

SKRIPSI

**EVALUASI KEMAMPUAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA
DI NAGARI KAJAI KECAMATAN TALAMAU AKIBAT GEMPA
PASAMAN BARAT**

Disusun sebagai salah satu syarat akademik
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)



Oleh:

SEPRIKO ANTONI

18.1000.2222.01.130

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
TAHUN 2022**

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI KEMEMPUAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA DI
NAGARI KAJAI KECAMATAN TALAMAU AKIBAT GEMPA
PASAMAN BARAT

Oleh :

SEPRIKO ANTONI
NIM 181000222201130

Dosen Pembimbing I



MASRIL, ST.MT

NIDN. 1005057407

Dosen Pembimbing II



ELFANIA BASTIAN, ST.MT

NIDN. 1018118901

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

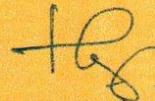


MASRIL, ST.MT

NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Studi

Teknik Sipil



HELGA YERMADONA, S.Pd, M.T

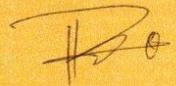
NIDN. 1013098502

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim pengunji pada ujian tertutup tanggal 18 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittingi, 18 Agustus 2022

Mahasiswa

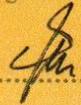


SEPRIKO ANTONI

181000222201130

Disetujui Tim Pengunji Skripsi Tanggal 18 Agustus 2022 :

1. YORIZAL PUTRA, S.T.,M.T

1.....

NIDN. 10.0204.9201

2. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng

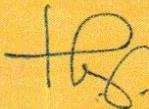
2.....

NIDN. 10.1701.6901

Mengetahui

Ketua Program Studi

Teknik Sipil



HELGA YERMADONA, S.PD, M.T

NIDN, 1016026603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Sepriko Antoni

Tempat dan Tanggal Lahir : Lundar, 14 September 1997

NIM : 181000222201130

Judul Skripsi : Evaluasi Kemampuan Rumah Tinggal Sederhana
Di Nagari Kajai Akibat Gempa Pasaman Barat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Sepriko Antoni
181000222201130

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Laporan ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada :

1. Bapak Masril, ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB.
2. Bapak Hariyadi, S.Kom, M.T., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik.
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Bapak Masril, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Ibu Elfania Bastian, S.T.,M.T.,selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Tenaga Pendidik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
7. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebut satu persatu.
8. Semua teman-teman Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca

akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, Agustus 2022

Penulis



ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara pertemuan tiga lempeng struktur penting, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng India-Australia. Berkumpulnya ketiga lempeng utama tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara dengan risiko getaran gempa yang sangat tinggi. Dalam lingkup pekerjaan desain struktur, khususnya di bidang struktur bangunan, dengan melihat keadaan bangsa Indonesia yang memiliki pertaruhan gempa yang sangat besar, keadaan ini sangat berpengaruh dalam penyusunan rencana struktur bangunan. Nagari Kajai adalah salah satu Nagari yang terletak di Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat. Dengan luas Nagari : 111,58 Kilometer Persegi atau 34,41 persen dari luas Kecamatan Talamau. Nagari Kajai berpenduduk 11.667 jiwa (2017). Nagari Kajai merupakan salah satu Nagari yang terkena dampak gempa Pasaman Barat (25 Februari 2022) dengan kekuatan 5,2 dan 6,2 Magnitudo (M). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ATC-40 dan FEMA 273/356 pada aplikasi SAP 2000 dengan kuat tekan beton 14,525 Mpa didapatkan hasil perpindahan dengan metode ATC -40 arah X 6,32 cm, dan arah Y 6,29 cm sedangkan pada metode FEMA perpindahannya pada arah X 6,65 cm dan arah Y 6,65 cm maka didapatkan nilai perpindahan (δt) > simpangan ijin maksimum (δ_{max}) sebesar 0,025 H yaitu 8.75 cm jadi dapat disimpulkan bahwa rumah tinggal sederhana yang di teliti masih tergolong AMAN karena tidak melebihi nilai batas simpangan maksimum. Tingkat kinerja struktur dari nilai kuat tekan struktur yang digunakan berada pada daerah *Life Safety* (komponen struktu utama tidak runtuh, bangun masih bisa digunakan apabila dilakukan perbaikan).

Kata Kunci : gempa bumi, analisis pushover, target perpindahan(δt), rumah tinggal sederhana, kinerja struktur.

ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country located between the confluence of three important structural plates, namely the Pacific plate, the Eurasian plate, and the India-Australia plate. The gathering of the three main plates makes Indonesia a country with a very high risk of earthquake tremors. In the scope of structural design work, especially in the field of building structures, by looking at the state of the Indonesian nation which has a very large earthquake risk, this situation is very influential in the preparation of building structural plans. Nagari Kajai is one of the Nagari located in Talamau District, West Pasaman Regency, West Sumatra. With Nagari area: 111.58 Square Kilometers or 34.41 percent of the area of Talamau District. Nagari Kajai has a population of 11,667 people (2017). Nagari Kajai is one of the Nagari affected by the West Pasaman earthquake (25 February 2022) with a magnitude of 5.2 and 6.2 Magnitude (M). The method used in this research is the ATC- 40 and FEMA 273/356 in the SAP 2000 application with a concrete compressive strength of 14,525 MPa, the results of the displacement with the ATC -40 method in the X direction of 6.32 cm, and the Y direction of 6.29 cm, while the FEMA method of displacement in the X direction of 6.65 cm and the Y direction is 6.65 cm, the displacement value (δ_t) > the maximum allowable deviation (δ_{max}) is 0.025 H, which is 8.75 cm, so it can be concluded that the simple residential house studied is still classified as SAFE because it does not exceed the maximum deviation limit value. Performance level the structure of the compressive strength value of the structure used is in the Life Safety area (the main structural component does not collapse, the build can still be used if repairs are made).

Keywords: earthquake, pushover analysis, displacement target (δ_t), simple housing, structural performance.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR NOTASI.....	IV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4.1 Tujuan	2
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Sistematika Penulis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gempa Bumi	5
2.2 Rumah Tinggal Sederhana	8
2.3 Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi.....	9
2.4 Klasifikasi Kerusakan Bangunan	11
2.5 Struktur Bangunan Rumah Tahan Gempa	15
2.6 Gambaran Umum Analisis Statik Non-Liner Pushover.....	24
2.7 Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)	30
2.8 Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40).....	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Lokasi Penelitian	32
3.2 Metode Penelitian	32
3.3 Data Penelitian	33
3.3.1 Data Primer	33
3.3.2 Data Sekunder	33
3.4 Metode Analisis Data	33
3.5 Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data Struktur Bangunan.....	35
4.1.1 Pemodelan Struktur	36
4.2 Beban Gempa	36
4.3 Analisis Pushover.....	37
4.3.1 Metode Spektrum Kapasitas	37
4.3.2 Koefisien Perpindahan FEMA 356	38
4.4 Evaluasi Kinerja Struktur.....	40
4.5 Maksimum <i>Displacement</i> (δ_{max}) SNI-1726-2012.....	41
4.6 Letak Sendi Plastis	41
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Bangunan Kategori Rusak Ringan(Bakornas, 2006).....	12
Tabel 2.2 Bangunan Kategori Rusak Sedang(Bakornas, 2006).....	13
Tabel 2.3 Bangunan Kategori Rusak Berat(Bakornas, 2006).....	13
Tabel 2.4 Batas Deformasi Bangunan Gedung (ATC- 40).....	28
Tabel 2.5 Tingkat Kinerja Struktural (ATC-40).....	28
Tabel 2.6 Tingkat Kinerja Bangunan Gedung (FEMA 273).....	28
Tabel 4.1 Perbandingan Bangunan Arah X.....	40
Tabel 4.2 Perbandingan Bangunan Arah Y.....	40
Tabel 4.3 Simpangan Injin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1	41
Tabel 5.1 Simpangan Injin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1	48



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Accelerograph Record</i>	6
Gambar 2.2 Denah Bangunan Yang Simetris	15
Gambar 2.3 Potongan Melintang Pondasi Menerus	16
Gambar 2.4 Detail Sloof Dan Penulangan.....	18
Gambar 2.5 Hubungan Pondasi,Sloof, dan Kolom.....	18
Gambar 2.6 Detail Kolom.....	19
Gambar 2.7. Detail Hubungan Kolom Dan Dinding.....	19
Gambar 2.8 Detail Hubungan Kolom Dengan Dinding	20
Gambar 2.9. Detail Balok Lantai.....	21
Gambar 2.10 Hubungan Balok Lantai Dengan Kolom	21
Gambar 2.11 Hubungan Ring Balok Dengan Kolom.....	22
Gambar 2.12 Hubungan Ring Balok Dengan Kolom.....	23
Gambar 2.13 Bentuk Atap.....	24
Gambar 2.14 Base Shear Vs Roof Displacement.....	25
Gambar 2.15 Penentuan Titik Kinerja Menurut Spektrum Kapasitas.....	25
Gambar 2.16 Parameter Waktu Getar Efektif Dari Kurva Pushover	27
Gambar 2.17 Spektra Kapasitas (FEMA 273).....	29
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	32
Gambar 3.6 Bagan Alir Penelitian.....	34
Gambar 4.1 Denah Rumah Tinggal Sederhana	35
Gambar 4.2 Permodelan Struktur 3D	36
Gambar 4.3 Nilai Spektra Gempa Nagari Kajai Kab. Pasaman Barat	37
Gambar 4.4 Kurva Arah X, Target Perpindahan (δT) =6.32 cm.....	37
Gambar 4.5 Kurva Arah Y Target Perpindahan (δT) =6.29 cm.....	38
Gambar 4.6 Arah X Tikungan Lemah (FEMA 356)	39
Gambar 4.7 Kurva Pushover X (FEMA 356)	39
Gambar 4.8 Sendi Plastis Arah Y	44
Gambar 4.9 Sendi Plastis Arah X.....	47

DAFTAR NOTASI

Θ	= Diameter
F	= Besar Gaya
m	= Massa Bangunan
a	= Percepatan Tanah Yang Terjadi
δt	= Target Perpindahan
Te	= Waktu Getar Alami Efektif
Co	= Koefisien Faktor Untuk Merubah Perpindahan Spektral Menjadi Perpindahan Atap
C1	= Faktor Modifikasi Untuk Menghubungkan Perpindahan Inelastik dengan Perpindahan Respon Perpindahan Respon Elastik Linear
C2	= Faktor Modifikasi Untuk Memperlihatkan Efek Dari Hysteresis Shape Pada Respons Perpindahan Maksimum Struktur
C3	= Koefisien Untuk Memperhitungkan Pembesaran Lateral Akibat Adanya Efek P-Delta
Sa	= Akselerasi Respon Spektrum
g	= Gravitasi
n	= Nilai P
R	= Strength Ratio
a	= Rasio Kekakuan Pasca Leleh Terhadap Kekakuan Elastis Efektif
Vy	= Gaya Geser Dasar Pada Saat Leleh, Dari Idealisasi Kurva Puhsover Menjadi Biliniar
W	= Total Beban Mati Dan Beban Hidup Yang Dapat Direkduksi
Cm	= Faktor Massa Efektif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara pertemuan tiga lempeng struktur penting, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng India-Australia. Berkumpulnya ketiga lempeng utama tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara dengan risiko getaran gempa yang sangat tinggi. Dalam lingkup pekerjaan desain struktur, khususnya di bidang struktur bangunan, dengan melihat keadaan bangsa Indonesia yang memiliki pertaruhan gempa yang sangat besar, keadaan ini sangat berpengaruh dalam penyusunan rencana struktur bangunan. .

Dalam menghitung faktor gempa seismik pada denah struktur gedung, para ahli struktur pada umumnya hanya meneliti struktur layang namun mengabaikan bangunan rumah tinggal sederhana di wilayah Sumatera Barat yang umumnya merupakan bangunan rumah tinggal sederhana, Rumah Sederhana adalah rumah yang dibangun oleh masyarakat tanpa direncanakan dan dilaksanakan oleh para ahli pembangunan.

Nagari Kajai adalah salah satu Nagari yang terletak di Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat. Dengan luas Nagari : 111,58 Kilometer Persegi atau 34,41 persen dari luas Kecamatan Talamau. Nagari Kajai berpenduduk 11.667 jiwa (2017) Nagari Kajai berbatasan dengan Talu disebelah Utara, Gunung Talamau disebelah Barat, Nagari Aur Kuning sebelah Timur.

Nagari Kajai merupakan salah satu Nagari yang terkena dampak gempa Pasaman Barat (25 Februari 2022) dengan kekuatan 5,2 dan 6,2 Magnitudo (M). Titik fokus gempa berada di pantai 7 km barat laut Talu, Pasaman Barat. Gempa tersebut terjadi pada pukul 02.08 WIB. Guncangan terjadi pada kedalaman 10 kilometer. Arah gempa berada di 0.14 Lintang Utara 99.94 Bujur Timur. Guncangan kerak dangkal semacam ini disebabkan oleh aksi shortcoming yang dinamis, tepatnya di bagian Sumatera Selatan, tepatnya di bagian Angkola Selatan.

Melihat hal ini, penulis berencana untuk melakukan demonstrasi untuk menyelidiki hambatan getaran dari bangunan rumah tinggal dan setelah itu dapat dilakukan pemeriksaan untuk menentukan cara kinerja struktur bangunan rumah tinggal sederhana karena beban gempa.

Penulis melakukan investigasi kontekstual untuk menguji tingkat kemampuan struktur terhadap beban gempa yang berjudul "**EVALUASI KEMAMPUAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA DI NAGARI KAJAI, KECAMATAN TALAMAU AKIBAT GEMPA PASAMAN BARAT**" sebuah bangunan sederhana yang terletak di Nagari Kajai, Kecamatan Talamau, Pasaman Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Bagaimana kondisi Kenagarian Kajai yang dilalui sesar aktif hingga membutuhkan analisis terhadap struktur bangunan (rumah tinggal sederhana)?
2. Bagaimana menganalisis dengan menggunakan metode *Pushover* dan metode FEMA pada rumah tinggal sederhana di Nagari Kajai efek gempa Pasaman Barat?

1.3 Batasan Masalah

Supaya penelitian ini lebih terarah, maka penulisan ini dibatasi sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini yang dianalisis hanya salah satu dari bangunan rumah tinggal yang rusak sebagai sampel di lokasi penelitian.
2. Analisis *Pushover* dengan pembahasan *drift / displacement*, kurva kapasitas, kurva spektrum respon, pada struktur portal
3. Menggunakan Aplikasi SAP 2000

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan :

Tujuan dari pembahasan ini yaitu:

1. Untuk menganalisa bagaimana rumah tinggal sederhana masyarakat Kabupaten Pasaman Barat (Khususnya Kenagarian Kajai) sudah sesuai dengan aturan rumah tinggal sederhana yang tahan gempa.
2. Untuk mengetahui bagian struktur yang tidak sesuai dengan pedoman rumah tahan gempa.

1.4.2 Manfaat :

1. Memperluas pengetahuan tentang ilmu kebencanaan gempa bumi.
2. Memberi arahan kepada masyarakat sehingga masyarakat mengetahui pembangunan rumah tinggal yang tahan gempa sangat penting diterapkan.
3. Diharapkan dengan adanya penelitian ini pemerintah Kabupaten Pasaman Barat lebih memperhatikan bangunan rumah tinggal yang tidak layak huni untuk menghindari kerusakan yang lebih besar pada saat terjadi gempa di masa yang akan datang.
4. Digunakan sebagai salah satu pedoman, bahan bacaan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan berdasarkan tahapan-tahapan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini yang dibahas mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori dari buku, jurnal, pedoman teknis, dan sumber lain yang relevan untuk mengetahui struktur bangunan rumah tinggal sederhana tahan gempa.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini membahas tentang lokasi penelitian dan proses penelitian untuk mengetahui struktur bangunan rumah tinggal sederhana tahan gempa.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis dari metode yang digunakan untuk mengetahui struktur bangunan rumah tahan gempa.

BAB V : PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab I telah dibahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan. Pada bab II ini akan membahas tentang kajian penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kerusakan bangunan akibat gempa bumi, tipe kerusakan bangunan akibat gempa bumi.

2.1 Gempa Bumi

Menurut (Pawirodikromo, Widodo, 2012:95) gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah akibat pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecahnya atau *slip*nya massa batuan pada lapisan kerak bumi. Pelepasan energi yang terjadi dipusat gempa disebabkan karena adanya akumulasi energi. Akumulasi energi terjadi karena adanya gerakan massa batuan atau gerakan lempeng tektonik yang menyebabkan regangan dan tegangan.

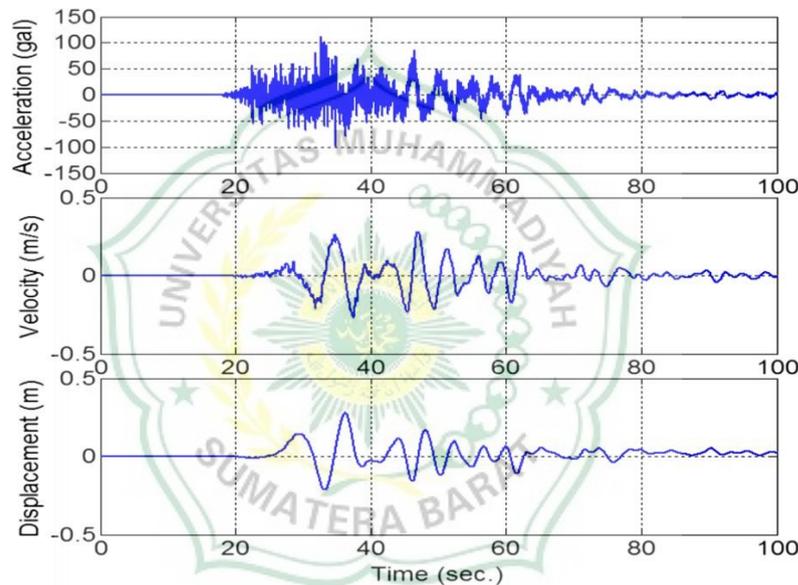
Gempa bumi adalah getaran oleh lapisan kerak bumi yang menimbulkan guncangan pada struktur bangunan atau benda yang berada di permukaan. Getaran yang dihasilkan dari lapisan kerak bumi terjadi akibat pergerakan lempengan bumi, aktivitas gunung merapi dan sebagainya. Bumi selalu mengalami aktivitas gempa setiap harinya, namun pada umumnya skala kecil dan tidak menyebabkan terjadinya kerusakan. Hiposentrum merupakan pusat letupan yang menghasilkan gempa bumi. Sedangkan episentrum adalah jarak dari pusat gempa ke permukaan bumi.

Gempa adalah gejala alam yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi dan berapa besar gempa tersebut, pada umumnya gempa terjadi pada pertemuan dua buah lempeng tetapi lokasi yang tepat sulit diprediksi. Gempa tidak dapat dicegah dan dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa, kerusakan pada bangunan rumah tinggal fasilitas umum, dan lain-lain.

Informasi mengenai karakteristik pergerakan tanah akibat gempa bumi didapat dari hasil laporan *accelerograph* yang telah mencatat peristiwa gempa bumi yang pernah terjadi sebelumnya.

Berdasarkan perkembangan dan proses rekaman *accelerograph* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1 dapat disimpulkan bahwa karakteristik pergerakan tanah akibat gempa bumi terdiri dari :

1. Percepatan maksimum tanah.
2. Kecepatan maksimum tanah.
3. Perpindahan maksimum tanah.
4. Durasi guncangan tanah



Gambar 2.1. *Accelerograph Record*

Sumber Google (21 Maret 2022)

Parameter tersebut merupakan karakteristik utama dari pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa bumi. Namun, parameter tersebut tidak dapat memastikan gambaran efek negatif yang mungkin timbul akibat intensitas guncangan yang terjadi, dimana hal ini juga dipengaruhi oleh karakteristik frekuensi pergerakan yang terjadi. Sebagai contoh gempa dengan percepatan besar yang potensial terhadap kehancuran dan pengrusakan jika terjadi dalam waktu yang singkat, gempa tersebut hanya akan menimbulkan kerusakan kecil pada

beberapa jenis struktur yang ada. Karakteristik gempa bumi di beberapa tempat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Kekuatan dari gempa itu sendiri.
2. Jarak pusat gempa ke tempat energi dilepaskan.
3. Karakteristik batuan sepanjang rambatan gelombang gempa.
4. Mekanisme terbentuknya sumber gempa.
5. Efek gangguan gelombang yang dipengaruhi arah dan kecepatan gelombang rambatan.
6. Kondisi dan jenis tanah pada daerah tersebut.

Gempa bumi secara pasti belum dapat diprediksi tempat dan waktu kejadian, magnitude gempa maupun kedalaman focus. Walaupun belum dapat diprediksi secara akurat, tetapi perkiraan tempat-tempat potensi kejadian gempa pada masa mendatang sudah dapat diidentifikasi secara baik (Pawirodikromo, 2012).

Jenis gempa ditinjau dari penyebabnya adalah sebagai berikut ini.

1. Gempa runtuhan

Gempa runtuhan yaitu gempa yang terjadi karena adanya ledakan pada pekerjaan bawah tanah yang mengakibatkan runtuhnya lapisan batu/tanah juga dapat mengakibatkan getaran dalam tanah. Runtuhnya lapisan tanah baik runtuhan di dalam gua-gua dan tambang-tambang dapat mengakibatkan getaran pada tanah sehingga mirip dengan gempa bumi meskipun skalanya relatif kecil.

2. Gempa Vulkanik

Gempa Vulkanik adalah gempa yang terjadi karena adanya aktivitas vulkanik seperti proses keluar magma panas ke atas permukaan tanah. Getaran tanah yang ditimbulkan oleh proses keluarnya magma panas secara paksa (meledak) menyerupai gempa bumi walaupun intensitasnya kecil dibandingkan dengan gempa tektonik.

3. Gempa Ledakan

Gempa ledakan adalah gempa terjadi karena adanya ledakan yang sangat besar di dalam tanah misalnya akibat percobaan ledakan nuklir, panas dan tekanan yang sangat tinggi. Energi getaran yang ditimbulkan

akibat ledakan mengakibatkan getaran tersebut dapat merambat dipermukaan kesegala arah dan dapat dirasakan getarannya seperti gempa bumi.

4. Gempa tektonik

Gempa tektonik adalah Gempa bumi jenis ini erat sekali hubungannya dengan aktivitas lempeng tektonik. Gerakan lempeng tektonik dapat saling beradu (*convergent*), saling menggeser (*shear*), saling tarik (*tension*) dan kombinasi diantaranya. Kerusakan lapis kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba menimbulkan getaran yang disebarkan ke semua arah yang selanjutnya merambat sampai permukaan tanah.

2.2 Rumah Tinggal Sederhana

Menurut Undang-Undang RI No 4 Tahun 1992, Setiap manusia dimanapun berada membutuhkan tempat untuk tinggal yang disebut rumah. Rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.

Rumah Sederhana adalah rumah yang dibangun oleh masyarakat tanpa direncanakan dan dilaksanakan oleh para ahli pembangunan. Digunakan SNI – 03 – 1726 – 2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung. Adapun filosofi bangunan tahan gempa sesuai diterangkan sebagai berikut ini.

- a. **Bila terjadi gempa ringan**, maka bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb).
- b. **Bila terjadi gempa sedang**, maka bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh rusak.
- c. **Bila terjadi gempa besar**, maka bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural

maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ke tempat aman.

2.3 Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi

Tingkat kerusakan bangunan akibat gempa yang terjadi dapat diklasifikasikan dalam 4 level, yang masing-masing level tersebut bisa diketahui dari apa saja sumber keruskannya dan bagaimana tingkat resiko yang dihadapi oleh bangunan tersebut. Dan berdasarkan tingkat resiko tersebut, dapat dijadikan bekal untuk memutuskan apakah sebuah bangunan masih layak untuk dipertahankan dan di gunakan seperti sediakala, dengan perbaikan besar atau kecil.

Tipe kerusakan bangunan dapat diklasifikasikan secara general sebagai berikut:

1. Rusak Parah

Struktur mengalami drift (pergeseran/lendutan lateral) permanen yang besar, kekakuan dan kekuatan struktur tinggal sedikit yang tersisa. Terlihat retakan-retakan besar pada struktur, terutama pada posisi dekat sambungan kolom dan balok. System dan komponen non struktural seperti dinding pengisi, parapet, partisi, mekanikal dan elektrik mengalami kerusakan hampir menyeluruh. Walaupun kolom dan struktur masih berdiri dan belum runtuh, adanya gempa susulan sangat mungkin menyebabkan terjadinya keruntuhan. Pada kondisi ini bangunan tidak dapat digunakan lagi, sebaiknya segera diruntuhkan.

2. Rusak Sedang

Struktur masih memiliki kekakuan dan kekuatan yang masih tersisa di semua lantainya walaupun terjadi beberapa drift permanen (pergeseran/lendutan lateral), ditemukan retak-ratak struktur pada elemen pelat, balok, kolom, dan dinding geser, namun masih mampu berfungsi sebagai elemen penahan gravitasi. Terjadi kerusakan yang banyak pada system dan komponen non struktural seperti dinding pengisi, parapet, partisi mekanikal dan elektrik namun tidak menimbulkan potensi bahaya

runtuhan. Adanya gempa susulan dengan skala kecil masih berpotensi menaikkan level kerusakan dan keamanan. Bangunan dapat diperbaiki secara teknis dan dapat ditempati kembali setelah selesai perbaikan namun mungkin secara ekonomis menjadi tidak layak.

3. Rusak Ringan

Tidak terjadi drift (pergeseran/lendutan lateral) permanen. Tidak terjadi perlemahan kekuatan dan kekakuan struktur secara substansial. Terjadi retak-ratak kecil pada elemen struktural seperti fasad, partisi, dan langit-langit. Elevator dan fire protection (jika ada) masih berfungsi. Kerusakan yang ada sifatnya minor dan ada perbaikannya dapat dilakukan tanpa mengganggu pemakai bangunan. Bangunan pada kelevel ini hampir dapat dipakai setelah kejadian gempa.

4. Kerusakan Sangat Ringan

Tidak terjadi drift permanen (pergeseran/lendutan lateral). Tidak terjadi perlemahan kekuatan dan kekakuan struktur yang ditandai dengan tidak ditemukannya retak struktur. Terjadi retak-retak kecil pada elemen non struktural seperti fasad, partisi dan langit-langit. Semua system untuk operasionalisasi bangunan masih berfungsi normal. Bangunan tetap dapat beroperasi langsung setelah gempa terjadi, karena elemen struktur utama tidak mengalami kerusakan sama sekali dan elemen non struktur hanya mengalami kerusakan sangat kecil sehingga tidak menjadi masalah.

Bangunan yang telah berdiri perlu dilakukan pemeliharaan, perbaikan dan perkuatan (Isneini, 2009). Pemeliharaan ini dilakukan untuk mengembalikan fungsi dan kinerja struktur seperti sedia kala. Perkuatan untuk meningkatkan kekuatan atau kekakuan dan kestabilan struktur yang sudah ada.

Faktor yang mempengaruhi kerusakan bangunan terhadap gempa adalah sebagai berikut:

1. Besarnya skala gempa yang terjadi
2. Jarak episenter gempa ke lokasi yang ditinjau

3. Kondisi tanah pada lokasi yang akan di tinjau
4. Kondisi struktur pada bangunan
5. Percepatan tanah (Peak Ground Acceleration)

2.4 Klasifikasi Kerusakan Bangunan

FEMA 302 bangunan dapat dibagi menjadi tiga kelompok bangunan berikut ini. (*The Federal Emergency Management Agency, 1997*).

1. Kelompok bangunan III, adalah bangunan-bangunan fasilitas penting yang sangat di butuhkan pada saat darurat sesaat setelah terjadinya gempa atau bangunan-bangunan yang berisi bahan-bahan berbahaya dengan jumlah yang sangat besar. Misalnya bangunan yang digunakan untuk pemadam kebakaran, kantor polisi, rumah sakit, pusat pembangkit listrik dll. Tingkat kinerja bangunan-bangunan pada kelompok III ini harus tetap beroperasi secara penuh atau full operasional setelah terjadi gempa, yaitu tidak ada kerusakan pada struktur, mekanikal, elektrikal, serta arsitektural bangunan.
2. Kelompok Bangunan II, adalah bangunan-bangunan fasilitas umum dengan jumlah orang yang beraktifitas banyak. Misalnya Bangunan untuk pendidikan, atau bangunan- bangunan dengan jumlah orang yang beraktivitas didalamnya lebih dari 300 orang. Tingkat kinerja bangunanbangunan kelompok II ini setelah terjadi gempa harus bias tetap beroperasi walaupun tidak secara penuh. Pada tingkat ini boleh rusak pada bagian elektrikal, mekanikal, serta arsitektural mengalami kerusakan ringan dan masih aman untuk di huni.
3. Kelompok bangunan I, adalah bangunan-bangunan yang tidak termasuk dalam kelompok III dan II yang bisa mempunyai respon plastis besar akibat gempa yang terjadi. Tingkat kinerja bangunan-bangunan ini pada pasca gempa dibagi menjadi dua tingkat kinerja yaitu tingkat keamanan penghuni atau life safety

dan tingkat pencegahan keruntuhan atau near collapse yang kadang disebut juga dengan collapse prevention. Untuk tingkat kinerja keamanan penghuni, kondisi struktur, mekanikal, elektrik dan arsitektural bisa mengalami kerusakan sedang sampai berat tetapi beberapa bagian tertentu tetap tidak rusak. Dengan kondisi ini maka keamanan penghuni tetap terjaga dan setelah gempa bangunan masih dapat diperbaiki walaupun kemungkinan harus dengan biaya yang tidak sedikit.

Menurut pengamatan pasca gempa Pasaman Barat tahun 2022 yang berefek sampai ke Nagari Kajai dapat diketahui bahwa tingkat kinerja beberapa bangunan pasca gempa tidak sesuai dengan yang tingkat kinerja yang seharusnya berdasarkan fungsi atau kelompok kegunaan bangunan. Banyak bangunan yang seharusnya termasuk kelompok kegunaan III tetapi pada saat terkena gempa hanya mempunyai kinerja sebagai kelompok bangunan II, I atau bahkan sampai runtuh (Satyarno, 2010).

Bangunan tahan gempa didefinisikan bangunan yang mampu menahan beban gempa rencana tanpa mengalami kerusakan berlebihan atau tidak roboh akibat gempa tersebut. Pada saat terjadi gempa di Pasaman Barat tahun 2022 kerusakan bangunan akibat gempa menunjukkan bangunan yang mengalami kerusakan adalah bangunan penduduk (*non-engineered structures*)

BAKORNAS telah membuat kriteria kerusakan bangunan (khususnya untuk rumah tinggal) dibagi menjadi 3 (tiga) kriteria kerusakan sebagaimana yang dicantumkan pada Tabel 2.1, Tabel 2.2, dan Tabel 2.3

Tabel 2.1 Bangunan Kategori Rusak Ringan (Bakornas, 2006)

Kriteria Kerusakan	Uraian
Bangunan masih berdiri, tidak ada kerusakan struktur, hanya terdapat kerusakan komponen arsitektural	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan masih berdiri 2. Retak-retak pada dinding plesteran 3. Penutup atap/genteng lepas 4. Sebagian penutup langit-langit rusak

	<ul style="list-style-type: none"> 5. Sebagian instalasi rusak 6. Instalasi listrik rusak sebagian 7. Pintu/jendela rusak sebagian
--	---

Tabel 2.2 Bangunan Kategori Rusak Sedang(Bakornas, 2006)

Kriteria Kerusakan	Uraian
Bangunan masih berdiri, sebagian kecil komponen struktur rusak dan komponen arsitektural rusak	<ul style="list-style-type: none"> 1. Bangunan masih berdiri Sebagian rangka atap patah 2. Balok kolom sebagian kecil patah 3. Sebagian dinding rusak 4. Sebagian penutup/rangka langit-langit lepas 5. Sebagian instalasi listrik rusak/terputus 6. Pintu/jendela rusak sebagian

Tabel 2.3 Bangunan Kategori Rusak Berat(Bakornas, 2006)

Kriteria Kerusakan	Uraian
Bangunan roboh atau sebagian besar komponen struktur rusak	<ul style="list-style-type: none"> 1. Bangunan roboh total Atap runtuh 2. Sebagian besar kolom, balok, dan/atau atap rusak 3. Sebagian besar dinding dan langit- langit roboh 4. Instalasi listrik rusak total 5. Pintu/jendela rusak total

Menurut United Nation Industrial Development Organization (UNIDO) di Amerika Serikat, filosofi bangunan tahan gempa harus memenuhi 3 (tiga) syarat, yaitu :

1. Bangunan tidak boleh rusak akibat gempa kecil (magnitudo lebih kecil dari 4 Skala Richter),
2. Bangunan boleh rusak komponen nonstrukturnya (tembok,

plafond, penutup atap, dll) akibat gempa sedang (magnitudo antar 4 sampai 6,5 Skala Richter), dan

3. Bangunan boleh rusak komponen non struktur maupun komponen strukturnya akibat gempa kuat (lebih besar dari 6,5 Skala Richter) tetapi tidak sampai roboh Sedangkan tipe bangunan berdasarkan.

Tipe bangunan berdasarkan syarat teknis dibagi menjadi ada 2 (dua), yaitu (Sulendra, 2011):

1. Bangunan yang tidak direncanakan dan dibangun sesuai peraturan teknis bangunan (*nonengineered structures*) dan
2. Bangunan yang dibangun sesuai syarat teknis bangunan (*engineered structures*).

Bangunan sederhana atau bangunan tidak bertingkat dengan kualitas bahan bangunan yang pada umumnya mempunyai syarat-syarat tahan gempa, yaitu : (Sulendra, 2011):

1. Denah sederhana dan simetris,
2. Bidang dinding cenderung tertutup,
3. Atap cenderung ringan,
4. Fondasi batu kali cukup dalam sesuai dengan kondisi tanah,
5. Hubungan tulangan fondasi, sloof, kolom, balok kuat dan kaku (pengangkeran),
6. Rangka kap/kuda-kuda diangker pada ring balok,
7. Sambungan antar bidang tembok harus kuat,
8. Tanah dasar stabil,
9. Mudah dipahami dan dikerjakan dengan teknik tradisional, dan
10. Memakai bahan lokal yang tahan gempa (*local genius*).

Apabila dalam perencanaan dan pelaksanaan tidak sesuai dengan persyaratan-persyaratan bangunan tahan gempa maka bangunan tersebut tidak termasuk bangunan tahan gempa. Dalam perencanaan dan pelaksanaan bangunan tahan gempa juga perlu diperhatikan dalam segala hal. Karena apabila tidak sesuai maka jika terjadi gempa bangunan tersebut akan mengakibatkan kerusakan yang akan menimbulkan korban jiwa.

Secara teknis penyebab kerusakan pada bangunan akibat gempa terjadi pada struktur dinding pemikul. Struktur rangka pemikul ini terdiri dari struktur rangka sederhana dengan dinding pengisi untuk menahan beban lateral secara bersamaan, dan struktur rangka balok dan kolom kaku untuk menahan beban lateral.

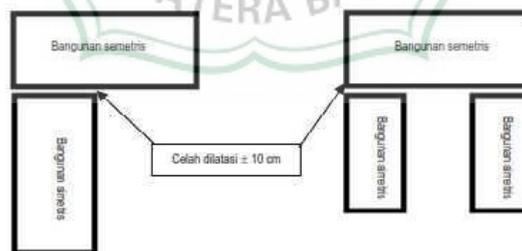
2.5 Struktur Bangunan Rumah Tahan Gempa

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam struktur bangunan rumah sederhana tahan gempa, antara lain sebagai berikut.

a. Denah Bangunan

Denah yang baik untuk bangunan rumah di daerah gempa adalah sebagai berikut.

- 1) Denah bangunan rumah sebaiknya sederhana, simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang, perbandingan lebar bangunan dengan panjang yaitu 1 : 2, pada setiap 20 m bangunan diberi dilatasi sebesar ± 10 cm.
- 2) Bila dikehendaki denah bangunan yang tidak simetris, maka denah bangunan tersebut harus dipisahkan dengan alur pemisah sehingga denah bangunan merupakan rangkaian dari denah yang simetris.



Gambar 2.2 Denah bangunan yang simetris

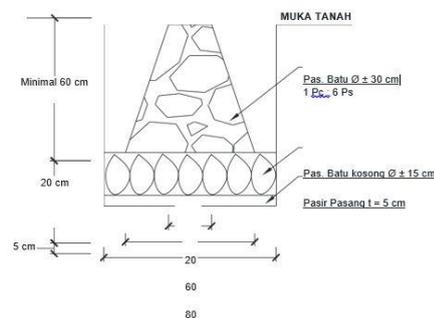
Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa

b. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar. Sebaiknya tanah dasar pondasi

merupakan tanah kering, padat, dan merata kekerasannya. Dasar pondasi sebaiknya lebih dalam dari 45 cm. Pondasi sebaiknya dibuat menerus keliling bangunan tanpa terputus. Pondasi dinding penyekat juga dibuat menerus dengan spesifikasi sebagai berikut ini:

- 1 Galian tanah dibuat hingga kedalaman tanah keras, minimal 60 cm. Alas fondasi ditaburi lapisan pasir pasang 5 cm. Ans tamping dipasang memakai batu belah kecil, panjang 15 cm yang ditata berdiri. Lapisan aanstamping ini direkatkan dengan taburan pasir yang disiram air.
- 2 Fondasi dibuat dengan menyusun batu kali selapis demi selapis, direkatkan dengan adukan semen-pasir 1 pc : 6 ps. Batu fondasi dipilih dari batu pecah yang memiliki \emptyset rata-rata 30 cm, bertekstur kasar dan keras.
- 3 Pada setiap pertemuan dinding disiapkan lubang pada fondasi untuk penempatan tulangan kolom masuk ke badan fondasi.
- 4 Fondasi harus dilengkapi angkur besi \emptyset 8 mm ke dalam sloof, dengan jarak tiap angkur 60 cm dan panjang 20 – 25 cm.
- 5 Harus dihindarkan penempatan fondasi pada sebagian tanah keras dan sebagian tanah lunak.
- 6 Sangat disarankan menggunakan fondasi menerus, mengikuti panjang denah bangunan.



Gambar 2.3 Potongan Melintang Pondasi Menerus.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa

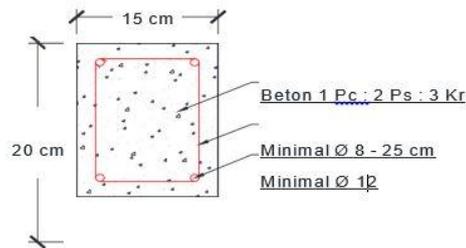
c. Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Fungsi utama balok *sloof* adalah sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan.

Hubungan antara Pondasi batu kali dan balok *sloof* sangat penting, karena energi getaran gempa yang telah diterima pondasi akan diterima pertama kali oleh *sloof*. Sangat penting untuk memastikan *sloof* tidak bergeser dan terlepas dari pondasi, karena hal ini dapat menyebabkan runtuhnya seluruh bangunan di atasnya.

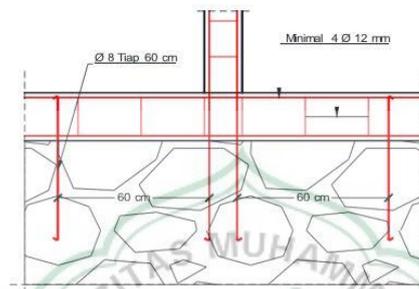
Untuk memperbaiki hubungan antara pondasi dan *sloof*, maka dapat dilakukan pengankuran dengan menanamkan besi beton yang telah dibengkokkan ujungnya dengan jarak 60 cm. Spesifikasi untuk bangunan tahan terhadap gempa sebagai berikut ini.

1. Campuran beton yang dianjurkan minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta $\frac{1}{2}$ bagian air, sehingga menghasilkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari minimum 175 kg/cm².
2. Pengecoran beton dianjurkan dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom).
3. Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan alat pencampur beton (*concreat mix*).
4. Diameter tulangan utama untuk balok *sloof*/balok pengikat pondasi minimum 12 mm, dan ukuran sengkang minimum 8 mm dengan jarak as ke as sengkang 25 cm. *Sloof* beton dicor dengan dimensi 15 x 20 cm.
5. Agar diperoleh efek ankur yang maksimum dari besi tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok hingga 115°.



Gambar 2.4. Detail *Sloof* dan Penulangan.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah TahanGempa



Gambar 2.5. Hubungan pondasi, sloof, dan kolom.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah TahanGempa

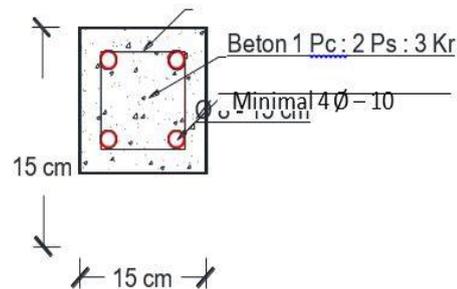
d. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Spesifikasi kolom untuk bangunan tahan gempa sebagai berikut ini.

- 1 Kolom harus menyatu dengan fondasi dan sloof.
- 2 Kolom praktis direncanakan setiap luasan dinding 15 m².
- 3 Campuran beton yang digunakan yaitu 1 Semen : 2 Pasir : 3 Kerikil dengan menggunakan air dengan perbandingan ½ dari berat semen (FAS 0,5).
- 4 Dimensi kolom yang digunakan yaitu 15 x 15 cm dengan

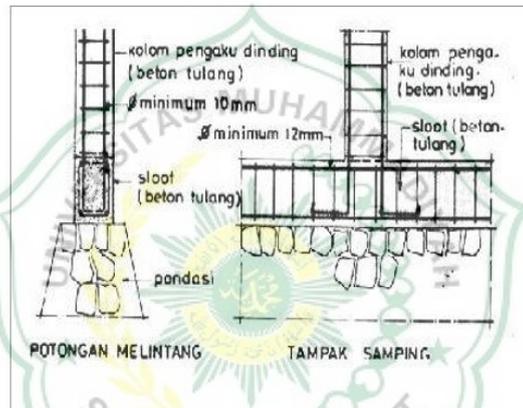
menggunakan tulangan pokok minimum 4 Ø 10 mm, sengkang minimum Ø 8 mm – 15 cm.

5 Besi angkur menggunakan besi Ø 8 mm.



Gambar 2.6. Detail kolom.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa



Gambar 2.7. Detail Hubungan Kolom dengan Dinding.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa

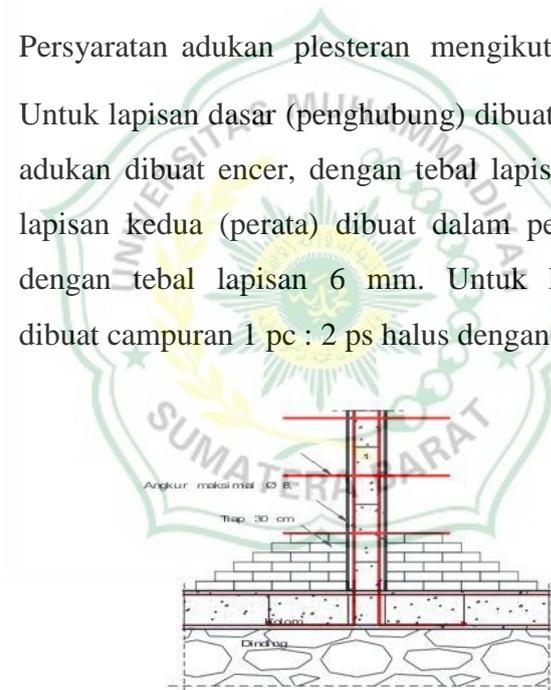
e. Dinding

Dinding adalah bagian non-struktur dari sebuah bangunan yang berfungsi memisahkan/ membentuk ruang. Dinding juga merupakan bagian yang lemah dan tidak dapat menahan beban..Untuk mengatasi hal tersebut, maka luasan dinding harus dibatasi. Disarankan luas maksimal dinding adalah 9 m². Apabila sebuah bidang dinding mempunyai luasan lebih besar dari 9 m², maka harus dipasang kolom penguat (kolom praktis), atau bahkan balok penguat. Spesifikasi dinding untuk bangunan tahan gempa sebagai berikut:

1. Pada 2 buah lapisan yang berurutan siar tegak tidak bolehsegaris dengan lapisan diatas atau dibawahnya.

2. Pasangan batu bata harus betul-betul tegak, lurus, dan datar. Selisih antara lapis pertama dengan lapis kedua harus $\frac{1}{2}$ panjang batas siar tegak dan siar datar memiliki ketebalan maksimal 1,5 cm.
3. Setiap 6 (enam) lapis bata atau batako dipasang angker maksimal \varnothing 8 mm sepanjang 30 cm, disalurkan ke dalam tulangan kolom.
4. Dinding bata sebaiknya ditutup dengan plesteran agar tampak rapi dan halus. Plesteran dinding berfungsi untuk melindungi konstruksi dinding dari pengaruh cuaca dan memberikan permukaan dinding yang halus dan rata serta memberikan keindahan pada bangunan.
5. Persyaratan adukan plesteran mengikuti ketentuan berikut.

Untuk lapisan dasar (penghubung) dibuat berbanding 1ps : 4ps, adukan dibuat encer, dengan tebal lapisan dasar 10 mm. Untuk lapisan kedua (perata) dibuat dalam perbandingan 1pc : 6 ps dengan tebal lapisan 6 mm. Untuk lapisan finishing (akhir) dibuat campuran 1 pc : 2 ps halus dengan tebal 3 mm.



Gambar 2.8. Detail Hubungan Kolom dengan Dinding.

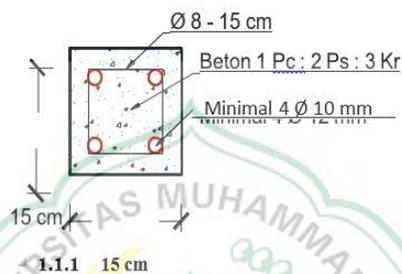
Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa

f. Balok Latei

Balok latei/lintel ialah balok yang berada di dimensi dinding. Tujuannya yakni untuk menghindarkan kusen agar tidak menerima beban bangunan secara langsung. Dengan demikian, kondisi kusen pun tetap kokoh dan tidak melengkung. Balok ini juga dapat berfungsi untuk menjaga kusen tetap berdiri jika sewaktu-waktu terjadi gempa, sehingga

penghuni bangunan dapat melewati pintu untuk menyelamatkan diri, spesifikasi balok Latai sebagai berikut.

1. Campuran beton yang digunakan yaitu 1 Pemen : 2 Pasir : 3 Kerikil dengan menggunakan air dengan perbandingan $\frac{1}{2}$ dari berat semen (FAS 0,5).
2. Dimensi Balok Latei yang digunakan yaitu 15x 15 cm dengan menggunakan tulangan pokok minimum 4 Ø 12 mm, sengkang minimum Ø 8 mm – 15 cm.
3. Hubungan kolom dengan balok latai diperkuat dengan jangkar minimum 40 cm.



Gambar 2.9. Detail Balok Latai.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa



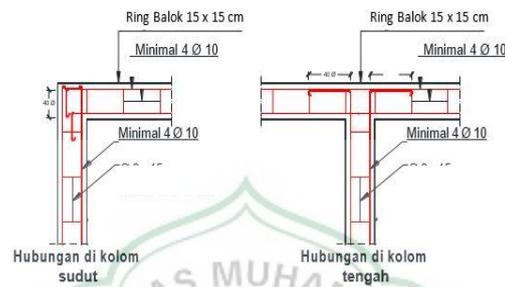
Gambar 2.10. Hubungan balok latai dengan kolom.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Rumah Tahan Gempa

g. Ring Balok

Balok ringan merupakan balok yang terbuat dari beton dan berada tepat di atas dinding. Fungsi balok ini yaitu untuk mengikat dinding yang ada di bawahnya sehingga terus stabil, serta mengunci ujung atas kolom. Konstruksi balok ring juga berguna meneruskan beban bangunan dari atap menuju ke kolom lalu akhirnya ke pondasi. Spesifikasi ring balok adalah sebagai berikut.

1. Campuran beton yang digunakan yaitu 1 Semen : 2 Pasir : 3 Kerikil dengan menggunakan air dengan perbandingan $\frac{1}{2}$ dari berat semen (AS 0,5).
2. Dimensi Ring Balok yang digunakan yaitu 15 x 15 cm dengan menggunakan tulangan pokok minimum 4 Ø 10 mm, sengkang minimum Ø 8 mm – 15 cm.
3. Hubungan kolom dengan Ring Balok diperkuat dengan jangkar minimum 40 Ø.



Gambar 2.11. Hubungan Ring Balok dengan kolom.

Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Ruma Tahan Gempa

h. Kuda-kuda

Rangka kuda-kuda adalah bagian dari bangunan atas yang ada di antara balok ring dan atas. Bagian ini berguna sebagai penahan dari struktur atap di antaranya genteng, usuk, dan reng supaya tetap stabil. Spesifikasi Kayu kuda – kuda yang dipakai sebagai berikut.

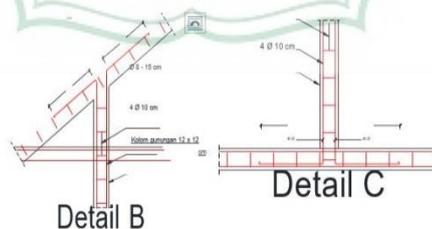
1. Kuda – kuda menggunakan konstruksi balok kayu dari kayu kelas II yang tua dan kering dengan ukuran 5 x 10 cm dan dipasang dengan jarak antar kuda – kuda maksimum 300 cm.
2. Semua kayu kuda – kuda dilabur dengan bahan pengawet.
3. Panjang paku sedikitnya $2 \frac{1}{2}$ x tebal kayu pada sambungan rangkap 2 dan $3 \frac{1}{3}$ x tebal kayu pada sambungan rangkap 3.
4. Sambungan pada balok tarik dari kuda – kuda dibuat di tengah-tengah bentang dengan menggunakan tipe sambungan gigi dan diikat dengan plat baja, panjang overlap dari sambungan minimum 5 kali tebal kayu yang disambung atau 25 cm.
5. Klam yang digunakan untuk sambungan batang rangka kuda –

kuda adalah papan dari kayu kelas II berukuran 10 x 25 cm dan tebal 2 cm, dengan jumlah paku pada setiap titik simpul berjumlah 20 buah.

6. Ukuran paku yang digunakan adalah paku 7 cm, sehingga jumlah paku ini yang digunakan pada setiap batang dari rangka kuda – kuda sekurang – kurangnya berjumlah 220 buah.
7. Untuk pertemuan permukaan ujung setiap batang dari rangka kuda – kuda dipasang 2 buah paku 10 cm, sehingga untuk satu unit kuda – kuda digunakan sekurang – kurangnya 22 buah paku 10 cm.

i. Gunungan

Gunungan dibuat apa bila menggunakan jenis atap pelana dikarenakan bidang atap terdiri dari dua sisi yang bertemu pada suatu garis pertemuan yang disebut bubunga. Pada bagian samping dari atap ini dibuat gunungan untuk menutup lubang yang ada. Beberapa perlakuan harus diberikan dalam desain gunungan antara lain menggunakan perkuatan dengan beton bertulang pada sisinya, spesifikasi tulangan yang digunakan yaitu tulangan pokok minimal 4Ø 12, begel Ø 8 dengan jarak 15 cm, mendekati persilangan jarak sengkang 5 cm.



Gambar 2.12. Hubungan Ring Balok dengan kolom.

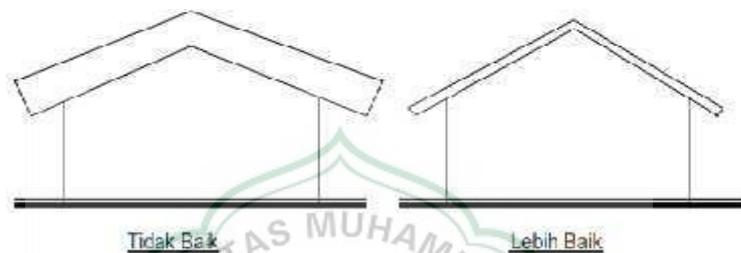
Sumber: Pedoman Teknis Bangunan Ruma Tahan Gempa

j. Atap

Pada dasarnya atap berguna untuk melindungi bagian dalam bagian dari suhu ekstrim seperti terik panas, hujan, salju, angin, dan sebagainya. Atap sekaligus berperan pula sebagai pelindung privasi dan keamanan

seluruh penghuni bangunan.

Konstruksi atap harus menggunakan bahan yang ringan dan sederhana. Rangka atap sebuah bangunan juga turut berperan dalam mempercepat keruntuhan sebuah bangunan. Kebanyakan pekerja bangunan melaksanakan pemasangan rangka atap berdasarkan selera mereka masing-masing. Padahal rangka atap adalah termasuk bagian struktural dari sebuah bangunan dan tidak boleh dianggap remeh. Apabila terjadi getaran gempa, rangka atap akan mudah runtuh dan sangat membahayakan bagi keruntuhan struktur secara keseluruhan.



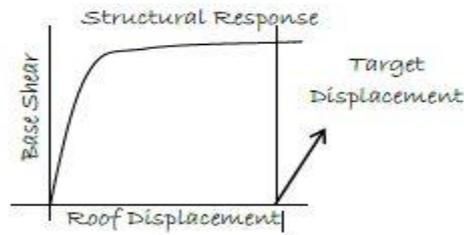
Gambar 2.13. Bentuk atap

Sumber: Pedoman Teknik Bangunan Gedung Tahan Gempa

2.6 Gambaran Umum Analisis Statik Non-Linier *Pushover*

Menurut (ATC 40, 1997) analisis statik nonlinier *pushover* merupakan salah satu komponen *performance based design* yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Dalam perencanaan ini beban statik dalam arah lateral yang nilainya ditingkatkan secara bertahap sampai suatu struktur mencapai yang namanya target *displacement* atau mencapai mekanisme diambang keruntuhan.

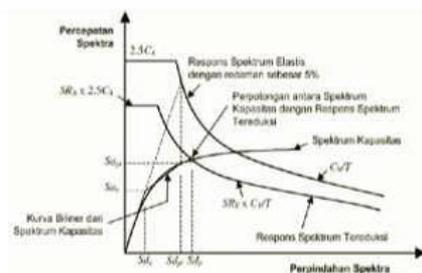
Prosedur analisis ini dimana untuk mengetahui bagian-bagian mana dari suatu struktur yang akan mengalami kegagalan terlebih dahulu. Seiring dengan penambahan beban akan ada elemen-elemen dari struktur yang akan mengalami leleh serta mengalami deformasi inelastik. Hasil akhir dari analisis ini berupa nilai-nilai gaya geser dasar (*base shear*) untuk menghasilkan perpindahan dari struktur tersebut



Gambar 2.14 Base Shear Vs. Roof Displacement

a. Metode Spektrum Kapasitas

Metode spektrum kapasitas adalah metode yang ada di dalam ATC 40. Metode ini dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur. Proses ini sama dengan metode koefisien perpindahan, kecuali bahwa hasilnya diplot-kan dalam format ADRS (*acceleration displacement response spectrum*). Waktu getar ekuivalen (T_e) dianggap sebagai secant waktu getar tepat dimana gerakan tanah gempa perlu yang direduksi karena adanya efek redaman ekuivalen bertemu pada kurva kapasitas. Karena waktu getar ekuivalen dan redaman merupakan fungsi dari perpindahan maka penyelesaian untuk mendapatkan perpindahan inelastik maksimum (titik kinerja) adalah bersifat iteratif. ATC-40 menetapkan batas redaman ekuivalen untuk mengantisipasi adanya penurunan kekuatan dan kekakuan yang bersifat gradual. (Wiryanto Dewobroto).



Gambar 2.15 Penentuan Titik Kinerja Menurut Spektrum Kapasitas

b. Metoda Koefisien Perpindahan FEMA 273/356

Metode koefisien perpindahan adalah prosedur statik non-linier yang dihadirkan dalam dokumen FEMA. Pada metode ini, perhitungan dilakukan dengan memodifikasi respons elastik linier sistem struktur SDOF ekuivalen

dengan faktor modifikasi C0, C1, C2 dan C3 sehingga dapat dihitung target perpindahan (δ_t), dengan menetapkan dahulu waktu getar efektif (T_e) untuk memperhitungkan kondisi inelastic struktur gedung. Persamaan untuk mencari target perpindahan yaitu :

$$(1) \quad \delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2.5}\right)^2 g$$

dimana :

δ_t = target perpindahan

T_e = waktu getar alami efektif

C0 = koefisien faktor untuk merubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap, yang didapat dari Tabel 3-2 FEMA 356

C1 = faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan respons elastik linier. Nilai C1 diperoleh dari :

$$(2) \quad C_1 = 1,0 \quad \text{untuk} \quad T_e \geq T$$

$$(3) \quad C_1 = \frac{[1+(R-1)\frac{T}{T_e}]}{R} \quad \text{untuk} \quad T_e \leq T$$

C2 = faktor modifikasi untuk memperlihatkan efek dari *hysteresis shape* pada respon perpindahan maksimum struktur (Tabel 3-3 FEMA 356)

C3 = koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta. Untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca-leleh bernilai positif maka C3 = 1,0. Sedangkan untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca-leleh negative :

$$(4) \quad C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{\frac{3}{2}}}{T_e}$$

α = rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastis efektif, dimana hubungan gaya-lendutan diidealisasikan sebagai kurva bilinear.

R = *strength ratio*, besarnya dapat dihitung dengan persamaan :

$$(5) \quad R = \frac{\bar{S}_a}{V_y/W} C_m$$

S_a = akselerasi respon spektrum yang bekesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

V_y = gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva *pushover* menjadi bilinear.

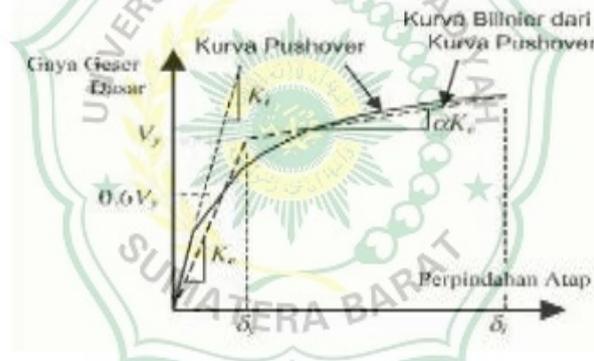
W = total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.

C_m = faktor massa efektif dapat dilihat pada Tabel 3-1 FEMA 356.

T_e = waktu getar alami efektif

$$(6) \quad T_e = T \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

T dan K_i adalah periode alami awal elastis (dalam detik) dan kekakuan bangunan pada arah yang ditinjau.



Gambar 2.16 Parameter Waktu Getar Efektif dari Kurva *Pushover*

c. Pemeriksaan Tingkat Kinerja Bangunan

Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun untuk mengevaluasi bangunan yang sudah ada, dengan memahami kekuatan dari gempa terhadap resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang.

Dalam pemeriksaan tingkat kinerja bangunan, penulis mengacu pada metode yang disediakan *Applied Technology Council* (ATC- 40) dan *Federal Emergency Management Agency* (FEMA 273/356).

Berdasarkan FEMA 273 tingkat kinerja bangunan gedung dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2.4 Batas Deformasi Bangunan Gedung (ATC-40)

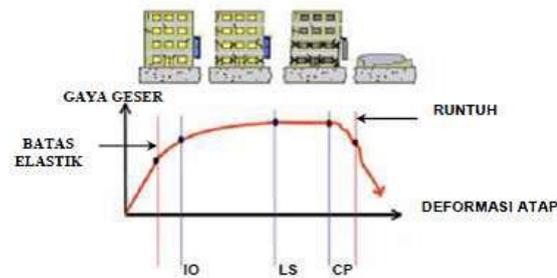
	Tingkat Kinerja			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>Interstory Drift Limit</i> (Batas Simpangan Antar Lantai)				
<i>Maximum Total Drift</i> (Simpangan Total Maks.)	0.01	0.01-0.02	0.02	0.33 V_i/P_i
<i>Maximum Inelastic Drift</i> (Simpangan Nonelastik Maks.)	0.005	0.005-0.015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Tabel 2.5 Tingkat kinerja Struktural (ATC-40)

No.	Tingkat Kinerja	Uraian
1	SP-1	<i>Immediate Occupancy</i> (Penggunaan Sedang)
2	SP-2	<i>Damage Control</i> (Kontrol Kerusakan)
3	SP-3	<i>Life Safety</i> (Aman untuk Dihuni)
4	SP-4	<i>Limited Safety</i> (Keamanan Terbatas)
5	SP-5	<i>Structural Stability</i> (Stabilitas Struktural)
6	SP-6	<i>Not Considered</i> (Tidak Diperhitungkan)

Tabel 2.6 Tingkat Kinerja Bangunan Gedung (FEMA 273)

NO	Tingkat Kinerja	Uraian
1	<i>Operational Level</i> (Tingkat Operasional)	Peralatan utilitas masih berfungsi terdapat sedikit kerusakan
2	<i>Immediate Occupancy</i> (Penggunaan Sedang)	Bangunan menerima tanda hijau (aman untuk digunakan)dari hasil pemeriksaan perlu sedikit perbaikan.
3	<i>Life Safety Level</i> (Tingkat aman untuk dihuni)	Struktur tetap stabil dan mempunyai kapasitas pelayanan cukup,kerusakan bagian non struktur masih terkontrol
4	<i>Collapse Prevention Level</i> (Tingkat pencegahan Keruntuhan)	Bangunan tetap berdiri,hamper runtuh,kerusakan lain masih diperkenankan



Gambar 2.17 Spektra Kapasitas (FEMA 273)

Sumber : Jurnal Sipil Statik

Berdasarkan *Applied Technology Council (ATC)-40* batas deformasi bangunan gedung dan kinerja struktur bangunan gedung dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

d. Tahapan Utama Analisis *Pushover*

Tahapan utama dalam analisis *pushover* menurut Wiryanto Dewobroto adalah

1. Menentukan titik control untuk memonitor besarnya perpindahan struktur. Rekaman besarnya perpindahan titik control dan gaya geser dasar digunakan untuk menyusun kurva *pushover*.
2. Membuat kurva *pushover* dari berbagai pola distribusi gaya lateral yang ekuivalen dengan distribusi gaya inersia, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama dengan gempa sebenarnya. Karena gempa sifatnya tidak pasti, perlu dibuat beberapa pola pembebanan lateral.
3. Estimasi besarnya target perpindahan. Titik control didorong sampai target tersebut, yaitu suatu perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa rencana yang ditentukan.
4. Mengevaluasi level kinerja stuktur ketika titik control tepat berada pada target perpindahan (merupakan hal utama dari perencanaan berbasis kinerja). Komponen struktur dianggap memuaskan jika memenuhi persyaratan deformasi dan kekuatan. Karena yang dievaluasi adalah komponen yang jumlahnya relatif sangat banyak maka proses harus dikerjakan oleh (fasilitas *pushover* dan evaluasi kinerja yang terdapat secara built-in pada program SAP2000).

2.7 Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Metode Koefisien Perpindahan atau Displacement Coefficient Method (DCM) merupakan metode yang terdapat dalam FEMA 273/356 untuk prosedur statik nonlinier. Penyelesaian dilakukan dengan memodifikasi 17 respons elastis linier dari sistem SDOF ekuivalen dengan faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 dan C_3 sehingga dapat dihitung target perpindahan (δ_t). Proses dimulai dengan menetapkan waktu getar efektif, T_e , yang memperhitungkan kondisi inelastis bangunan (lihat bagian tentang waktu getar alami). Waktu getar alami efektif mencerminkan kekakuan linier dari sistem SDOF ekuivalen. Jika di-plot-kan pada spektrum respons elastis akan menunjukkan percepatan gerakan tanah pada saat gempa yaitu akselerasi puncak, S_a , versus waktu getar, T . Rendaman yang digunakan selalu 5% yang mewakili level yang diharapkan terjadi pada struktur yang mempunyai respons pada daerah elastis.

2.8 Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Metode Spektrum Kapasitas atau Capacity Spectrum Method (CSM) merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Dalam analisis statik pushover nonlinier ini didapatkan kurva kapasitas kemudian diolah lebih lanjut dengan metode Spektrum Kapasitas (ATC-40). Metode ini telah build-in dalam program SAP2000 yang akan digunakan. Metode ini sederhana namun informasi yang dihasilkan sangat berguna karena mampu menggambarkan respon inelastis bangunan. Kurva Kapasitas hasil pushover diubah menjadi kapasitas spektrum seperti pada gambar 3 melalui persamaan:

$$S_a = \frac{V}{\alpha_1}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \phi_{roof, 1}}$$

$$PF = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g}}{\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1}^2)}{g}} \right]$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1}^2)}{g} \right]}$$

dimana:

S_a = Spectral acceleration

S_d = Spectral displacement

PF = modal participation untuk modal pertama

α_1 = modal mass coefficient untuk modal pertama

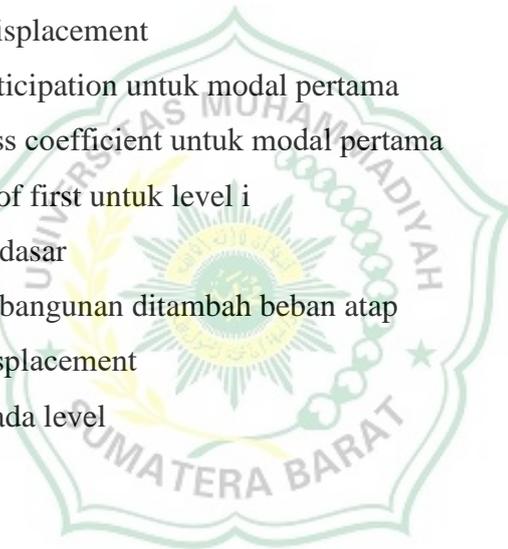
ϕ_{i1} = amplitude of first untuk level i

V = gaya geser dasar

W = berat mati bangunan ditambah beban atap

Δ_{roof} = roof displacement

w_i/g = massa pada level

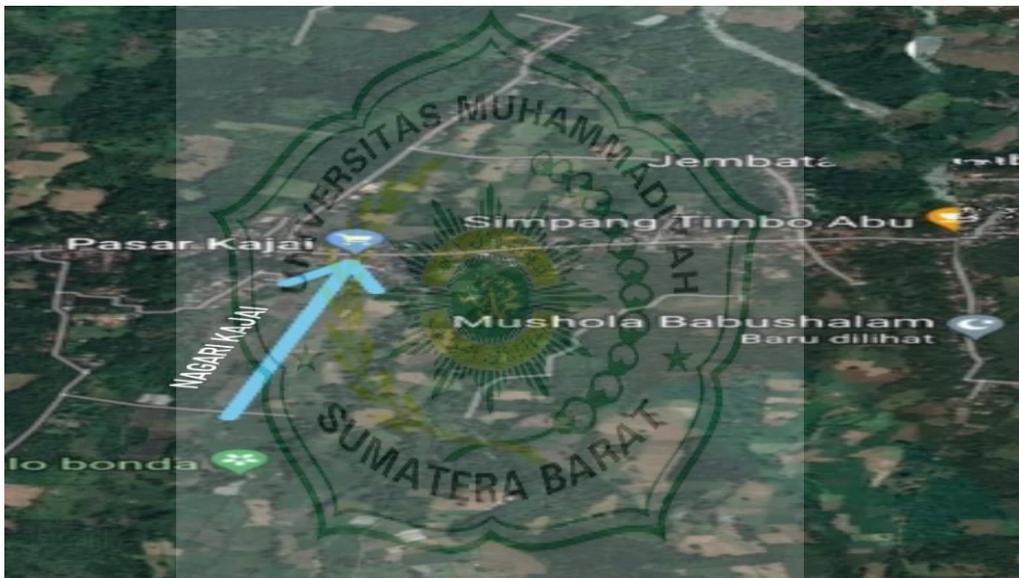


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di daerah Nagari Kajai Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat Sumatera Barat. Nagari Kajai memiliki luas 111.58 km² yang terdiri dari 8 kejurongan antara lain: Jorong Mudiak Simpang, Timbo Abu, Limpato, Kampuang Alang, Lubuak Sariak, Pasa Lamo, Rimbo Batu dan Jorong Tanjung Beruang. Pengumpulan data yang diteliti di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat.



Gambar 3.1 Peta lokasi Penelitian

Sumber : Google Maps (22 Maret 2022)

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian penilaian dan bersifat jelas. Strategi pencerahan adalah teknik berpikir kritis yang digali dengan menggambarkan/menggambarkan kondisi subjek/objek pemeriksaan (individu, perusahaan, daerah, dan sebagainya) saat ini berdasarkan realitas yang muncul atau sebagaimana adanya (Nawawi, 2005)

Metode evaluasi yaitu metode yang digunakan untuk menilai efek bangunan yang terdampak akibat gempa pada rumah tinggal sederhana dan metode ini menggunakan data yang ada untuk memecahkan sebuah masalah.

3.3 Data Penelitian

Pemilahan informasi harus dimungkinkan melalui beberapa pengaturan yang diatur secara efisien dengan strategi penilaian. Para ahli menjamin bahwa setiap informasi yang dibutuhkan telah diatur dengan sempurna untuk dapat melakukan proses pengumpulan informasi di lapangan. Sumber informasi yang dimanfaatkan dalam eksplorasi di Nagari Kajai, Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat, yaitu:

3.3.1 Data Primer

Sumber informasi penting dapat diperoleh langsung dengan mengarahkan ulasan langsung ke tempat kejadian.

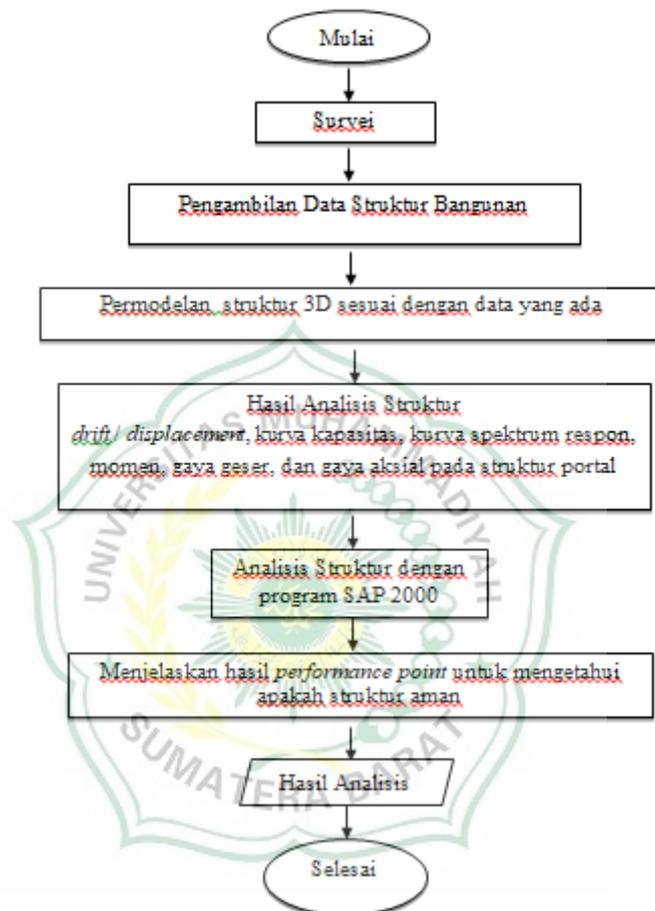
3.3.2 Data Sekunder

Informasi opsional adalah informasi yang diperoleh dari pemilik rumah yang berkepentingan untuk mendapatkan data: komponen bangunan dan sejarah bangunan, dan lain-lain.

3.3 Metode Analisis Data

Melakukan perhitungan terhadap bangunan untuk menentukan kinerja bangunan terhadap terjadinya kerusakan. Data yang ada kemudian dianalisis untuk dievaluasi untuk menentukan dampak akibat gempa yang terjadi pada bangunan rumah tinggal. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode *Pushover* menggunakan bantuan *Software* SAP 2000, aplikasi ini adalah program komputer untuk menganalisis dan mendesain struktur bangunan, baik yang berupa struktur bidang 2 dimensi maupun 3 dimensi. Analisa dapat dilakukan secara static maupun dinamik, dengan berbagai macam kombinasi pembebanan.

3.4 Diagram Alir Penelitian



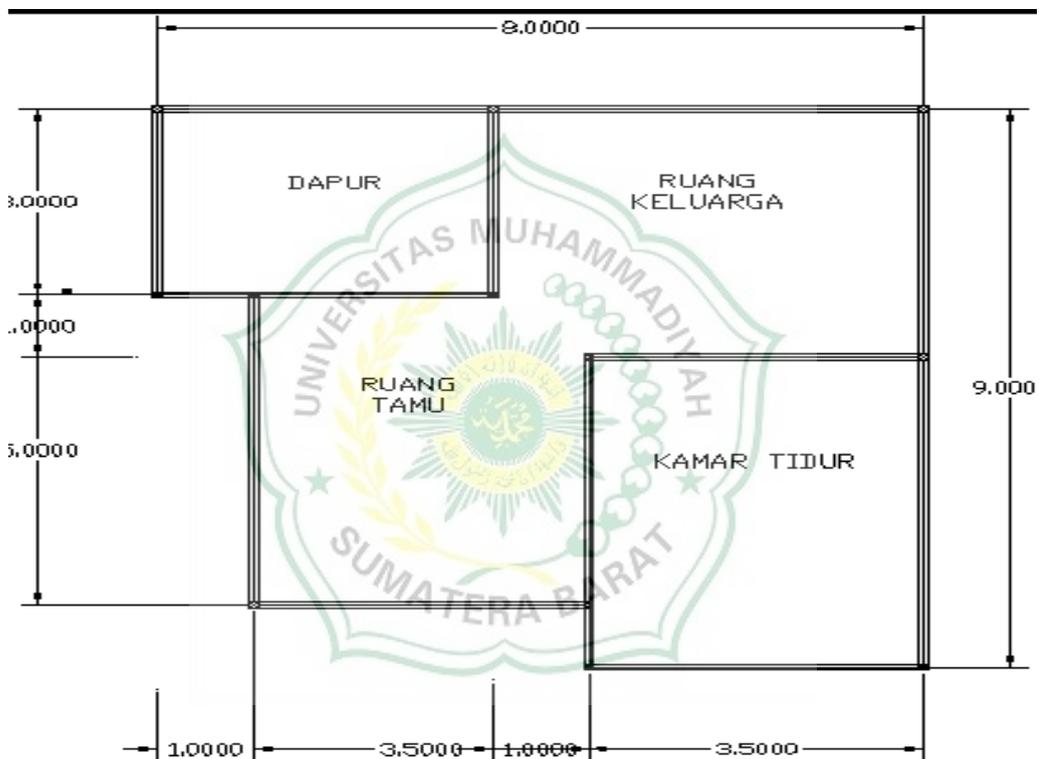
Gambar 3.6 Bagan Alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan diuraikan hasil survey dan pemeriksaan yang telah dilakukan mengingat bagian yang lalu, dan pada survey lokasi poin ini telah dijelaskan pada BAB I ,BAB II,Tinjauan Pustaka dan BAB III Metodologi Penelitian.

4.1 Data Struktur Bangunan



Gambar 4.1 Denah rumah tinggal sederhana

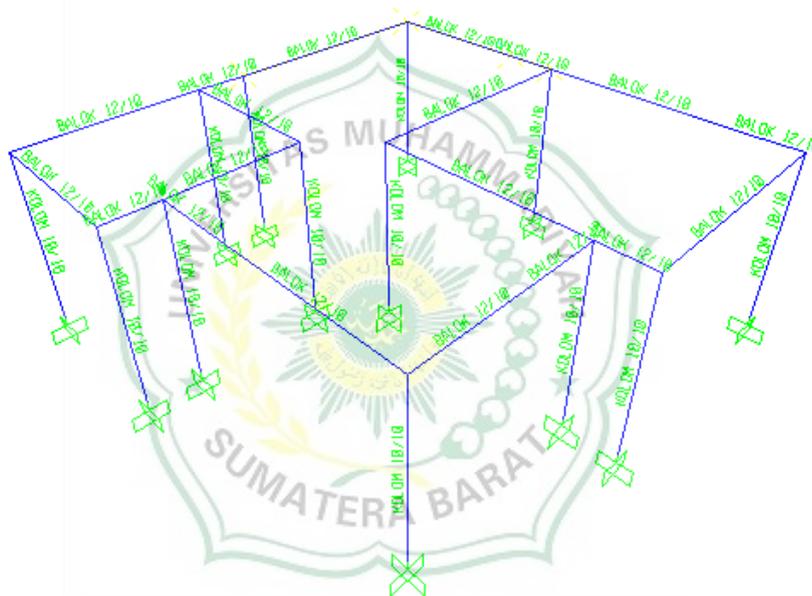
Sumber : Software Autocad 2008

Tipe bangunan	: Rumah tinggal sederhana
Jumlah lantai	: 1
Tinggi bangunan	: 3,5 meter
Ukuran bangunan	: 8m x 9m
Ukuran penampang balok	: 10 cm x 12 cm
Ukuran penampang kolom	: 10 cm x 10 cm

Tulangan Balok	: 4 ϕ 8mm dan sengkang ϕ 6-150
Tulangan Kolom	: 4 ϕ 8mm sengkang ϕ 6-150
Berat atap	: 17 kg/m ²
Lokasi bangunan	: Nagari Kajai, Kec. Talamau, Kabupaten Pasaman Barat
Jenis Tanah	: Tanah Sedang (antara tanah keras dan lunak)

4.1.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dalam bentuk 3D menggunakan program SAP 2000 v 14.

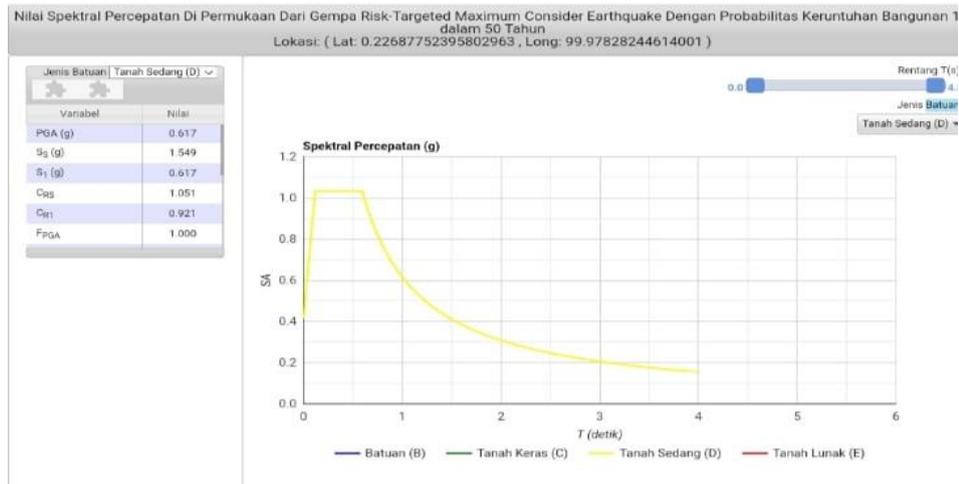


Gambar 4.2 Pemodelan Struktur 3D

Sumber : Software SAP 2000

4.2 Beban Gempa

Beban gempa merupakan salah satu elemen penting dalam evaluasi ini, untuk mendapatkan beban gempa kita dapat mengunjungi website puskim.go.id, nanti akan tampil seperti gambar berikut.

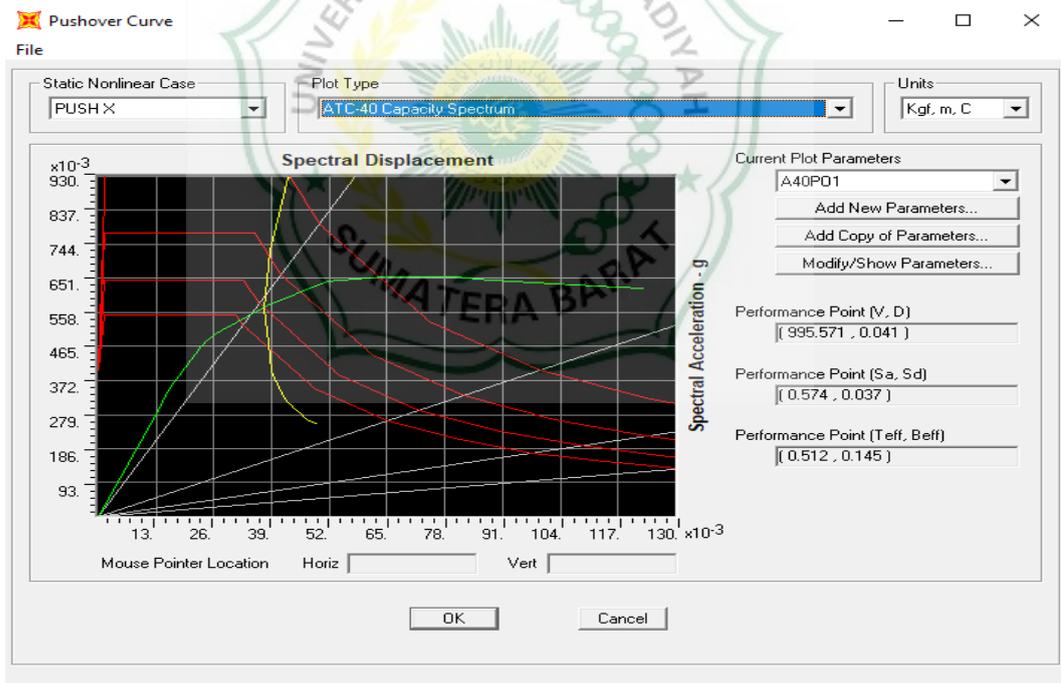


Gambar 4.3 Nilai spektra gempa Nagari Kajai Kab.Pasaman Barat

Sumber : Puskim.go.id

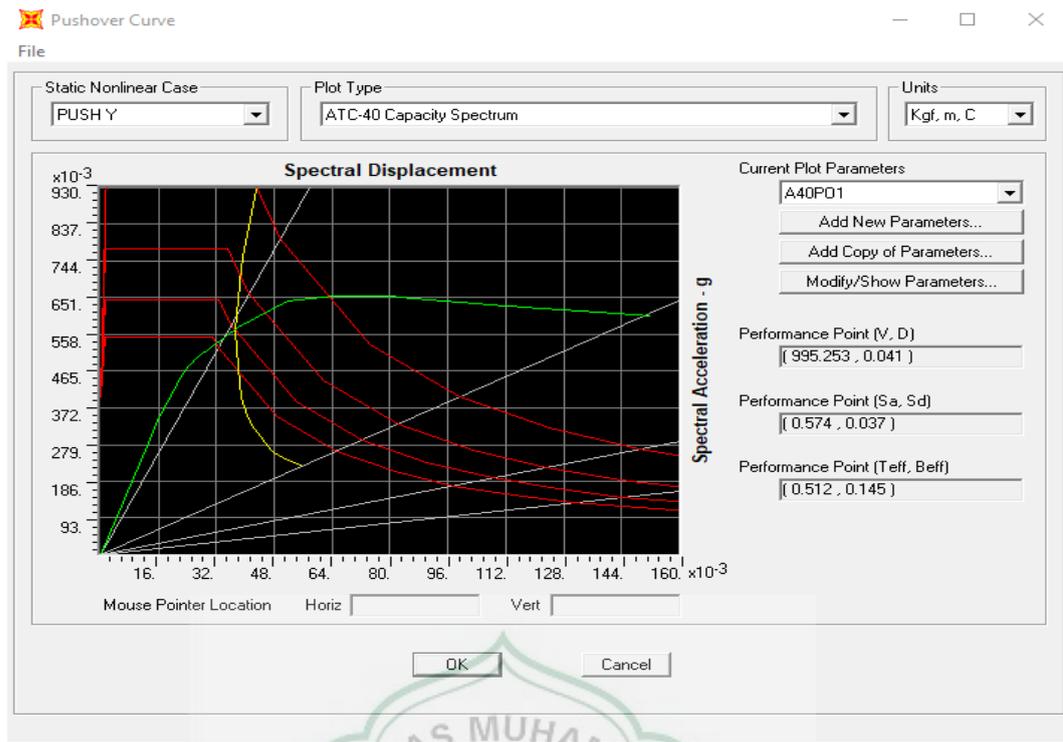
4.3 Analisis Pushover

4.3.1 Metode Spektrum Kapasitas



Gambar 4.4 Kurva Arah X, Target Perpindahan (δ_t) = 6.32 cm

Sumber : Software SAP 2000



Gambar 4.5 Kurva Arah Y, Target Perpindahan (δ_t) = 6.29 cm

Sumber : Software SAP 2000

Berdasarkan kuat tekan beton (f'_c) = 14.525 MPa dengan menggunakan metode ATC-40, didapatkan hasil untuk arah X dan Y pada gambar 4.4 dan 4.5 di atas.

4.3.2 Koefisien Perpindahan FEMA 356

Target Perpindahan (δ_t) pada metode perpindahan FEMA 356

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2.5}\right)^2 g$$

- Perhitungan δ_t Arah-X

Diketahui : $T_e = 0.4311$

$C_0 = 1.1333$

$C_1 = 1.1564$

$C_2 = 1$

$C_3 = 1$

$S = 1.1$

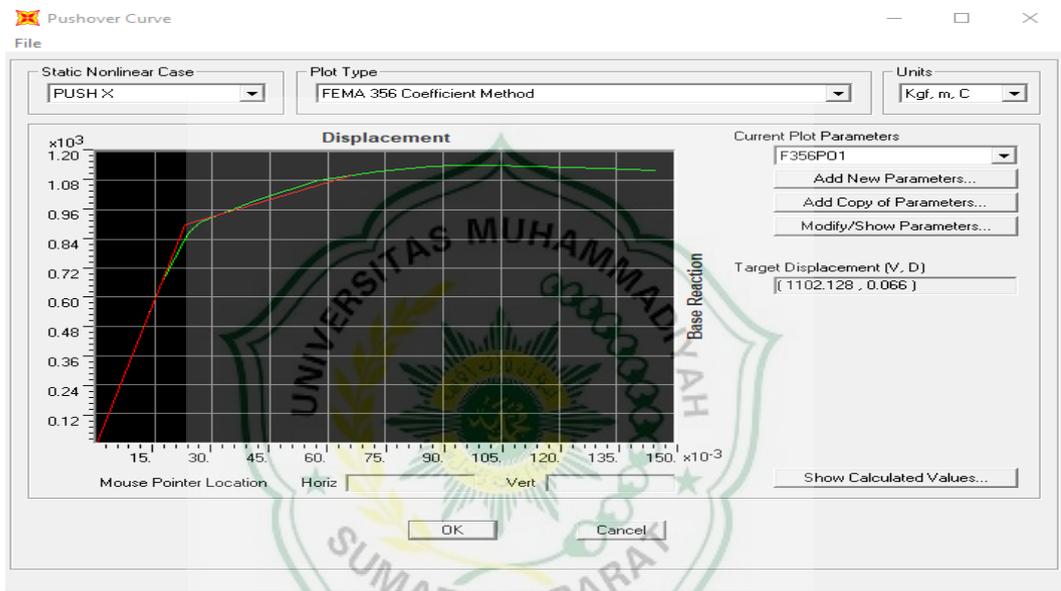
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Maka nilai $\delta_t = 6.65 \text{ cm}$

- Perhitungan δt Arah-Y

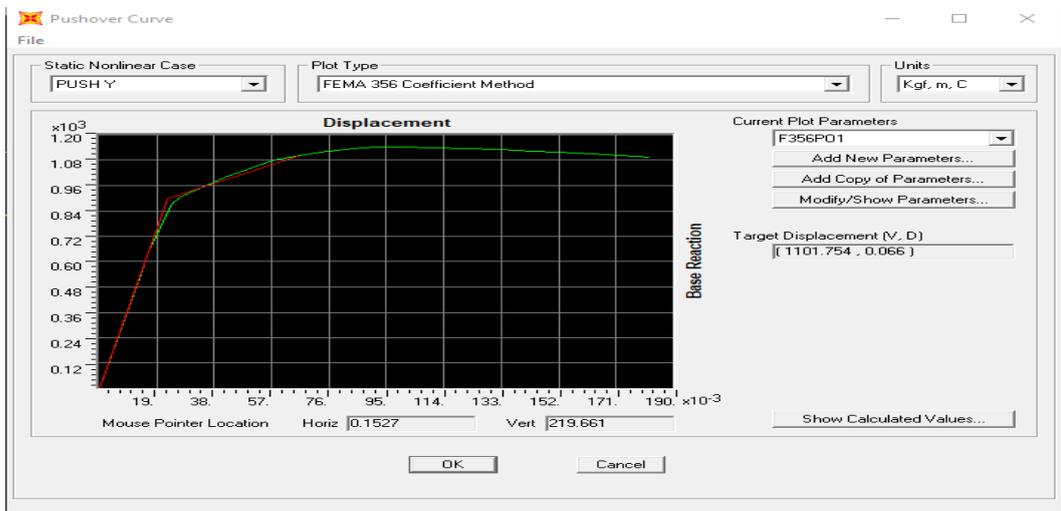
Diketahui : $T_e = 0.4311$
 $C_o = 1.1335$
 $C_1 = 1.1564$
 $C_2 = 1$
 $C_3 = 1$
 $S_a = 1.1$
 $g = 9,81 \text{ m/det}^2$

Maka nilai $\delta t = 6,65 \text{ cm}$



Gambar 4.6 Arah - X tikungan lemah (FEMA 356)

Sumber : Software SAP 2000



Gambar 4.7 Kurva *pushover* Arah -Y (FEMA 356)

Sumber : Software SAP 2000

4.4 Evaluasi Kinerja Struktur

Pada bangunan rumah tinggal sederhana yang dievaluasi harus batasi dengan level kinerja berdasarkan *interstory drift* seperti pada Tabel 2.4 yaitu level *Immediate Occupancy* (IO) dengan maksimum *interstory drift* 0,01, level *life safety* (LS) dengan nilai 0,02 dan *collapse prevent* (CP) dengan nilai 0,035.

$$\text{Rumus drift ratio} = \frac{\text{roof drift}}{H}$$

Berdasarkan target perpindahan (δ_t) dengan metode ATC-40 dan koefisien FEMA 356, diperoleh kinerja bangunan dari kedua metode di atas sebagai berikut:

➤ Arah X

Tabel 4.1 Perbandingan Bangunan Arah X

Metode	Target Perpindahan (δ_t) (cm)	Kriteria Bangunan
ATC-40	6.32	<i>Limited Safety</i>
FEMA 356	6.65	<i>Limited Safety</i>

➤ Arah Y

Tabel 4.2 Perbandingan Bangunan Arah Y

Metode	Target Perpindahan (δ_t) (cm)	Kriteria Bangunan
ATC-40	6.29	<i>Damage Control</i>
FEMA 356	6.65	<i>Limited Safety</i>

Dari tabel di atas, sangat mungkin beralasan bahwa dari dua strategi yang digunakan, khususnya teknik ATC-40 dan FEMA 356, struktur tersebut masuk ke dalam standar pengendalian bahaya antara *Damage Control* dan *Life Safety* (kontrol kerusakan dan aman untuk dihuni) dan itu menyatakan bahwa struktur tidak mengalami kerusakan yang serius.

4.5 Maksimum Displacement (δ_{max}) SNI-1726-2012

Tabel 4.3 Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1

Kuat Tekan Beton (Mpa)	performance point (cm)				Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1	Keterangan
	ATC-40		FEMA 356			
	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y		
14.525	6.32	6.29	6.65	6.65	$0,025H = 0,025 \times 350 \text{ cm} = 8,75 \text{ cm}$	Syarat $\delta t < 8,75 \text{ cm} = \text{Aman}$ Syarat $\delta t > 8,75 \text{ cm} = \text{Tidak Aman}$

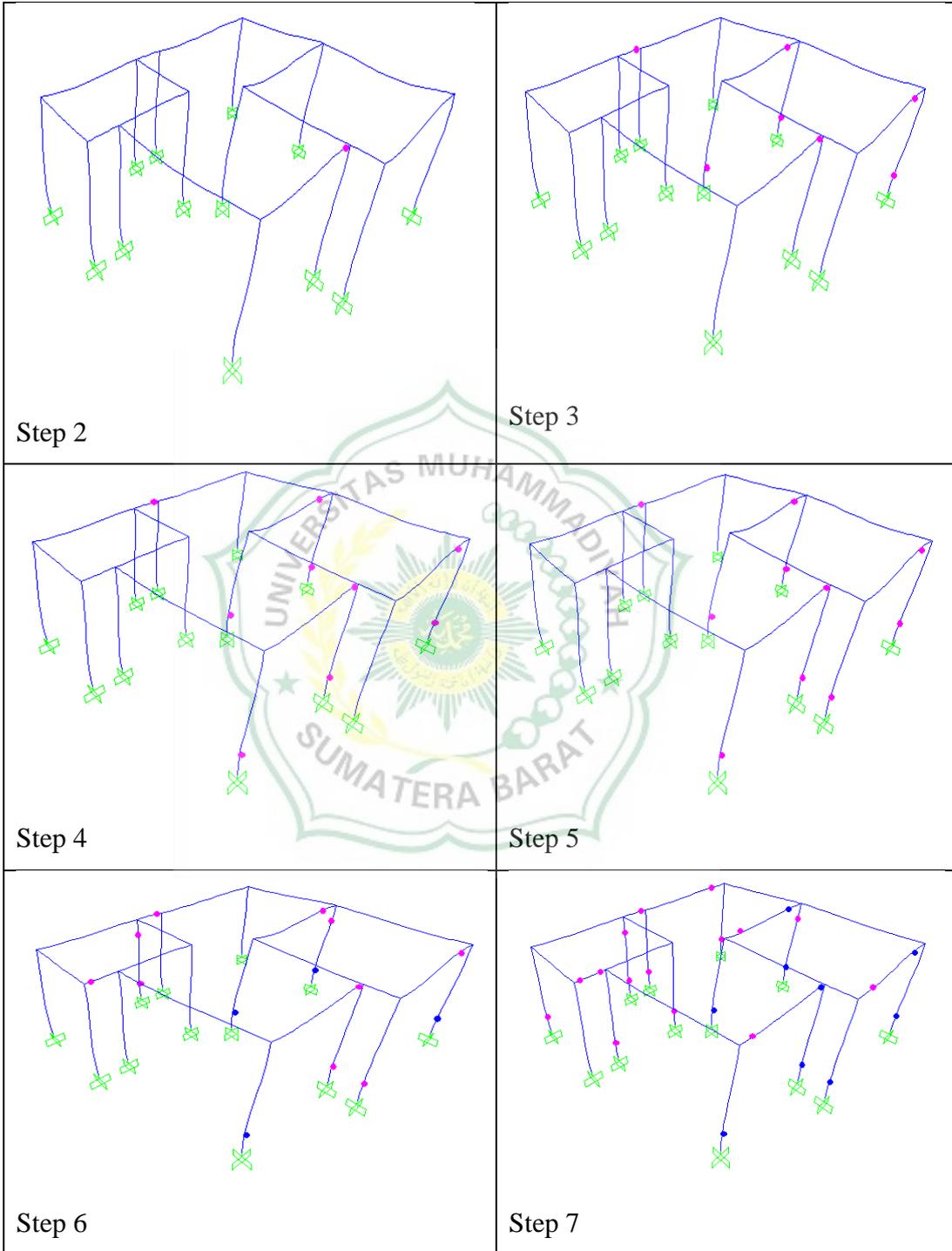
Menyninggung SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1 mengatur simpangan yang cukup besar tidak boleh melebihi $0,025H$, dengan alasan bahwa struktur yang dipusatkan pada situasi ini adalah rumah tinggal sederhana, mengingat untuk klasifikasi risiko II. Dimana H = ketinggian lantai bangunan, Simpangan ijin maksimum ini adalah sebagai kontrol untuk menyimpulkan apakah struktur bangunan yang diteliti sudah aman atau tidak aman. Jadi, maks = $0,025 \times 350 \text{ cm} = 8,75 \text{ cm}$.

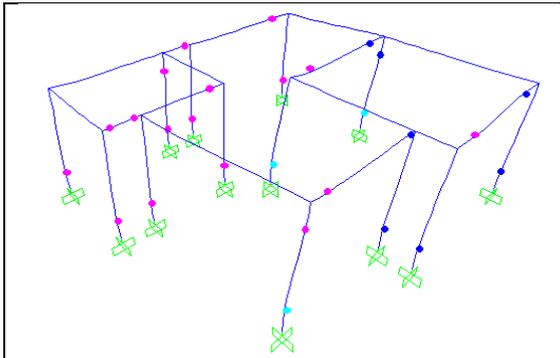
Dari tabel 4.3 Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1, dapat ditarik kesimpulan bahwa dari dua metode yang digunakan, nilai target perpindahan (δt) > Simpangan Ijin Maksimum (δ_{max}) jadi dapat disimpulkan bangunan rumah tinggal sederhana yang diteliti tergolong kategori **Aman** karena tidak melebihi batas simpangan ijin maksimum.

4.6 Letak Sendi Plastis

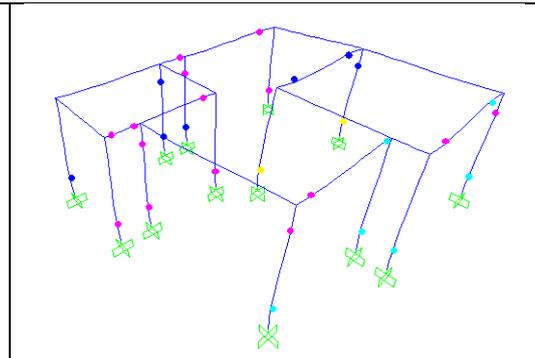
Dari fokus relokasi strategi koefisien Fema 356 pada bantalan Y 6,65 cm, maka, pada saat itu, dengan melihat kualitas tabel di atas, pelepasan adalah antara tahap 2 hingga 17 dengan kondisi poros plastis berada dalam Pencegahan Keruntuhan wilayah.

Sendi Plastis Step 2-17

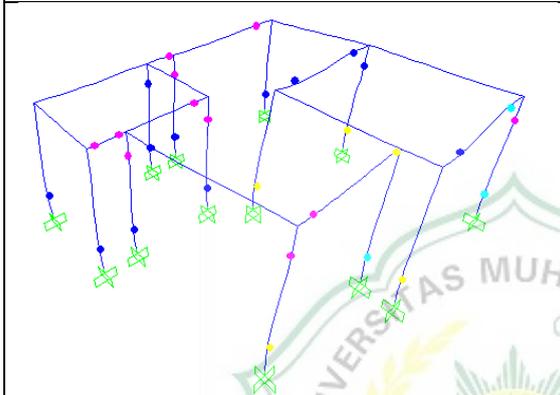




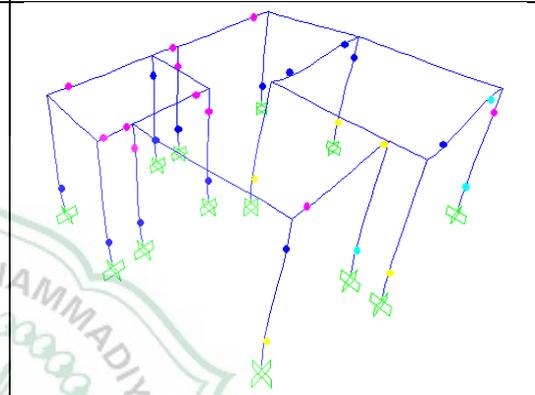
Step 8



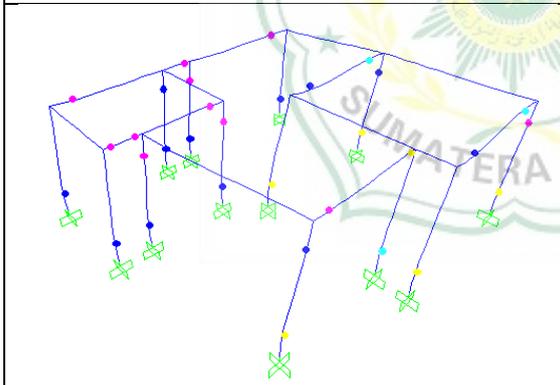
Step 9



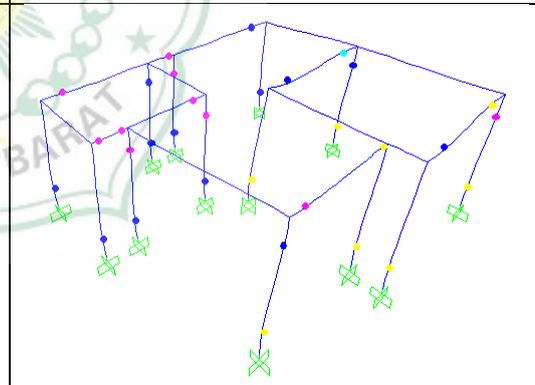
Step 10



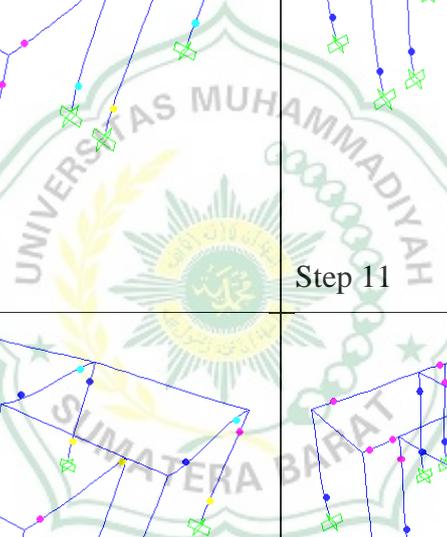
Step 11

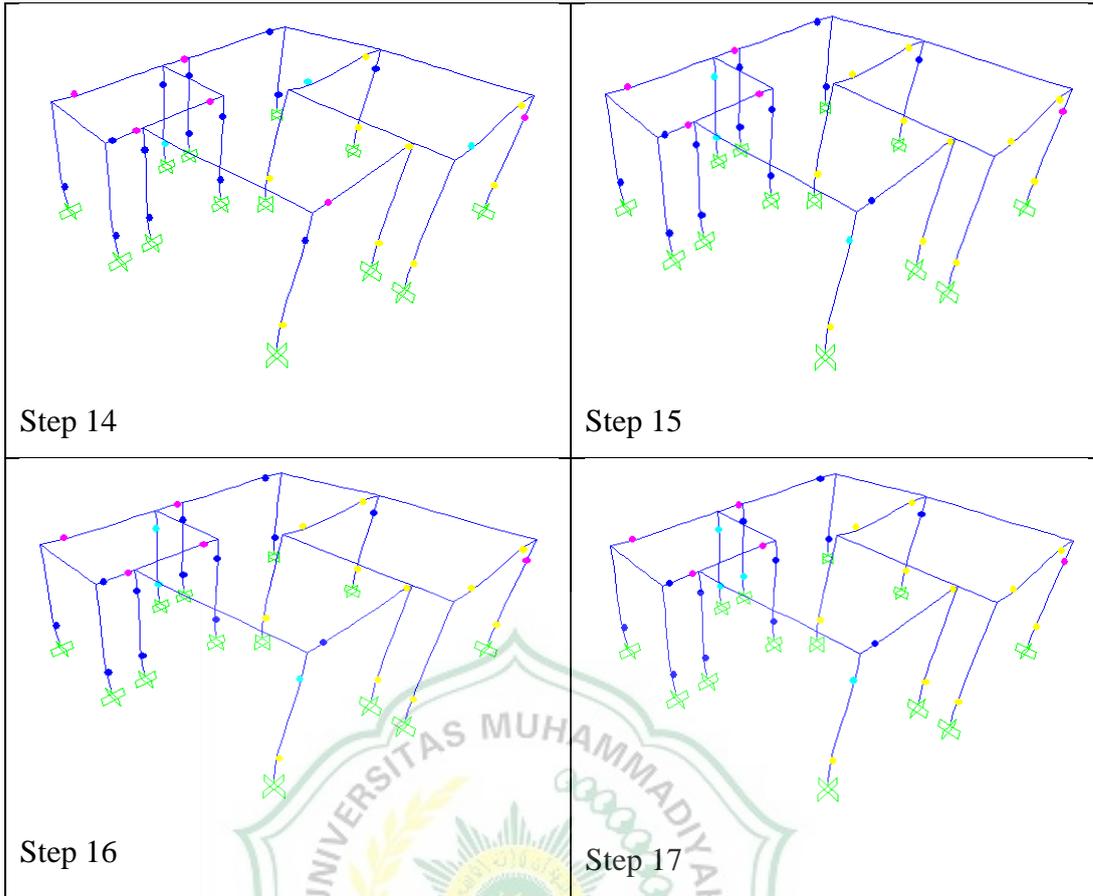


Step 12



Step 13

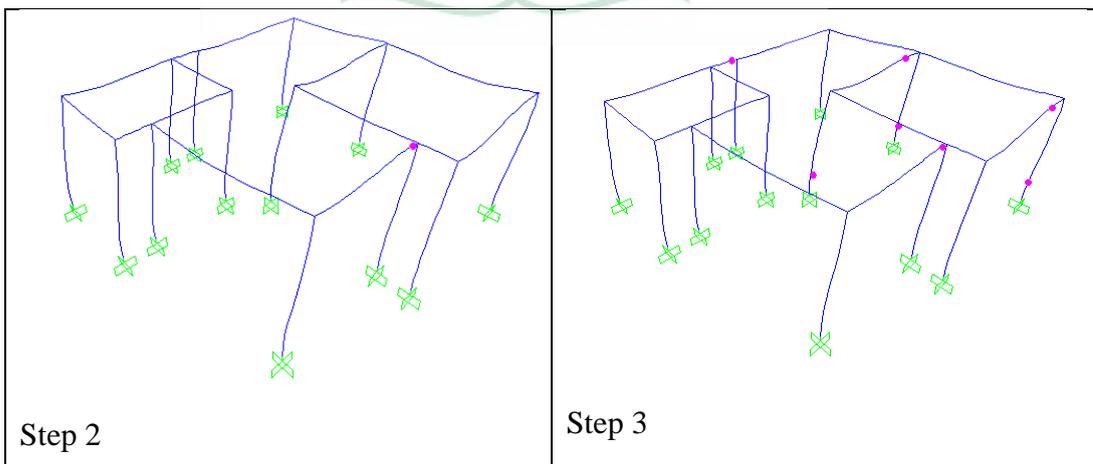


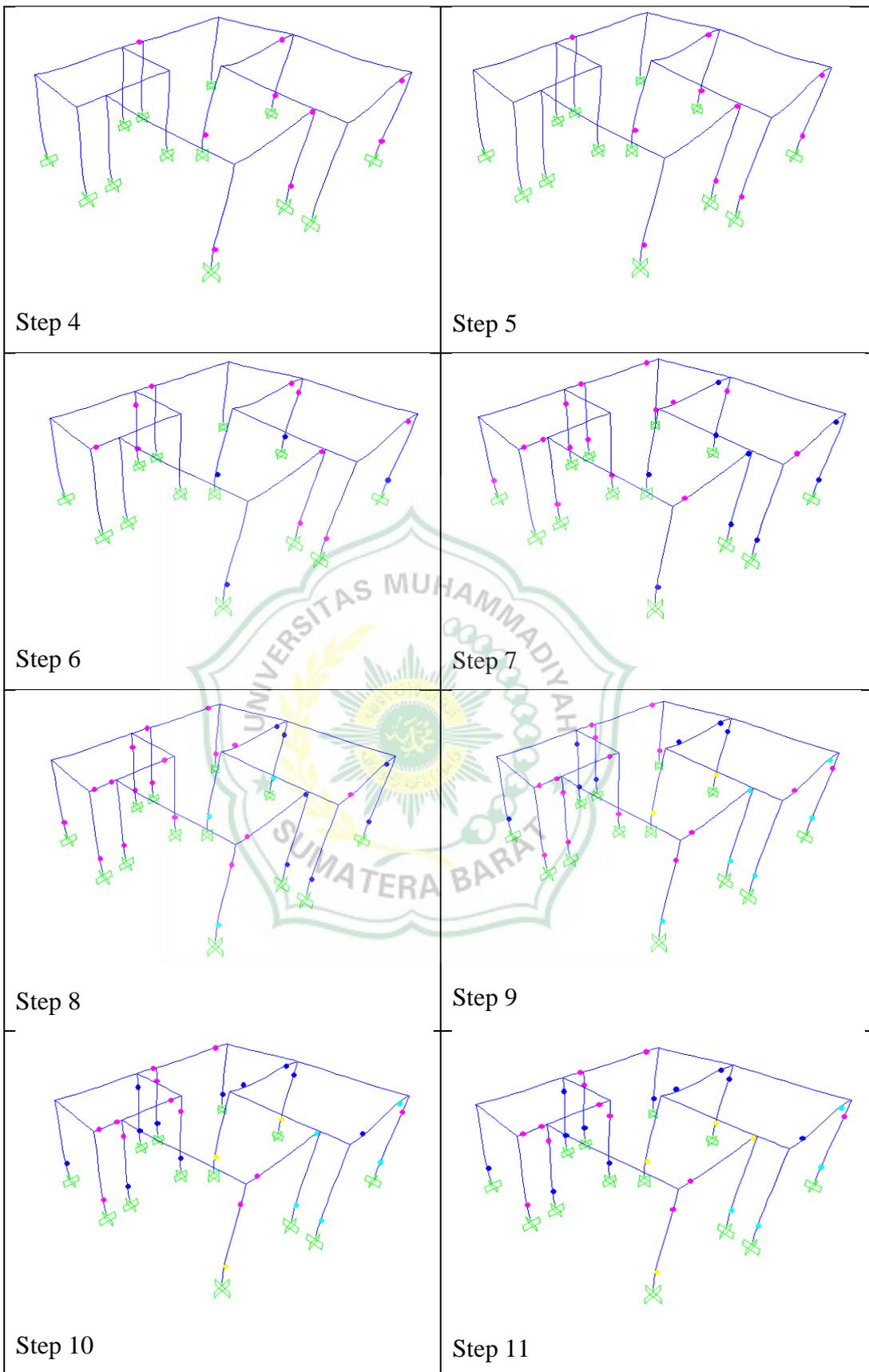


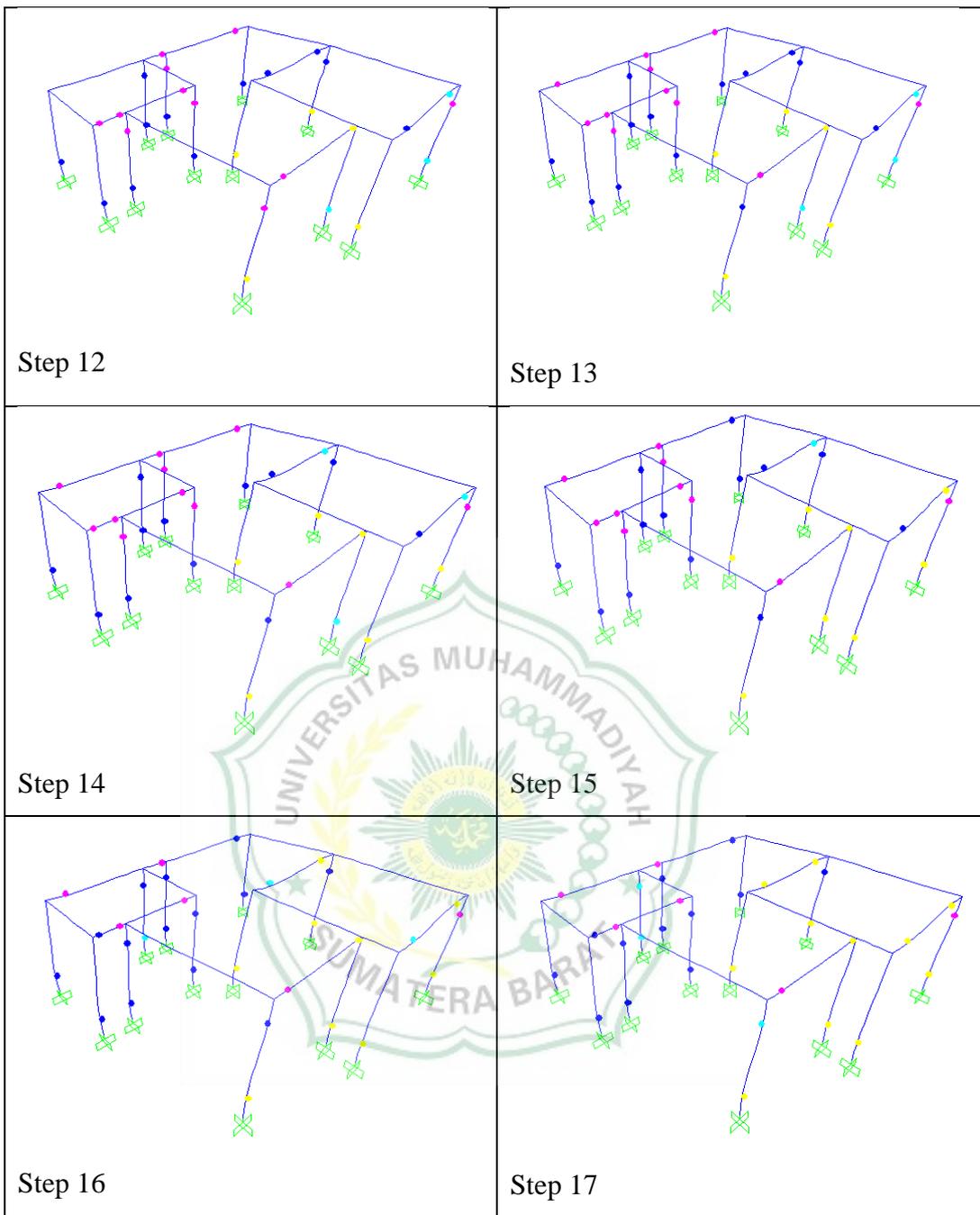
Gambar 4.8 Sendi Plastik Arah Y

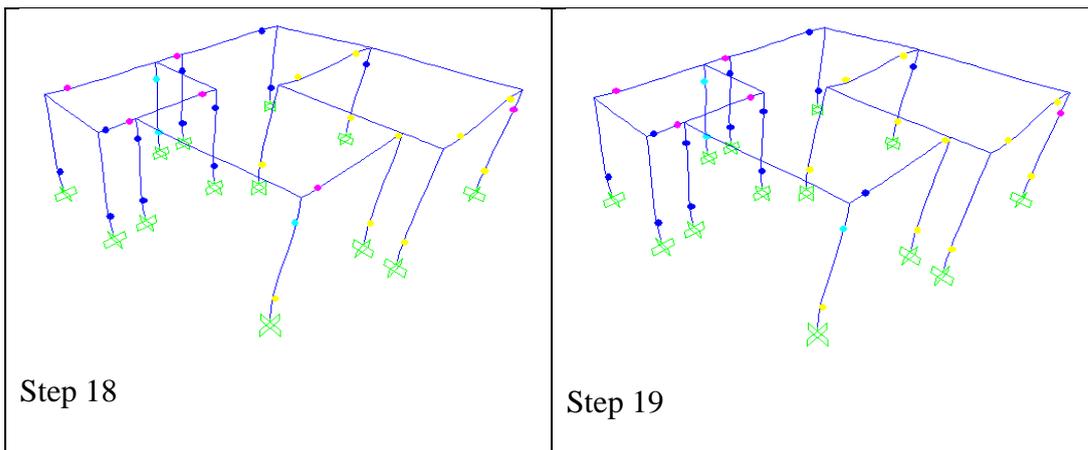
Sumber : Software SAP 2000

Dari fokus penghilangan teknik koefisien Fema 356 X Arah 6,65 cm, maka pada saat itu, mengingat nilai tabel selama relokasi adalah antara tahap 2 ke 19 dengan sendi plastik berada di wilayah *Life Safety*.









Gambar 4.9 Sandi Plastik Arah X

Sumber : Software SAP 2000



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari evaluasi bangunan rumah tinggal sederhana di Nagari Kajai, Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rumah tinggal sederhana yang diteliti masih tergolong **Aman** berdasarkan tabel 4.3 Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1, karena tidak melebihi nilai batas simpangan ijin maksimum.

Tabel 5.1 Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1

Kuat Tekan Beton (Mpa)	performance point (cm)				Simpangan Ijin Maksimum SNI-1726-2012 Pasal 7.12.1	Keterangan
	ATC-40		FEMA 356			
	Arah-X	Arah-Y	Arah-X	Arah-Y		
14.525	6.32	6.29	6.65	6.65	0,025H = 0,025 x 350 cm = 8,75 cm	Syarat $\delta_t < 8,75 \text{ cm} = \text{Aman}$ Syarat $\delta_t > 8,75 \text{ cm} = \text{Tidak Aman}$

2. Dari hasil evaluasi sandi platis, kerusakan dapat dikategorikan *Life Safety* maksudnya adalah komponen struktu utama tidak runtuh, bangun masih bisa digunakan apabila dilakukan perbaikan.
3. Akhir dari kesimpulan penelitian adalah kinerja struktur bangunan yang diteliti rawan terjadi keruntuhan jika di kemudian hari masih terjadi gempa.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam menganalisis kurva *Pushover*, dengan menggunakan program SAP 2000 diharapkan adanya pemahaman yang lebih tentang cara penggunaan program, untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dalam analisis.
2. Jika ada eksplorasi lebih lanjut pada tingkat presentasi struktur pribadi sederhana menggunakan pengujian statis nonlinier Pushover, lebih baik untuk lebih fokus pada perhitungan rumah serta komponen bagian dan poros di samping dukungan yang digunakan
3. Pada bagian dinding belakang disarankan agar menggunakan balok latei
4. Pada penelitian selanjutnya agar mengacu atau menggunakan peraturan SNI-1726-2019



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (2012). SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta, Indonesia.
- Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.4, April 2014 (191-200) ISSN: 2337-6732 Evaluasi Kemampuan Struktur Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa.
- Waworuntu, G. F., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. (2014). Evaluasi Kemampuan Struktur Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4).
- Albanesi, T., & Nuti, C. (2007). Analisi statica non lineare (pushover). *University La Sapienza in Rome Internal Report, Roma (Italy)*.
- Kusumaningrum, E. (2017). Evaluasi Kriteria Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa Bumi.
- Tamara, M. (2011). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(1).
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 11, 59-72.
- Pranata, Y. A. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440). *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 41-52.
- Suntoko, H. (2019). Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP2000. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 21(1), 1-7.
- Simanjuntak, P. (2020). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan-CENTECH*, 1(1), 44-53.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Bimbingan

Lampiran 2 Gambar Rumah Yang Diteliti





LAMPIRAN
KARTU BIMBINGAN



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. Dr. Poedjosoedarmo No. 1 Bukittinggi, (36131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
 Website: www.fi.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	: SEPRIKO ANTONI
NIM	: 18 1000 2222 01 130
Program Studi	: Teknik SIPIL
Pembimbing I	: Masril S.T. M.T
Pembimbing II	: Eleanora Bastian, S.T., M.T
Judul	: Evaluasi Kemampuan Rumah Tinggal di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Akibat Gempa Pasaman Barat.

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	16/22	Pustaka Paby, Analisis Struktur	[Signature]	
2.	6	Yang harus		
3.	23-22	Daftar isi, Daftar	[Signature]	
4.	6	Daftar isi, Daftar		
5.	26-22	Daftar isi, Daftar		
6.	6	Daftar isi, Daftar	[Signature]	
7.	1/22	Daftar isi, Daftar		
8.		Pustaka, Daftar isi, Daftar	[Signature]	
9.		Notasi, Lembar Pengesahan		
10.		Selamat, di lengkapi		

Catatan:
 1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
 2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

X
 ec Seminar

Mengetahui,
 Ketua Program Studi Teknik SIPIL...
 1/22

Heldy Yermadona S.Pd., MT
 NIDN. 1013048502

7-22
 7-22
 19/8-22



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. Bypass AurKuning No.1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Sepriko Antoni
NIM	:	181000222201130
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Masril S.T,M.T
Pembimbing II	:	Elfania Bastian S.T,M.T
Judul	:	Evaluasi Kemampuan Rumah Tinggal di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Akibat Gempa Pasaman Barat

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	27-06-22	Perbaiki Latar Belakang Rapiakan format penulisan Perbaiki diagram alir		
2.	30-06-22	Perbaiki bab 4		
3.	03-07-22	ACC diseminarkan		
4.	22-08-22	ACC untuk Kompre		
5.	31-08-22	ACC untuk di Jilid		
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Catatan:

1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftran seminar.
2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

The logo of Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat is a green shield-shaped emblem. It features a central sunburst with Arabic calligraphy, flanked by a yellow laurel wreath on the left and a green chain of beads on the right. The text "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH" is written in a semi-circle at the top, and "SUMATERA BARAT" is written in a semi-circle at the bottom.

LAMPIRAN
GAMBAR RUMAH YANG DITELITI



RUMAH TAMPAK DEPAN





**KONDISI RUMAH BAGIAN SAMPING
KANAN**



**KONDISI RUMAH BAGIAN SAMPING
KIRI**



**KONDISI RUMAH BAGIAN
BELAKANG**