhir dengan judul **“Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan *Shelter* Tsunami di Lingkungan Universitas Negeri Padang (Studi Kasus: Gedung Sekolah Menengah Atas Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang.”** Evaluasi ini dilakukan dengan membuat permodelan Bangunan Yayasan Pendidikan Pembangunan Laboratorium Padang pada program SAP2000 (*Structural Analysis Program*) yang berpedoman pada *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) P-646/ 2019 untuk pembebanan terhadap tsunami.

B. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dijelaskan, maka tujuan yang ingin dicapai penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja struktur bangunan Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang terhadap beban gempa;
2. Mengetahui kemampuan bangunan Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang dalam menahan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019;
3. Mengetahui kelayakan bangunan Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang sebagai *shelter* tsunami.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai kinerja struktur bangunan gedung Yayasan Pembangunan Laboratorium Padang serta menjadi sumber referensi bagi para mahasiswa yang ingin melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja seismik struktur bangunan.

C. Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini dapat dipahami dengan baik dan terarah, maka perlu batasan masalah agar sesuai dengan sasaran yang akan dicapai. Masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini antara lain:

1. Bangunan yang dievaluasi adalah bangunan Sekolah Menengah Atas (SMA) Pembangunan Laboratorium Padang;
2. Struktur bangunan yang ditinjau adalah struktur rangka yang terdiri dari kolom, balok dan pelat;
3. Kelas situs tanah yang digunakan adalah Tanah Lunak;
4. Kinerja struktur dievaluasi menggunakan program SAP2000 (*Structure Analysis Program*) yang dimodelkan secara 3D;
5. Untuk pembebanan, beban-beban yang diperhitungkan yaitu:
 - a. Beban Mati (*Dead Load*) dan Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*);
 - b. Beban Hidup (*Live Load*);
 - c. Beban Hidup Pengungsi (*Refugees Live Load*);
 - d. Beban Gempa (*Earthquake Load*);
 - e. Beban Tsunami (*Tsunami Load*).
6. Data gempa yang digunakan adalah data *respons spectrum* pada koordinat bangunan berada di kota Padang yang berpedoman pada SNI 1726-2019;
7. Metode yang digunakan analisis statik non linier *pushover* (*Nonlinear Static Pushover Analysis*);
8. Analisa beban tsunami berdasarkan FEMA P-646/ 2019;
9. Bangunan ini hanya meninjau kelayakan sebagai *shelter* tsunami akibat beban gempa.

D. Spesifikasi Teknis

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis statik gaya dorong atau *Nonlinear Static Pushover Analysis*. *Pushover Analysis* adalah suatu analisis dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-

angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelepasan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan, kemudian peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk sampai mencapai kondisi plastis (Sultan, 2016). Analisa yang dilakukan pada struktur bangunan ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku seismik bangunan terhadap beban gempa yang diberikan sesuai dengan SNI 1726-2019.