

**EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG B
SEKOLAH DASAR NEGERI 09 PASAMAN BERDASARKAN
SNI 03-1726-2019**

TUGAS AKHIR

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



Oleh

ARI KOMALA

NIM. 18323051

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

2022

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SEISMIK STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG B SEKOLAH
DASAR NEGERI 09 PASAMAN BERDASARKAN SNI 03-1726-2019

Nama : Ari Komala
Nim/BP : 18323051/2018
Program studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

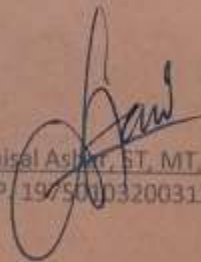
Padang, 3 Juni 2022

Disetujui oleh
Dosen pembimbing



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

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Sipil



Faisal Asyraf, ST, MT, Ph.D
NIP. 197500032003121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG B SEKOLAH
DASAR NEGERI 09 PASAMAN BERDASARKAN SNI 03-1726-2019

Nama : Ari Komala
Nim/BP : 18323051/2018
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 gelas Sarjana Teknik pada Prodi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

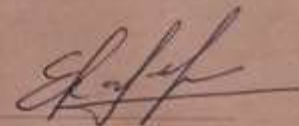
Padang, 3 Juni 2022

Tim Penguji

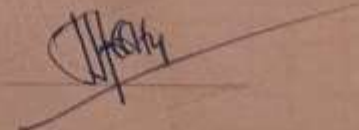
Nama

Tanda Tangan

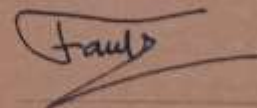
1. Ketua : Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M. Eng.



2. Anggota : Dr. Juniman Silalahi, M. Pd.



3. Anggota : Fajri Yusmar, S.T., M.T.





SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

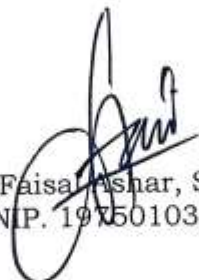
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Komala
NIM/TM : 18323051/2018
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Berdasarkan SNI 03-1726-2019

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,
Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

Saya yang menyatakan,


.....
(Ari Komala)

BIODATA



A. Data Diri

Nama Lengkap : Ari Komala
Tempat/Tanggal Lahir : Simpang Tiga/15 November 1999
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Golongan Darah : O
Anak ke : 2 (Dua)
Jumlah Saudara : 4 (Empat)
Nama Ayah : Hatazur
Nama Ibu : Kambang
Alamat : Batang Haluan, Jorong Simpang Empat, Kelurahan
Lingkuang Aua, Kecamatan Pasaman, Kabupaten
Pasaman Barat, Provinsi Sumatra Barat
Email : arikomala85@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

SD : SD Negeri 09 Pasaman
SMP : SMP Negeri 1 Pasaman
SMA : SMA Negeri 1 Pasaman
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

C. Tugas Akhir

Judul : Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan
Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman
Berdasarkan SNI 03-1726-2019
Tanggal Ujian Sidang : 27 Mei 2022

ABSTRAK

Ari Komala. 2022. "Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Pada Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Berdasarkan SNI 03-1726-2019". Tugas Akhir : Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman merupakan sekolah dasar yang dibangun pada tahun 1973 dan memiliki 3 gedung utama yaitu gedung A, B dan C. Khusus gedung B sendiri dibangun pada tahun 2019, dimana gedung tersebut mengalami banyak kerusakan non-struktural pasca gempa bumi di Kabupaten Pasaman Barat. Gempa bumi ini terjadi pada tanggal 25 Februari 2022 yang berkekuatan 6,2 SR dengan keadalam 10 km dan tidak berpotensi tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur dari bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman khususnya gedung B. Sebelum melakukan analisis struktur, dilakukan pengecekan langsung ke lapangan untuk memperoleh data geometri dan bahan bangunan. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode analisis statik non linear *pushover*. Beban gempa yang bekerja pada bangunan mengacu pada SNI 03-1726-2019 dan untuk beban lainnya mengacu pada SNI 03-1727-2020. Untuk perhitungan kapasitas elemen struktur beton, mengacu pada SNI 03-2847-2019. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program aplikasi SAP2000 versi 16. Berdasarkan *performance point*, *drift ratio* yang terjadi akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y adalah 0,0341% dan 0,0259%. *Drift ratio* yang terjadi lebih kecil dari yang disyaratkan oleh ATC-40 1996 untuk level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 1%. Berdasarkan parameter di atas diketahui bahwa, level kinerja struktur adalah *Immediate Occupancy*. Hal tersebut bermakna bahwa Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman tidak mengalami kerusakan pada struktural namun mengalami kerusakan ringan hingga sedang pada non struktural.

Kata kunci: Gempa bumi, analisis *pushover*, evaluasi kinerja struktur, level kinerja.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan nikmat-Nya, dan tidak lupa salawat beserta salam penulis ucapkan kepada nabi besar kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman”. Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan memberi bantuan, baik secara moral maupun materil. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, keselamatan dan kesehatan baik jasmani dan rohani, serta kelancaran dan kemudahan dalam melakukan segala urusan. Dan Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan penulis.
2. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberikan banyak masukan, arahan, nasihat, ilmu dan saran selama proses penyelesaian tugas akhir ini dari awal hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Serta selaku Kepala Labor Mekanika Tanah dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Dr. Juniman Silalahi, M.Pd., selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberi arahan, saran, ilmu dan nasihat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Fajri Yusmar, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberi arahan, saran, ilmu dan nasihat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu penulis dalam kelancaran selama perkuliahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Faisal Ashar, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
7. Ibu Dr.Eng. Prima Yane Putri, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
8. Bapak dan ibu dosen serta staff Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman serta bantuan kepada penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir.
9. Apa, Ama, Kak Hatika Dara Mareti, Sujana Yaper, Asi Sarwat Khairani, Mifthahul Hasanah dan keluarga penulis lainnya yang senantiasa memberi dukungan, motivasi, arahan, nasihat, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Sipil, terutama Dani Rezki, Kak Lisyana Junelin Restu, Bang Darma Agung dan rekan-rekan Angkatan 2018 lainnya, yang telah banyak membantu selama perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar selanjutnya bisa menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna dan memiliki manfaat, baik itu bagi masyarakat umum, pihak Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman, dan yang terutama bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.

Padang, 27 Mei 2022

Penulis .

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	
BIODATA	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	8
C. Batasan Masalah	8
D. Rumusan Masalah.....	9
E. Tujuan Penelitian	10
F. Manfaat Penelitian.....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Gempa Bumi.....	11
B. Ketentuan Umum Bangunan Gedung Tahan Gempa	14
1. Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV) dan Faktor Keutamaan Gempa (Ie)	14
2. Kelas Situs	15
3. Parameter Percepatan Gempa dan Parameter Terpetakan (S_s , S_1)	16
4. Koefisien Situs.....	17

5. Parameter Percepatan Spektrum Desain	19
6. Spektrum Respons Desain	19
7. Kategori Desain Seismik (A-D).....	20
8. Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R,Cd,Ω)	21
C. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....	22
1. Gaya Geser Dasar Seismik.....	22
2. Perioda Fundamental.....	23
D. Elemen-Elemen Struktur	24
1. Balok.....	24
2. Kolom	24
3. Plat Lantai	24
4. Joint.....	25
E. Gaya Dalam Elemen Struktur	25
1. Gaya Momen Nominal	25
2. Gaya Geser Nominal	27
3. Gaya Aksial Nominal	29
F. Pembebanan Struktur	31
1. Beban Mati.....	31
2. Beban Hidup.....	32
3. Beban Gempa.....	33
4. Kombinasi Beban	33
G. Evaluasi Kinerja Struktur dengan Analisis <i>Pushover</i>	34
1. <i>Pushover Analysis</i>	34
2. Sendi Plastis	35
3. Kurva Kapasitas	38
4. <i>Performance Point</i>	39
5. Tahapan-Tahapan Analisis <i>Pushover</i>	39
H. Simpangan Antar Tingkat Ijin	40
I. Gaya Geser Dasar Seismik.....	40
J. Kriteria Kinerja Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan ATC-40 1996	40

K. Program SAP2000.....	43
L. Penelitian Relevan	50
M. Pertanyaan Penelitian	52

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian	53
1. Studi Literatur	53
2. Pemilihan Objek Penelitian dan Studi Kasus	54
3. Alat Penelitian dan Lokasi Penelitian.....	55
4. Pemodelan Struktur	59
5. Perhitungan Pembebanan	59
6. Validasi Permodelan	60
7. Analisa Respons Spektrum	60
8. Analisis Struktur	60
9. Penentuan Sendi Plastis.....	60
10. Analisis Pembebanan <i>Pushover</i>	61
11. Analisis Kinerja Struktur dari Hasil Analisis <i>Pushover</i>	61
12. Menentukan Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40 1996	61
B. Diagram Alir Penelitian	62

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Wawancara Pihak Terkai	63
B. Data Pengamatan Visual / <i>Visual Check</i>	63
C. Data Kerusakan Struktur dan Non Struktur Bangunan	67
D. Hasil Pengecekan Bangunan Dengan Alat.....	69
E. Data Lapangan Geometrik Bangunan	72
F. Data Lapangan Bahan dan Material Bangunan.....	75
G. Rekapitulasi Data Lapangan	78
H. Pemodelan Struktur	80
I. Pembebanan	81
J. Analisis Struktur	92
K. Validasi Permodelan.....	96

L. Analisis <i>Pushover</i>	99
M. Kurva Kapasitas	101
N. Target Perpindahan dengan Metode Spektrum Kapasitas ATC-40	104
1. Evaluasi Gaya Geser Dasar	107
2. Evaluasi Simpangan Ijin.....	107
3. Kriteria Kinerja Struktur	108
O. Mekanisme Sendi Plastis.....	110
P. Evaluasi Gaya Dalam Elemen Struktur	124
1. Kapasitas Penampang Kolom	124
2. Gaya Aksial Nominal Kolom	127
3. Gaya Geser Nominal Kolom	128
4. Gaya Momen Nominal Balok	128
5. Gaya Geser Nominal Balok	129
Q. Pembahasan	129

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	132
B. Saran.....	133

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Jalur Lempeng Tektonik Indonesia.....	1
Gambar 1.2. Peta Zona Patahan Semangko Sumatera Barat	2
Gambar 1.3. Lokasi Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman.....	5
Gambar 1.4. Tampak Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman	6
Gambar 1.5. Kerusakan pada dinding bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman..	7
Gambar 2.1. Perpindahan Lempeng Bumi.....	11
Gambar 2.2. Ilustrasi Perpindahan Lempeng Tektonik.....	12
Gambar 2.3. Contoh Peta Parameter SS Wilayah Kota Padang.....	17
Gambar 2.4. Contoh Peta Parameter S1 Wilayah Kota Padang.....	17
Gambar 2.5. Desain Respon Spektrum	20
Gambar 2.6. Diagram Distribusi Penampang Beton Bertulang dengan Tulangan Tunggal	26
Gambar 2.7. Diagram Momen dan Gaya Geser	27
Gambar 2.8. Diagram Interaksi Kolom P-M	31
Gambar 2.9. Analisis <i>Pushover</i>	35
Gambar 2.10. Sendi Plastis pada Kolom dan Balok.....	36
Gambar 2.11. Letak Sumbu Lokal Struktur Balok	36
Gambar 2.12. Letak Sumbu Lokal Struktur Kolom	37
Gambar 2.13. Sendi Plastis pada Balok dan Kolom.....	38
Gambar 2.14. Ilustrasi <i>Pushover</i> dan Kurva Kapasitas.....	38
Gambar 2.15. Penetapan <i>Performance Point</i>	39
Gambar 2.16. Ilustrasi Keruntuhan Gedung	41
Gambar 2.17. Berbagai Jenis Model Struktur dalam SAP2000	44
Gambar 2.18. Layar Tampilan SAP2000	45
Gambar 2.19. Sumbu Global X-Y-Z.....	47
Gambar 2.20. Sumbu Lokal 1-2-3.....	48

Gambar 2.21. Translasi.....	49
Gambar 2.22. Rotasi.....	49
Gambar 2.23. Arah Putaran	49
Gambar 2.24. Elemen dalam SAP2000	50
Gambar 3.1. Bangunan Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman	54
Gambar 3.2. Lokasi SDN 09 Pasaman	55
Gambar 3.2. <i>Vernier Caliper</i>	55
Gambar 3.2. <i>Laser Distance Meter</i>	56
Gambar 3.2. <i>Rebar Detector</i>	57
Gambar 3.2. <i>Schmidt Rebound Hammer</i>	58
Gambar 4.1. Blok Bangunan SDN 09 Pasaman	63
Gambar 4.2. Tampak Bangunan SDN 09 Pasaman	64
Gambar 4.3. Kolom	64
Gambar 4.4. Balok.....	64
Gambar 4.5. Plat Lantai.....	65
Gambar 4.6. Pasangan Dinding SDN 09 Pasaman.....	65
Gambar 4.7. Penutup Lantai SDN 09 Pasaman	66
Gambar 4.8. Rangka Atap SDN 09 Pasaman	66
Gambar 4.9. Tangga SDN 09 Pasaman.....	66
Gambar 4.10. Kolom Lantai 1.....	67
Gambar 4.11. Balok Lantai 1	67
Gambar 4.12. Kerusakan pada dinding lantai 1 dan lantai 2 Gedung B SDN 09 Pasaman.....	68
Gambar 4.13. Pengecekan dimensi Gedung B SDN 09 Pasaman.....	69
Gambar 4.14. Pengecekan tulangan elemen struktur Gedung B SDN 09 Pasaman	70
Gambar 4.15. Pengecekan kuat tekan elemen struktur Gedung B SDN 09 Pasaman	71

Gambar 4.16. Pengukuran lebar keretakan pada dinding Gedung B SDN 09 Pasaman	72
Gambar 4.17. Detail Penampang Kolom Tipe 1 (K1).....	73
Gambar 4.18. Detail Penampang Kolom Tipe 1 (K2).....	74
Gambar 4.19. Detail Penampang Balok Tipe 1 (B1).....	74
Gambar 4.20. Detail Penampang Balok Tipe 2 (B2).....	75
Gambar 4.21. Detail Penampang Ring Balok (RB).....	75
Gambar 4.22. Denah Lantai 1 Gedung B SDN 09 Pasaman	80
Gambar 4.23. Denah Lantai 2 Gedung B SDN 09 Pasaman	80
Gambar 4.24. Pemodelan Struktur Gedung B SDN 09 Pasaman	81
Gambar 4.25. Dimensi Penampang Gording.....	83
Gambar 4.26. Permodelan Atap pada SAP2000	83
Gambar 4.27. Beban Mati Atap	84
Gambar 4.28. Beban Hidup Atap	84
Gambar 4.29. Beban Hujan Atap	85
Gambar 4.30. Reaksi Perletakan Atap	85
Gambar 4.31. Grafik Respon Spektrum	88
Gambar 4.32. Parameter Respon Spektrum	88
Gambar 4.33. <i>Function Respon Spektrum</i>	90
Gambar 4.34. Mode 1 periode fundamental struktur bangunan (T_c).....	94
Gambar 4.35. Daerah yang akan ditinjau	97
Gambar 4.36. <i>Tributary Area</i>	97
Gambar 4.37. Reaksi Perletakan pada Joint 197 (Kg)	98
Gambar 4.38. Input Pembebanan gravitasi	98
Gambar 4.39. Input Pembebanan Push Arah X	100
Gambar 4.40. Input Pembebanan Push Arah Y.....	101
Gambar 4.41. Kurva Kapasitas Arah X.....	101
Gambar 4.42. Kurva Kapasitas Arah Y	103

Gambar 4.43. Parameter Spektrum Kapasitas ATC-40	105
Gambar 4.44. Kurva Kapasitas Arah-X dalam Format ADRS	105
Gambar 4.45. Kurva Kapasitas Arah-X dalam Format ADRS	106
Gambar 4.46. Kurva Kapasitas Arah-Y dalam Format ADRS	106
Gambar 4.47. Kurva Kapasitas Arah-Y dalam Format ADRS	107
Gambar 4.48. Distribusi sendi plastis struktur pada step-10 (Push-X)	112
Gambar 4.49. Mekanisme sendi plastis pada step 1	113
Gambar 4.50. Mekanisme sendi plastis pada step 2	113
Gambar 4.51. Mekanisme sendi plastis pada step 3	114
Gambar 4.52. Mekanisme sendi plastis pada step 4	114
Gambar 4.53. Mekanisme sendi plastis pada step 5	115
Gambar 4.54. Mekanisme sendi plastis pada step 6	115
Gambar 4.55. Mekanisme sendi plastis pada step 7	116
Gambar 4.56. Mekanisme sendi plastis pada step 8	116
Gambar 4.57. Mekanisme sendi plastis pada step 9	117
Gambar 4.58. Mekanisme sendi plastis pada step 10	117
Gambar 4.59. Distribusi sendi plastis struktur pada step-10 (Push-Y)	119
Gambar 4.60. Mekanisme sendi plastis pada step 1	119
Gambar 4.61. Mekanisme sendi plastis pada step 2	120
Gambar 4.62. Mekanisme sendi plastis pada step 3	120
Gambar 4.63. Mekanisme sendi plastis pada step 4	121
Gambar 4.64. Mekanisme sendi plastis pada step 5	121
Gambar 4.65. Mekanisme sendi plastis pada step 6	122
Gambar 4.66. Mekanisme sendi plastis pada step 7	122
Gambar 4.67. Mekanisme sendi plastis pada step 8	123
Gambar 4.68. Mekanisme sendi plastis pada step 9	123
Gambar 4.69. Mekanisme sendi plastis pada step 10	124

Gambar 4.70. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K1 Lantai 1	125
Gambar 4.71. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K1 Lantai 1	125
Gambar 4.72. Diagram Interaksi P Vs Mx Kolom K2 Lantai 2	126
Gambar 4.73. Diagram Interaksi P Vs My Kolom K2 Lantai 2	127

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Kerusakan Gempa bumi di Kabupaten Pasaman Barat	4
Tabel 1.2. Data Jumlah Fasilitas Pendidikan di Pasaman Barat	5
Tabel 1.3. Kriteria Kerusakan Pada Dinding	6
Tabel 2.1. Skala <i>Modified Mercally Intensity</i> (MMI)	13
Tabel 2.2. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Seismik	14
Tabel 2.3. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	15
Tabel 2.4. Kelas Situs	16
Tabel 2.5. Koefisien Situs F_a	18
Tabel 2.6. Koefisien Situs F_v	18
Tabel 2.7. Penentuan Kategori Desain Seismik	20
Tabel 2.8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	21
Tabel 2.9. Faktor R, Cd, Dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	21
Tabel 2.10. Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	24
Tabel 2.11. Berat Sendiri Bahan Bangunan	32
Tabel 2.12. Beban Hidup Bangunan	32
Tabel 2.13. Simpangan Izin Antar Tingkat, $\Delta_a^{a,b}$	40
Tabel 2.14. Batasan Rasio <i>Drift</i> Atap Berdasarkan ATC-40 1996	42
Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Visual Secara Keseluruhan	63
Tabel 4.2. Detail Penampang Kolom	79
Tabel 4.3. Detail Penampang Balok	79
Tabel 4.4. Dimensi Penampang Pelat	79
Tabel 4.5. Berat Jenis Beban Mati yang Diperhitungkan	81
Tabel 4.6. Reaksi Perletakan Atap	85
Tabel 4.7. Berat Jenis Beban Hidup yang Diperhitungkan	86
Tabel 4.8. Kategori Risiko	87
Tabel 4.9. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	87

Tabel 4.10. Faktor Gempa	89
Tabel 4.11. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	89
Tabel 4.12. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1	90
Tabel 4.13. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	93
Tabel 4.14. koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (C_u).....	93
Tabel 4.15. Gaya Geser Seismik (Sebelum dikali dengan V/V_t)	95
Tabel 4.16. Gaya Geser Seismik (Setelah dikali dengan V/V_t)	96
Tabel 4.17. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah X (Step 0 - 10).....	102
Tabel 4.18. Perpindahan Titik Kontrol dan Gaya Geser Dasar Arah Y pada (Step 0 - 10).....	104
Tabel 4.19. Simpangan Maksimum Atap	108
Tabel 4.20. Batasan <i>Drift Ratio</i> Atap	108
Tabel 4.21. Level Kinerja Struktur Berdasarkan Parameter <i>Drift Ratio</i> pada Push-X.....	109
Tabel 4.22. Level Kinerja Struktur Berdasarkan Parameter <i>Drift Ratio</i> pada Push-Y.....	110
Tabel 4.23. Rekapitulasi Level Kinerja Struktur Berdasarkan Parameter <i>Drift Ratio</i>	110
Tabel 4.24. Keterangan tanda titik pada lokasi terjadinya sendi plastis	110
Tabel 4.25. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan pada Elemen – Elemen Struktur (Push-X)	111
Tabel 4.26. Jumlah Elemen dan Tingkat Kerusakan pada Elemen-Elemen Struktur (Push-Y)	118
Tabel 4.27. Gaya Aksial Nominal Kolom	127
Tabel 4.28. Gaya Geser Nominal Kolom	128
Tabel 4.29. Gaya Momen Nominal Balok	128
Tabel 4.30. Gaya Geser Nominal Balok	129

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Kurva Kapasitas Arah X	102
Grafik 4.2. Kurva Kapasitas Arah Y	103
Grafik 4.3. Kurva Kapasitas Arah X dan Arah Y.....	104

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Rencana Tampak Bangunan	138
Lampiran 2. Gambar Rencana Denah Bangunan	142
Lampiran 3. Gambar Rencana Potongan Bangunan	144
Lampiran 4. Gambar Rencana Denah Kolom	147
Lampiran 5. Gambar Rencana Detail Kolom	149
Lampiran 6. Gambar Rencana Denah Balok	150
Lampiran 7. Gambar Rencana Detail Balok	152
Lampiran 8. Gambar Rencana Denah Plat Lantai	154
Lampiran 9. Gambar Rencana Detail Plat Lantai	155
Lampiran 10. Hasil Perhitungan Uji Kuat Tekan Dengan <i>Hammer Test</i>	156
Lampiran 11. Perhitungan Pembebanan Bangunan	162
Lampiran 12. Dokumentasi Tampak Bangunan	163
Lampiran 13. Dokumentasi Kerusakan Bangunan	164
Lampiran 14. Dokumentasi Pengukuran Bangunan.....	167
Lampiran 15. Dokumentasi Pengecekan Tulangan Bangunan.....	168
Lampiran 16. Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur.....	169
Lampiran 17. Dokumentasi Pengukuran Lebar Keretakan Dinding.....	170
Lampiran 18. Hasil Wawancara dengan Kepala Sekolah SDN 09 Pasaman.....	171
Lampiran 19. Surat Tugas Dosen Pembimbing	172
Lampiran 20. Surat Izin Melakukan Penelitian	173
Lampiran 21. Surat Balasan Izin Penelitian	174
Lampiran 22. Surat Permohonan Peminjaman Alat Laboratorium	175
Lampiran 23. Surat Permohonan Pengambilan Data.....	176
Lampiran 24. Kartu Bimbingan Tugas Akhir	177

BAB I PENDAHULUAN

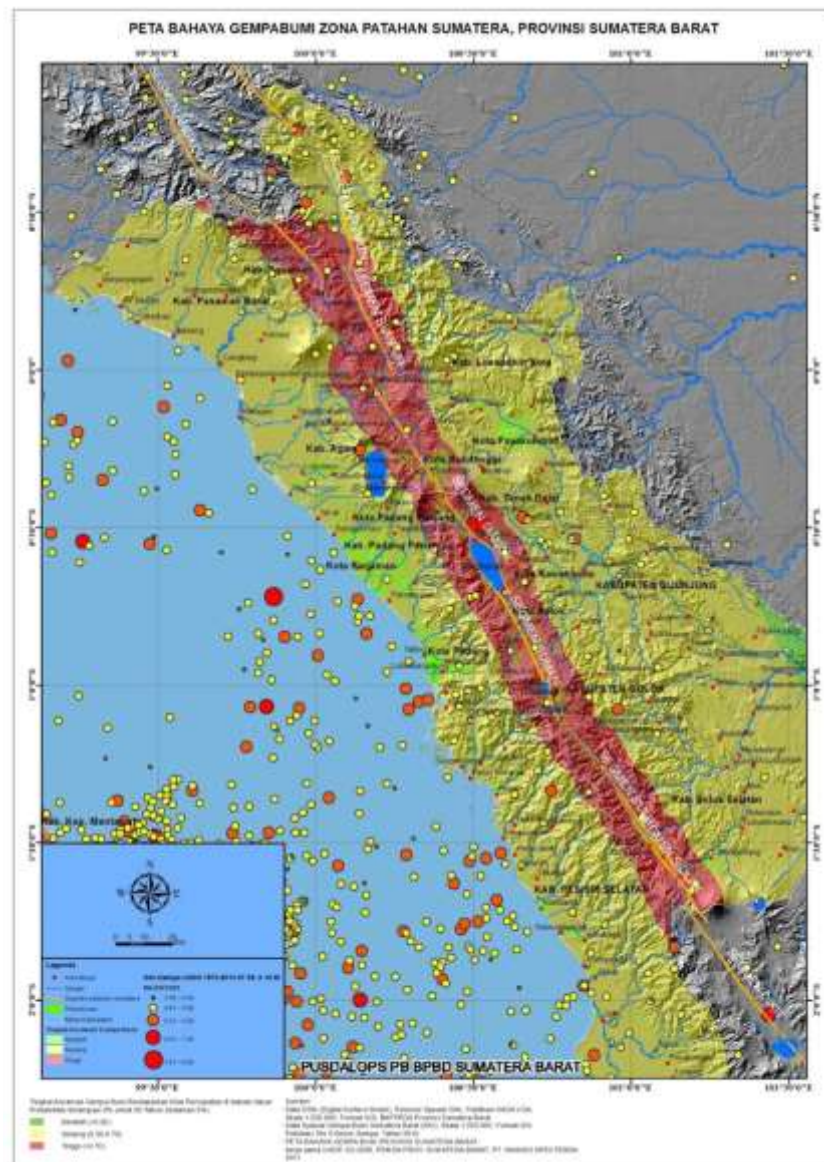
A. Latar Belakang

Secara geografis, Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama; Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Filipina/Pasifik. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi aktivitas seismik yang tinggi dan rawan gempa. Jalur lempeng tektonik di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut (Delfbriyadi, 2009).



Gambar 1.1. Jalur Lempeng Tektonik Indonesia
Sumber: (<http://surl.li/bdvbb>)

Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang rawan gempa, karena berada pada pertemuan dua lempeng, yaitu lempeng Eurasia dan Pasifik. Peta zona patahan Sumatera Barat dapat dilihat pada Gambar 1.2. Gempa bumi merupakan fenomena alam yang dapat terjadi kapan saja di permukaan bumi. Gempa bumi menghasilkan getaran dengan intensitas yang bervariasi, dari gempa besar yang dapat menghancurkan bangunan hingga gempa kecil yang tidak dapat dirasakan oleh manusia. Runtuhnya bangunan akibat gempa dapat diakibatkan oleh perencanaan dan pelaksanaan bangunan yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku (Budiman, 2009).



Gambar 1.2. Peta Zona Patahan Semangko Sumatera Barat
(Sumber : PUSDALOPS-PB BPBD Provinsi Sumatera Barat)

Gempa besar yang pernah terjadi di Sumatera Barat merusak dan meruntuhkan bangunan salah satunya bangunan beton bertulang. Bangunan beton bertulang yang mengalami keruntuhan umumnya memiliki kualitas beton yang buruk, yang merupakan salah satu parameter kualitas bangunan. Gempa bumi yang pernah terjadi di Sumatera Barat tahun 2007 dan 2009, menunjukkan tingginya angka keruntuhan dan kerusakan berat bangunan beton bertulang dikarenakan kualitas dan mutu bangunan beton bertulang yang buruk (Juliafad, 2018).

Selain itu, penyebab bangunan rawan akan runtuh dan rusak adalah cacatnya struktur pada bangunan seperti pengaturan tulangan yang tidak tepat, kualitas pengecoran dan pemadatan beton yang buruk dan pengaturan bekisting yang tidak sesuai dengan standar (Juliafad, 2021).

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, 2021). Struktur beton bertulang banyak digunakan baik pada bangunan bertingkat maupun bangunan rendah di Sumatera Barat. Banyak bangunan beton bertulang yang telah rusak dan runtuh karena gempa bumi dalam dua dekade terakhir di Sumatera Barat. Menurut Juliafad (2017), mengungkapkan bahwa tipe bangunan di Sumatera Barat didominasi oleh bangunan beton bertulang berlantai sedang dengan > 50% populasi bangunan yang ada.

Menurut UU Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung memaparkan bahwa bangunan itu sangat penting untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia. Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi di Indonesia, kebutuhan akan konstruksi bangunan terus meningkat. Begitu juga dengan peraturan desain sebuah bangunan juga terus diperbarui (Setiawan, Ryanto, Geraldine, & Rinawati, 2021).

Pada tanggal 25 Februari 2022 pukul 09.35 WIB, Kabupaten Pasaman Barat tepatnya di Kelurahan Talu, Kecamatan Talamau diguncang oleh gempa bumi yang berkekuatan 6.2 SR. Gempa bumi ini berada di 0.15 Lintang Utara dan 99.98 Bujur Timur dengan kedalaman 10 km dan tidak berpotensi tsunami. Hingga 10 hari pasca terjadinya Gempa bumi (25 Februari-6 Maret 2022) tercatat 217 kali gempa susulan setelah gempa besar yang terjadi. Dengan kekuatan minimal gempa susulan berkekuatan 1.4 SR dan kekuatan maksimal gempa susulan berkekuatan 5.1 SR. Gempa bumi tersebut menimbulkan kerusakan bangunan dan

korban jiwa, serta disertai longsor dan banjir bandang (BMKG Padang Panjang, 2022).

Gempa bumi ini menyebabkan banyak kerusakan pada bangunan yang ada di Kabupaten Pasaman Barat. Mulai dari kerusakan ringan hingga kerusakan berat. Bangunan yang terdampak oleh gempa bumi ini terdiri dari berbagai jenis bangunan yaitu, bangunan sekolah, tempat ibadah, dan rumah pemukiman. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Sumatera Barat update pada tanggal 27 Februari 2022 memaparkan data kerusakan akibat dari gempa bumi di Kabupaten Pasaman Barat sebagaimana data pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1. Data Kerusakan Gempa Bumi di Kabupaten Pasaman Barat

No	Manusia	Bangunan
1	13 Ribu Jiwa Mengungsi	103 Unit Rumah Rusak Berat
2	11 Orang Meninggal Dunia	5 Unit Rumah Rusak Sedang
3	42 Orang Luka Berat	1307 Rumah Rusak Ringan
4	346 Orang Luka Ringan	-
5	4 orang Hilang	-

Sumber: (BPBD Provinsi Sumatera Barat, 27 Februari 2022)

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mengungkapkan bahwa terdapat temuan patahan baru berdasarkan penelitian yang dilakukan usai gempa bumi yang terjadi di Kabupaten Pasaman Barat. Setelah diteliti lebih lanjut, episenter gempa berada di segmen baru yang sementara diberi nama Segmen Talamau. Patahan baru tersebut mekanismenya sesar mendatar dan mengalami pergeseran ke kanan (BMKG, 2022).

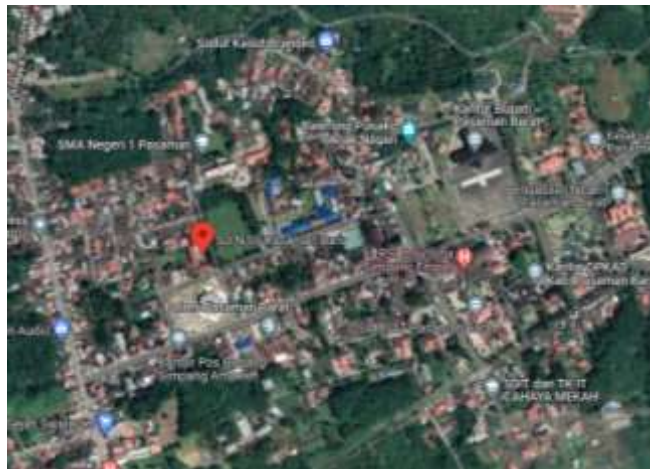
Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat yang memiliki cukup banyak bangunan yang dijadikan sebagai fasilitas pendidikan. Gempa bumi ini menjadi masalah utama bagi bangunan tersebut karena rawan terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Data fasilitas pendidikan di Kabupaten Pasaman Barat dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2. Data Jumlah Fasilitas Pendidikan di Pasaman Barat

Pendidikan Formal	Jumlah Satuan
SD/MI Negeri atau Swasta	274
SMP/MTs Negeri atau Swasta	71
SMA/MA Negeri dan Swasta	24
SMK Negeri dan Swasta	10
Sekolah Tinggi/Akademi	4

(Sumber: <https://dapo.kemdikbud.go.id/sp/2/081300>)

Salah satu fasilitas pendidikan yang terkena dampak gempa berkekuatan 6.2 SR ini adalah bangunan Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman. Bangunan sekolah ini dapat menampung kurang lebih 650 siswa Sekolah Dasar. Kita tidak bisa memprediksi kapan gempa bumi akan terjadi, jika terjadi pada saat proses pembelajaran, akan memakan banyak korban jiwa. Oleh karena itu, perlu diketahui apakah bangunan tersebut dapat digolongkan aman untuk menahan beban gempa bumi yang terjadi.



Gambar 1.3. Lokasi SDN 09 Pasaman
(Sumber : <https://earth.google.com/>)

Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman didirikan pada tahun 1973 dan secara geografis terletak pada $0^{\circ}06'30.1''$ Lintang Utara dan $99^{\circ}49'23.6''$ E Bujur Timur. Sekolah ini memiliki 3 bangunan yaitu satu bangunan dengan satu lantai (Gedung C) dan dua bangunan bertingkat dengan dua lantai (Gedung A dan B). Bangunan sekolah ini berada di Jalan Cindua Mato, Jorong Pasaman Baru, Kelurahan Lingkuang Aua, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1.4. Tampak SDN 09 Pasaman

Menurut Kepala Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman bangunan sekolah dengan kerusakan yang paling banyak adalah bangunan gedung B yaitu bangunan berlantai dua yang didirikan pada tahun 2019. Pasca terjadinya gempa bumi yang berkekuatan 6,2 SR di Pasaman Barat pada tanggal 25 Februari 2022 pukul 09.35 WIB, bangunan gedung B sekolah ini mengalami banyak kerusakan pada dinding dari rusak ringan hingga rusak berat. Lebar retakan yang ditimbulkan dari 0,1 mm hingga 3 mm dan retakan tersebut terjadi di setiap ruangan kelas. Berikut kriteria kerusakan dinding pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. Kriteria Kerusakan Pada Dinding

No.	Kategori	Deskripsi Kerusakan
1	Rusak Sangat Ringan	- Retak rambut dipermukaan dinding (lebar retakan < 0,2 mm) - Perubahan warna pada sebagian lapisan warna
2	Rusak Ringan	- Retakan permukaan dinding terlihat jelas (lebar retakan kira-kira 0,2 mm-1 mm) - Perubahan pada lapisan cat meluas
3	Rusak Sedang	- Dinding retakan meluas (lebar kira-kira 1-2 mm) - Dinding partisi/penutup plafond terlepas - Plesteran retak sebagian dan lapisan cat terkelupas sebagian
4	Rusak Berat	- Lapisan terkelupas meluas, berlumut dan plesteran terkelupas meluas
5	Rusak Sangat Berat	- Dinding runtuh

Sumber: <https://dikpora.wonosobokab.go.id>

Berlangsungnya proses belajar mengajar sangat penting, namun tentunya keselamatan adalah suatu keniscayaan. Di tengah kebutuhan proses belajar mengajar tersebut, saat ini bangunan tersebut sudah mulai digunakan. Namun tentunya perlu dilakukan analisa lebih mendalam untuk mengetahui bagaimana kinerja bangunan tersebut jika terjadi gempa yang lebih besar atau gempa susulan untuk keamanan siswa dan guru. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi struktur bangunan guna mengetahui kinerja struktur atau performa bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman.



(a) Kerusakan sedang pada dinding ruangan lantai 2



(b) Kerusakan sedang pada dinding ruangan lantai 1



(c) Kerusakan sedang antara dinding dan kolom ruangan lantai 1



(d) Kerusakan berat antara dinding dan kolom ruangan lantai 2

Gambar 1.5. Kerusakan pada dinding bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman

Sesuai dengan latar belakang yang telah dipaparkan, penulis tertarik untuk mengangkat penelitian ini dalam bentuk tugas akhir dengan judul “Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Berdasarkan SNI 03-1726-2019”. Evaluasi ini dilakukan dengan membuat permodelan Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman pada program SAP2000 V.16 (*Structure Analysis Program*) yang menggunakan data beban gempa respons spektrum dan metode *pushover analysis* dimana level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 1996.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pembahasan di atas, identifikasi masalah yang didapat sebagai berikut:

1. Pasaman Barat merupakan salah satu daerah yang memiliki resiko tinggi terhadap gempa bumi.
2. Bangunan Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman mengalami banyak kerusakan pada dinding pasca terjadinya gempa bumi 25 Februari 2022 di Pasaman Barat.
3. Gedung Sekolah Negeri 09 Pasaman harus digunakan untuk proses belajar mengajar sedangkan keamanan siswa dan guru tidak boleh dikesampingkan. Maka dari itu gedung perlu dicek kembali apakah gedung aman terhadap gempa bumi yang akan datang demi keselamatan siswa dan guru.
4. Perlu dilakukan evaluasi kinerja seismik terhadap struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman.
5. Belum diketahui level kinerja struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman.

C. Batasan Masalah

Untuk penyederhanaan penelitian tugas akhir ini, maka penelitian diberi batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Bangunan yang dievaluasi adalah bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman yang memiliki dua lantai.
2. Data gempa yang digunakan adalah data respons spektrum Kabupaten Pasaman Barat yang mengacu pada SNI 03-1726-2019.
3. Kelas situs tanah yang digunakan adalah Tanah Keras (SC).
4. Kinerja struktur dievaluasi menggunakan program SAP2000 V.16 (*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 Hujan (*Rain Load*)
 - d. Beban Gempa (*Earthquake Load*).
6. Pembebanan beban mati (*Dead Load*) dan beban mati tambahan (*Super Dead Load*) berdasarkan PPPURG 1987 dan pembebanan beban hidup (*Live Load*) berdasarkan SNI 03-1727-2020.
7. Metode yang digunakan analisis statik gaya dorong atau statik non linier pushover (*Nonlinear Static Pushover Analysis*).
8. Tidak memperhitungkan ketidakberaturan struktur karena menggunakan metode non linier *pushover*.
9. Level kinerja struktur menggunakan ATC-40 1996.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja struktur bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman terhadap beban gempa?
2. Apakah bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman mampu menahan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2019?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah:

1. Mengetahui kinerja struktur bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman terhadap beban gempa.
2. Mengevaluasi struktur bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman terhadap beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2019.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi mengenai kinerja struktur bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman terhadap beban gempa.
2. Dapat memberikan wawasan kepada seluruh pihak tentang struktur pada bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman terhadap beban gempa berdasarkan SNI beban gempa SNI 03-1726-2019.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi terhadap bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman dengan bantuan program SAP2000 V.16, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan *performance point*, bahwa level kinerja struktur bangunan gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman adalah pada level *Immediate Occupancy* dengan rincian parameter sebagai berikut: *drift ratio* pada parameter total simpangan maksimum yang terjadi akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y pada gedung adalah 0,000341 atau 0,0341% dan 0,000259 atau 0,0259%. Total simpangan maksimum yang terjadi masih lebih kecil dari yang disyaratkan oleh ATC-40 untuk level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 0,01 atau 1%. Sedangkan *drift ratio* pada parameter total simpangan inelastik maksimum akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y pada gedung A adalah 0,000689 atau 0,0689% dan 0,000725 atau 0,0725%. Total simpangan inelastik maksimum yang terjadi juga masih lebih kecil dari yang disyaratkan oleh ATC-40 untuk level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 0,005 atau 0,5%. Hal tersebut bermakna bahwa Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman tidak mengalami kerusakan pada struktural namun mengalami kerusakan ringan hingga sedang pada non struktural khususnya pada dinding.
2. Dari pernyataan diatas, diketahui bahwa bangunan gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman masih mampu menahan beban gempa berdasarkan percepatan gaya gempa menurut SNI 03-1726-2019.

B. Saran

1. Agar bangunan dapat dijadikan sebagai tempat proses belajar dan mengajar yang aman, maka perlu diberi perkuatan pada elemen non strukturnya dengan menambahkan angkur pada kolom yang akan dipasang dinding.
2. Untuk rekan-rekan yang ingin melanjutkan penelitian ini, dapat menjadikan tugas akhir ini sebagai pedoman dalam pelaksanaan analisis struktur lanjutan

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, N. R. (2010). Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000. *Tugas Akhir Teknik Sipil*.
- Apriani, W. (2016). Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton. 2(2), 9.
- Ahmad, R. (2016). Analisis Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Metode Pushover Menggunakan Program SAP2000 V.14. *Jurnal Teknik Sipil*, 8-9.
- Akbar, Maidiawati, & Agus. (2016). Analisis Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*.
- ATC-40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings.
- Azwar, Lucyana, & Destiarini. (2020). Evaluasi Kerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisa Pushover Menggunakan Program ETABS V.9.5.0 Pada Bangunan Gedung Perkuliahan Fakultas Ekonomi Universitas Baturaja. *Jurnal Informanika*.
- BMKG. (2016, Mei 9). *Skala Intensitas Gempa bumi (SIG) BMKG*. Retrieved November 23, 2021, from Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika: https://www.bmkg.go.id/Gempa_bumi/skala-intensitas-Gempa_bumi.bmkg#terkini
- BMKG. (2021). *Skala Modified Mercally Intensity*. Retrieved November 16, 2021, from Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: https://www.bmkg.go.id/Gempa_bumi/skala-mmi.bmkg
- PUSDALOPS- PB BPBD. 2013.
- Boen, T. (n.d.). Earthquake Resistant Design of Non-Engineered Buildings In Indonesia. 35.
- Budiman, A. (2009). Kajian Karakteristik Gempa Bumi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika*, 8-12.
- Budiono, B., & Supriatna, L. (2016). Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Delfbriyadi. (2009). Peta Respons Spektrum Provinsi Sumatera Barat Untuk Perencanaan Gedung Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 71.
- Dewabroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 7-24.