

## **TUGAS AKHIR**

# **SIMULASI KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH TOKO DI KOTA PARAPAT AKIBAT SKENARIO TERBURUK GEMPA (Studi Kasus)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun oleh:**

**FARHAN  
1707210169**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Farhan

NPM : 1707210169

Program Studi : Teknik Sipil

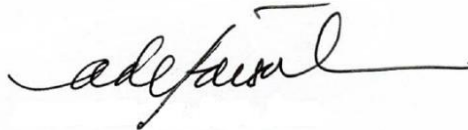
Judul Skripsi : Simulasi Kerusakan Bangunan Rumah Toko di Kota  
Parapat Akibat Skenario Terburuk Gempa (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 9 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Ade Faisal, ST, MSc, PhD

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Farhan

NPM : 1707210169

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Simulasi Kerusakan Bangunan Rumah Toko di Kota  
Parapat Akibat Skenario Terburuk Gempa (Studi Kasus).

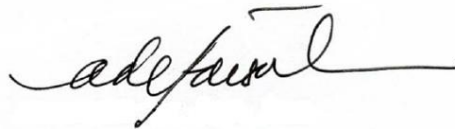
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 9 Februari 2022

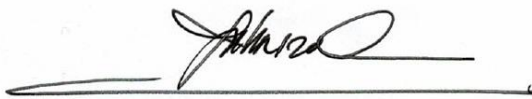
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ade Faisal, ST, MSc, PhD

Dosen Pembanding



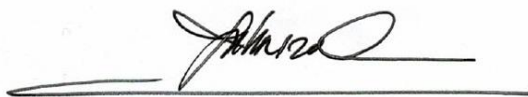
Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Penguji II



Sri Prafanti, ST, MT

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhan  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan /07 September 1998  
NPM : 1707210169  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:“Simulasi Kerusakan Bangunan Rumah Toko di Kota Parapat Akibat Skenario Terburuk Gempa (Studi Kasus).”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 9 Februari 2022  
Saya yang menyatakan,

  
Farhan

## ABSTRAK

### **SIMULASI KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH TOKO DI KOTA PARAPAT AKIBAT SKENARIO TERBURUK GEMPA (Studi Kasus)**

Farhan  
1707210169  
Ade Faisal, ST, MSc, PhD

Gempa bumi merupakan peristiwa atau fenomena alam yang tidak dapat diprediksi dan bisa terjadi kapan saja terjadi. Peristiwa gempa bumi disebabkan getaran pada bumi karena adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*). Skenario terburuk gempa adalah bahaya gempa dengan kekuatan maksimum yang mungkin akan dihadapi oleh suatu tempat, dan didefinisikan sebagai skenario gempa yang pernah dialami secara maksimal pada radius dekat. Mengetahui fakta di atas, dibutuhkan suatu upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan yang ditimbulkan akibat gempa bumi. Upaya untuk mengurangi dampak negatif pada kerusakan bangunan dengan mengoptimalkan rancangan bangunan ketahanan terhadap gempa, khususnya pada bangunan berlantai, salah satunya ruko (rumah toko). Ruko memiliki potensi resiko kerusakan yang cukup besar, karena minimnya sekat dari pasangan dinding dan banyaknya bukaan di dinding depan akan berpengaruh pada kekakuan struktur. Pada penelitian ini kota yang akan ditinjau adalah kota Parapat dengan gempa *Strike-Slip* dengan jarak *epicentral* di 35-45 km karena jarak dari kota Parapat ke Retakan Renun dengan magnitude 5.0-7.7.

Kata Kunci: Gempa *Stike-Slip*, Rumah Toko, Skenario Terburuk Gempa.

## ABSTRACT

### ***SIMULATION OF DAMAGE TO SHOP HOUSE BUILDING IN PARAPAT CITY DUE TO WORST EARTHQUAKE SCENARIO (Case Study)***

Farhan  
1707210169  
Ade Faisal, ST, MSc, PhD

*Earthquakes are events or natural phenomena that cannot be predicted and can occur at any time. Earthquakes are caused by vibrations in the earth due to a sudden slip in the earth's crust. The sudden shift occurs due to a source of force (force). The worst earthquake scenario is the earthquake hazard with the maximum strength that a place may encounter, and is defined as an earthquake scenario that has been experienced maximally at a close radius. Knowing the facts above, it takes an effort to minimize the damage to buildings caused by the earthquake. Efforts to reduce the negative impact on building damage by optimizing the design of earthquake-resistant buildings, especially in high-rise buildings, one of which is shop houses (shop houses). Shophouses have a large potential risk of damage, because the lack of insulation from the wall pairs and the large number of openings in the front wall will affect the rigidity of the structure. In this study, the city that will be reviewed is the city of Parapat with a Strike-Slip earthquake with a distance of epicentral at 35-45 km due to the distance from the city of Parapat to the Renun Rift with a magnitude of 5.0-7.7.*

*Keywords: Strike-Slip Earthquake , Parapat, Worst Earthquake Scenario.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Simulasi Kerusakan Bangunan Rumah Toko di Kota Parapat Akibat Skenario Terburuk Gempa (Studi Kasus)”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

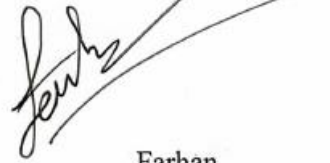
1. Bapak Ade Faisal, ST, MSc, PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc selaku Dosen Penguji I dan juga selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Sri Prafanti, ST, MT, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
6. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Benny Langen dan Ibunda Fauziah, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Adik penulis Firza Maulana dan Nayfa Aurelia Langen yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala rintangan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat dan kuat.
9. Terimakasih kepada sahabat Afifah Irhami, Nur Adzlina, M Rizky Prayoga, Fauda Arafah, Fahmi Arafah, Devita Sari, Nabila Afifah, Safira Kamelia Nasution, Kristina Delta Hutauruk, Prianda Ginting, Oliver Fernando Hutabarat, Destri Frisca Bangun, Jericho David Rentek, Meysi Enjelina Sembiring, Agnes Margareta Sembiring dan Mia Carina Frika Lingga yang selalu memberi semangat dan dukungan lebih kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Mhd tondi alfarizi, Okky Aditya Fahreza, Kevin Pratama, Al Hafiz, Brilian Sukarsyah, Mariadly Rizky Abdillah, Taufiqurrahman Mg, Bobby maulana, Lisa Handayani Sihotang, Dea Melani, Adjudira Novani, Ayu Wulandari, Nurul Wahida siregar, Dwi Ambar Kartika Ratrei, dan Ilma Novanda yang telah sama- sama saling memberi dukungan dan motivasi, saling membantu dan mengarahkan ketika penulis melakukan kekeliruan serta ketika penulis mendapatkan kesulitan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk semua pengalaman dan kebahagiaan yang telah dibagikan
11. Terimakasih kepada kelas D1 pagi khususnya kepada Mhd Fajar Nugroho, Adrian Perdana Lasara, Ihya Ulmi Fathrayyan, Hasan Raja Nasution, Ridho Juliandika, Syafrizal Kelana, Eka Ananda Ambiyogi, dan Alpi Sahrin Siregar yang telah banyak memberi dukungan dan semangat kepada penulis
12. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.
13. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.



Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 9 Februari 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Farhan', with a long, sweeping flourish extending upwards and to the right.

Farhan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Gempa Bumi	6
2.3. Skenario Terburuk Gempa	8
2.4. <i>Soft Story</i>	9
2.5. <i>Ground Motion</i>	10
2.6. Respon Spektrum	10
2.7. Struktur Tahan Gempa	11
2.8. Struktur Beton Bertulang	12
2.9. Struktur Bangunan	13
2.10. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	13
2.11. Sistem Rangka Pemikul Momen	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	16

3.1. Umum	16
3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko	17
3.3. Analisa Struktur	24
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier	35
4.2 Hasil Analisa Ragam	35
4.3 Hasil Analisa Non Linier	39
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	<b>61</b>
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>65</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Karakter Segmen Sesar di Zona Subduksi Sumatera.	7
Tabel 3.1: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 1	18
Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2	19
Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.	20
Tabel 3.4: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 4.	22
Tabel 3.5: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 5.	23
Tabel 3.6: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	27
Tabel 3.7: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.	27
Tabel 3.8: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$ , $S_{Ds} = 0.707306184$ .	28
Tabel 3.9: Rekaman getaran gempa <i>Strike-Slip</i> dari PEER NGA.	31
Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt.	36
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat .	37
Tabel 4.3: Nilai atap ( <i>top displacement</i> ) arah x untuk setiap model.	45
Tabel 4.4: Nilai atap ( <i>top displacement</i> ) arah y untuk setiap model.	45
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 1.	46
Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 2.	49
Tabel 4.7: Pola Keruntuhan untuk Model 3.	52
Tabel 4.8: Pola Keruntuhan untuk Model 4.	55
Tabel 4.9: Pola Keruntuhan untuk Model 5.	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1:	Lempengan-lempengan litosfir.	1
Gambar 2.1:	Peta Sejarah Gempa Maksimum, laju pergeseran per tahun dan Panjang segmen sesar di kawasan Sumatera.	7
Gambar 2.2:	Keadaan tektonik dan rangkuman gempa Sumatera.	8
Gambar 2.3:	(a) Bangunan tanpa <i>Soft Story</i> ; (b) <i>Soft Story</i> lantai; (c) <i>Soft Story</i> pada lantai di atasnya.	9
Gambar 2.4:	Respons spektra 21 rekaman <i>ground motion</i> dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$	10
Gambar 2.5:	Respon spektrum tanah sedang di kota Medan hasil simulasi skenario terburuk.	11
Gambar 2.6:	Gambaran umum <i>layout</i> dan <i>section prototipe</i> bangunan yang ideal.	13
Gambar 2.7:	Histeresis di sendi plastis yang stabil.	15
Gambar 3.1:	Bagan alur penelitian.	16
Gambar 3.2:	Pemodelan struktur model 1	18
Gambar 3.3:	Lokasi model 1.	18
Gambar 3.4:	Pemodelan struktur model 2	19
Gambar 3.5:	Lokasi model 2.	20
Gambar 3.6:	Pemodelan struktur model 3.	21
Gambar 3.7:	Lokasi model 3.	21
Gambar 3.8:	Pemodelan struktur model 4.	22
Gambar 3.9:	Lokasi model 4.	23
Gambar 3.10:	Pemodelan struktur model 5.	24
Gambar 3.11:	Lokasi model 5.	24
Gambar 3.12:	Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	26
Gambar 3.13:	Gambar jarak kota Parapat ke Retakan Renun	30
Gambar 3.14:	a) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah X, b) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah Y	32
Gambar 3.15:	a) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum, b) Rekaman gempa Strike - Slip Northern Calif-01 arah Y yang telah diubah menjadi respon spektrum	33

Gambar 3.16:	a) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa arah X,	
	b) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa arah arah Y	34
Gambar 4.1:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 1.	40
Gambar 4.2:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 1.	40
Gambar 4.3:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 2.	41
Gambar 4.4:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 2.	41
Gambar 4.5:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 3.	42
Gambar 4.6:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 3.	42
Gambar 4.7:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 4.	43
Gambar 4.8:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 4.	43
Gambar 4.9:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 5.	44
Gambar 4.10:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 5.	44

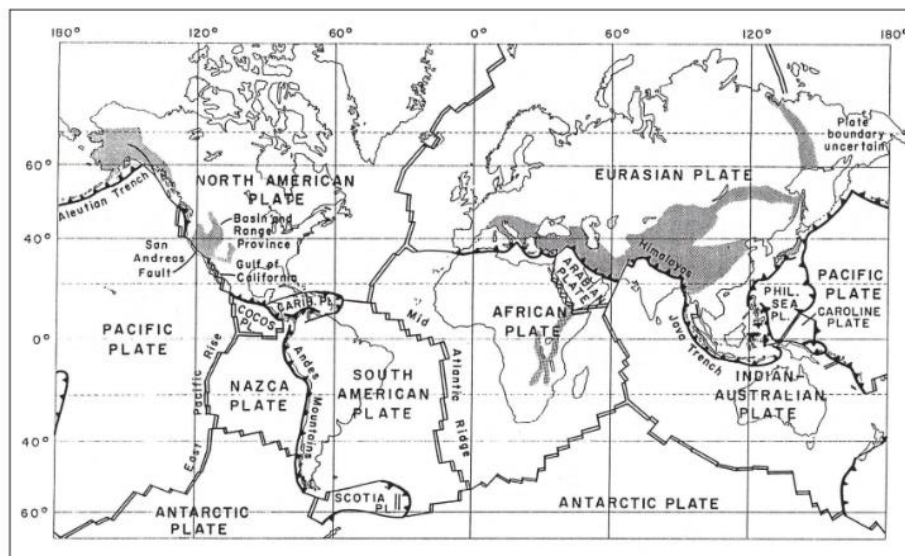
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gempa bumi merupakan peristiwa atau fenomena alam yang tidak dapat diprediksi dan bisa terjadi kapan saja terjadi. Peristiwa gempa bumi disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastisitas batuan pada litosfer semakin besar energi yang dilepas maka semakin kuat gempa yang terjadi. Peristiwa gempa bumi terjadi hampir di seluruh belahan dunia termasuk di Indonesia.

Indonesia adalah negara rawan gempa menurut BMKG dari mulai tanggal 1 November 2020 sampai 20 Januari 2021 untuk gempa magnitudo di atas 5 ( $M \geq 5.0$ ) telah tercatat 60 gempa bumi. (BMKG, 2021). Secara geografis Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempengan tektonik utama dunia yaitu lempengan Australia, lempengan Eurasia, dan lempengan Pasifik. Lempengan Australia dan lempengan Eurasia pada bagian pantai barat Sumatera, pantai Selatan Jawa (dikenal sebagai kawasan Busur Sunda atau *Sunda Arc*), dan terus melintas Nusa Tenggara Timur dan kepulauan Maluku. Lempengan Pasifik di bagian Timur kepulauan Maluku dan bagian utara daerah kepala burung papua. Di bagian terakhir adalah kawasan pusat pertemuan tiga lempengan tektonik utama dunia.



Gambar 1.1: Lempengan-lempengan litosfir.

Getaran pada bumi terjadi karena adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*), baik yang bersumber dari alam maupun dari batuan manusia (*artificial earthquakes*). Besar guncangan atau getaran gempa bumi beragam dari yang sangat kecil sehingga sulit untuk dirasakan sampai gempa bumi yang sangat dahsyat yang mampu menimbulkan korban jiwa.

Selain mengakibatkan jatuhnya korban jiwa, gempa bumi juga menyebabkan kerusakan infrastruktur fisik di mana kerusakan unit bangunan menjadi paling dominan. Angka kerusakan bangunan akibat gempa bumi yang pernah tercatat diketahui terjadi di kota Banda Aceh tahun 2004 dengan angka kerusakan total bangunan sampai 35 persen dari keseluruhan.

Mengetahui fakta di atas, dibutuhkan suatu upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan yang ditimbulkan akibat gempa bumi. Upaya untuk mengurangi dampak negatif pada kerusakan bangunan dengan mengoptimalkan rancangan bangunan ketahanan terhadap gempa, khususnya pada bangunan berlantai, salah satunya ruko (rumah toko). Rumah toko belakangan ini sedang populer dijual dan dipasarkan oleh para pengembang properti dikarenakan investasinya yang lebih menguntungkan dibanding properti lainya karena disewakan atau dipakai usaha.

Ruko memiliki potensi resiko kerusakan yang cukup besar, karena minimnya sekat dari pasangan dinding dan banyaknya bukaan di dinding depan akan berpengaruh pada kekakuan struktur, lalu diperparah juga dengan desain struktur yang salah atau tidak sesuai standart yang ada. Dalam memanfaatkan lahan yang ada, para pengembang *developer* atau mandor tentunya ingin membangun dan menjual ruko dengan sebanyak mungkin. Jika lahannya terbatas ruko akan dibuat per blok misalnya seperti berbentuk persegi, persegi panjang atau lurus memanjang.

Dari peristiwa-peristiwa gempa bumi di atas telah menyadarkan kita bahwa Indonesia merupakan daerah rawan gempa. Untuk menjamin keselamatan penghuninya dan mengurangi kerusakan bangunan diperlukan suatu analisis baik pada perencanaan bangunan baru. Salah satunya dengan melakukan simulasi



kerusakan rumah toko akibat skenario terburuk gempa dan akan dilakukan di kota Parapat tempat wisata masyarakat kota Medan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi struktur rumah toko yang ada di Kota Parapat dengan menahan gempa dari skenario terburuk?

## **1.3. Ruang Lingkup**

Adapun batasan-batasan masalah yang ditetapkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
  - a. Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen (SRPM) 3 Dimensi di antaranya Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), pada rumah toko yang terdiri dari 2-3 lantai yang difungsikan sebagai tempat usaha, tempat tinggal atau perkantoran yang terdapat di daerah Parapat.
  - b. Struktur rumah toko dengan dimensi kolom, balok, dan dinding serta penulangan yang hanya dianalisa terhadap struktur bangunan akan skenario terburuk gempa.
2. Perencanaan struktur beton bertulang, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
  - a. Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan Gedung SNI 2847:2019.
  - b. Spesifikasi baja tulangan betonn berdasarkan SNI 2052:2017.
  - c. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung berdasarkan SNI 1727:2013.
  - d. Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.

3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
  - a. Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Respon Spektrum *Linier*).
  - b. PEER *Ground Motion Database*, dan PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
  - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi Respon Spektrum.
  - d. MATLAB, untuk menskalakan *groundmotion*.
  - e. RUAUMOKO3D, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu *Non Linier*) yang hanya ditinjau secara 3 dimensi.
4. Parameter yang ditinjau:
  - a. *Linier* adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2019
  - b. *Non linier*:
    - Simpangan antar tingkat
    - Simpangan atap

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui struktur rumah toko yang ada di kota Parapat mampu menahan gempa dari skenario terburuk.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah ilmu pengetahuan di bidang Teknik sipil. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan atau alternatif dalam memilih metode perkuatan.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan pada proposal penelitian atau tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang direncanakan dan diharapkan dapat menjelaskan perihal topik pembahasan, yaitu:

## BAB 1 PENDAHULUAN

Didalam bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori tentang gempa bumi, struktur rumah toko, dan konsep perencanaan struktur rumah toko yang tahan terhadap skenario terburuk gempa bumi.

## BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dan sampai memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai perhitungan, analisis pemodelan bentuk Gambar, grafik atau Tabel serta pembahasan.

## BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diterima penulis agar lebih baik lagi ke depannya

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Pada bab ini akan dibahas tentang mengenai teori-teori dasar dan syarat-syarat atau ketentuan yang berhubung dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur beton bertulangan, teori gempa, sistem struktur penahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini.

#### **2.2. Gempa Bumi**

Menurut Dito Putro Utomo dan Bister Purba (2019) Gempa bumi merupakan sebuah peristiwa berguncangnya bumi dikarenakan pergerakan/pergeseran lapisan batuan yang berada di kulit bumi yang tiba-tiba dikarenakan pergerakan lempengan tektonik. Gempa bumi diakibatkan aktivitas dari pergerakan lempeng tektonik dapat disebut dengan gempa bumi tektonik. Gempa bumi adalah peristiwa yang bersifat ilmiah yang tidak diketahui kapan bencana ini terjadi.

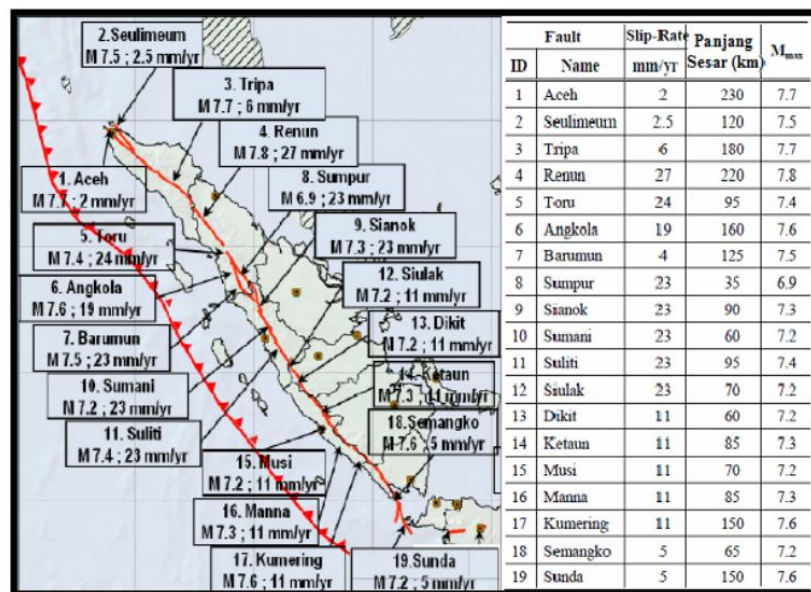
Data karakter sesar subduksi Sumatera dan gempa-gempa besar yang pernah terjadi dibuat Tabel 2.1. Sesar mendatar aktif ini terjadi sepanjang pulau Sumatera pada sumbu Utara-Selatan (*latitude*), yaitu pada lintasan Bukit Barisan (panjangnya ~ 1900 km), kawasan antar muka (*face*) subduksi berada pada kedalaman kurang lebih 100-175 km di bawah sesar aktif Sumatera. Sesar ini dibagi menjadi 19 segmen oleh Sieh dan Natawidjaja (2000) di mana 12 segmen adalah segmen sesar aktif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Laju pergeseran (*slip-rate*) yang dimiliki sesar ini berkisar 27 mm/tahun di bagian Utara dan 11 mm/tahun dibagian Selatan, sedangkan secara rata-rata laju pergeseran di sepanjang sesar hamper sama yaitu sebesar 25 mm/tahun.

Menurut Faisal, tahun 2003 Gempa Besar tercatat terjadi 27 tahun sekali secara rata-rata (Armisyah et al., 2018). Gempa-gempa menengah sampai terkuat

kebanyakan bersumber dari kawasan Sumatera. Di Sumatera Utara, ada dua sesar yang menjadi sumber utama gempa tektonik yaitu sesar geser mendatar (*strike-slip*) Sumatera, di sepanjang jalur pegunungan Bukit Barisan, dan sesar lipatan (*subduction*) Sumatera di dasar lautan Hindia lepas pantai barat Sumatera (Soetardjo dkk., 1985; Tondi dkk., 2018).

Tabel 2.1: Karakter Segmen Sesar di Zona Subduksi Sumatera.

Segmen Sesar	Panjang (km)	Dip (o)	Kedalaman Down-dip (km)	Pergeseran Rata-rata (m)	Konvergensi Rata-rata (mm/thn)	Interval Kemunculan (tahun)	Gempa Bersejarah
Aceh-Andaman	1500	12-17	30	15-25	14-34	> 500	2004 (Mw 9.15), 1881 (Mw.), 1941 (Mw.)
Nias-Simeuleu	400	12-15	35	8-12	40	200-360	1861 (M 8.5), 1907 (7.8), 2005 (Mw 8.7)
Batu Mentawai	65	12	30	3	15-20	150-200	1935 (Mw 7.7)
	670	12	35-50	12	40	200-300	1833 (Mw 8.9-9.0), 1797 (Mw. 8.4-8.7)



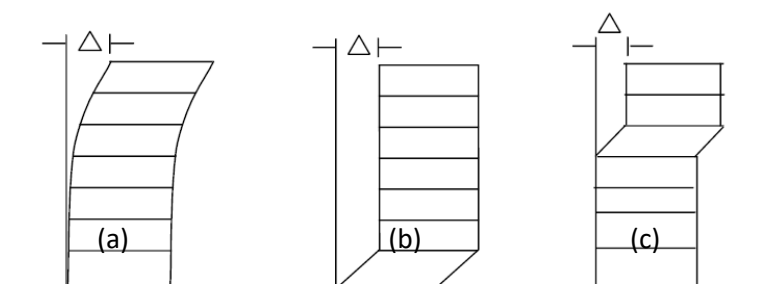
Gambar 2.1: Peta Sejarah Gempa Maksimum, laju pergeseran per tahun dan Panjang segmen sesar di kawasan Sumatera.



## 2.4. *Soft Story*

Menurut Tamara (2011), *Soft Story* adalah pemanfaatan ruang pada bangunan bertingkat banyak khususnya pada lantai pertama biasanya membutuhkan ruang (*Space*) yang luas (tanpa sekat dinding) dan langit-langit yang cukup tinggi, seperti ruang rapat, aula, lobi, tempat parkir, dan lain-lainnya. Tanpa disadari hal ini dapat menyebabkan terjadinya perlemahan pada struktur secara keseluruhan karena adanya lantai pertama dan yang lain.

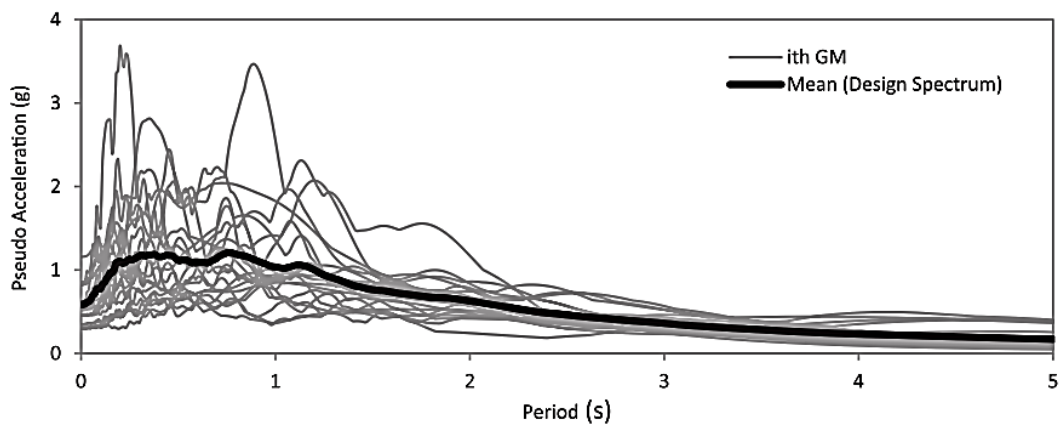
Dinding bata pada suatu tingkat bangunan akan menambah kekakuan *lateral* tingkat tersebut. Dalam tahap disain, kemampuan dinding bata menahan gaya *lateral* tidak ikut diperhitungkan. Jika suatu tingkat tertentu tidak dipasang dinding bata, maka kekakuan *lateral* tingkat tersebut akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan tingkat lainnya yang dipasang dinding bata. Apabila terjadi gempa kuat maka tingkat tersebut akan terlebih dahulu mengalami kerusakan, karena kedua ujung kolomnya akan berperilaku sendi plastis (*plastic joints*). Dengan adanya sendi plastis, maka ujung kolom dapat berputar relatif, sehingga pada kolom akan terjadi sedikit kemiringan. Jika gempa masih berlanjut maka kemiringan akan semakin besar dan akan berakibat terjadinya keruntuhan pada tingkat tersebut. Kondisi ini akan memicu keruntuhan di atasnya yang pada akhirnya akan terjadi keruntuhan total. Keruntuhan kolom merupakan sesuatu yang fatal dan seharusnya tidak boleh terjadi.



Gambar 2.3: (a) Bangunan tanpa *Soft Story*; (b) *Soft Story* lantai; (c) *Soft Story* pada lantai di atasnya (Tamara, 2011).

## 2.5. Ground Motion

Gerakan tanah atau sebutan umumnya adalah *ground motion* kadang-kadang juga disebut *strong motions*, untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa dari pada respon-respon tanah yang lain. Selain percepatan tanah (*ground acceleration*), maka kecepatan gerakan (*ground velocity*) dan simpangan tanah (*ground displacement*) (Pawirodikromo, 2012). Gambar 2.4 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motion* serta respons spektrum desain rata-rata.

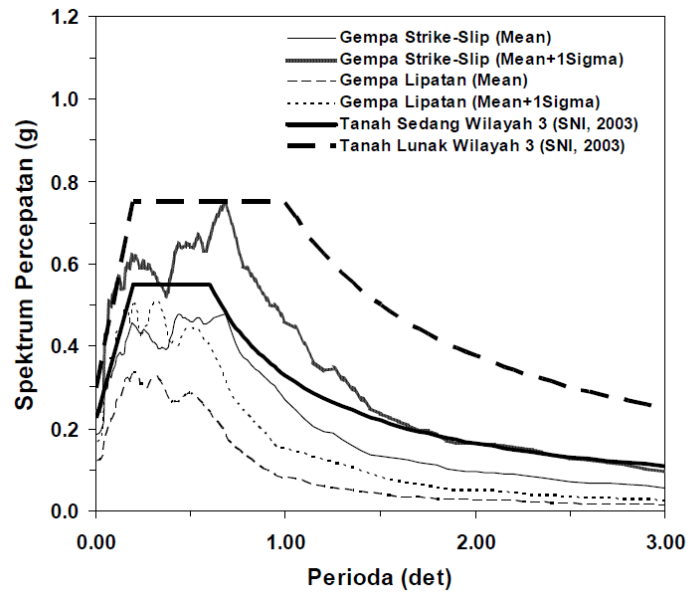


Gambar 2.4: Respons spektra 21 rekaman *ground motion* dan rata-rata respons spektrum desain dengan  $\zeta = 5\%$  (Shakeri dkk, 2018).

## 2.6. Respon Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur  $T$ , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu.





Gambar 2.5: Respon spektrum tanah sedang di kota Medan hasil simulasi skenario terburuk (Faisal, 2007).

## 2.7. Struktur Tahan Gempa

Suatu bangunan yang baik pada daerah yang terletak berdekatan dengan daerah pertemuan lempengan benua seperti di Indonesia hendaknya didesain terhadap kemungkinan beban gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang yang waktunya tidak dapat diketahui secara pasti. Berikut yang termasuk bangunan tahan gempa adalah:

1. Apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah dan sebagainya) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan lainnya).
2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik 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.

Sulit untuk menghindari kerusakan bangunan akibat gempa, bila digunakan perencanaan konvensional, karena hanya bergantung pada kekuatan komponen struktur itu sendiri, serta perilaku respon pasca elastisnya. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan desain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan saat terjadi gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat.

Sesuai dengan SNI 1726 :2019, perencanaan tahan gempa bertujuan agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

## **2.8. Struktur Beton Bertulang**

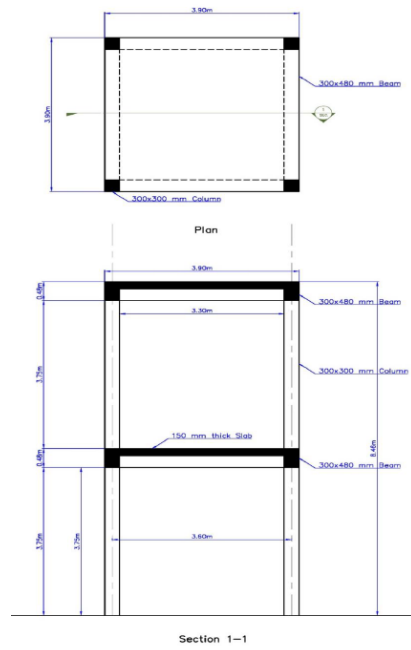
Dalam beberapa tahun terakhir, metode lanjutan dari dinamika struktural menunjukkan bahwa lebih banyak pekerjaan baik dalam kebutuhan eksperimental dan teoritis yang harus dilakukan untuk mengembangkan pemahaman yang tepat tentang perilaku bangunan yang tidak elastis di bawah beban dinamis. Sifat respons inelastis dalam sistem struktur dapat berubah secara signifikan di bawah pembebanan dinamis sedang hingga berat. Keruntuhan atau kerusakan sebagian dan seluruhnya dari bangunan beton bertulang di bawah pembebanan seismik telah menunjukkan kebutuhan untuk merancang members struktural, seperti balok, kolom, dll., untuk dapat menahan sifat kompleks dari eksitasi seismik.

Analisis dinamik *nonlinier* dari struktur beton bertulang memerlukan dua jenis pemodelan matematis. Yang pertama adalah untuk distribusi kekakuan di sepanjang

*member* beton bertulang, dan yang lainnya adalah hubungan deformasi gaya di bawah pembalikan tegangan (K. Mahmoud dkk., 2018).

## 2.9. Struktur Bangunan

Menurut K. Mahmoud (2018), Gedung perkantoran dirancang untuk beban mati tumpangan 2 kPa dan beban hidup 2,4 kPa. Kombinasi beban gravitasi 1,4 *DL* + 1,7 *LL* (ASCE / SEI 7-10 2010) adalah satu-satunya pembebanan desain yang digunakan untuk mencapai tegangan paling merugikan pada anggota struktur. Ini adalah struktur rangka penahan momen yang terdiri dari satu *bay* yang memiliki jarak 3,6 m c/c di kedua arah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Semua kolom berukuran 300mm × 300mm, dan semua balok berukuran 300mm × 480mm.



Gambar 2.6: Gambaran umum *layout* dan *section prototipe* bangunan yang ideal (K. Mahmoud dkk, 2018).

## 2.10. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Beban kerja pada struktur atau komponen struktur ditetapkan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku. Berdasarkan PPPURG (1987), beban pada struktur atau komponen struktur dikelompokkan menjadi 5 jenis beban, yaitu:

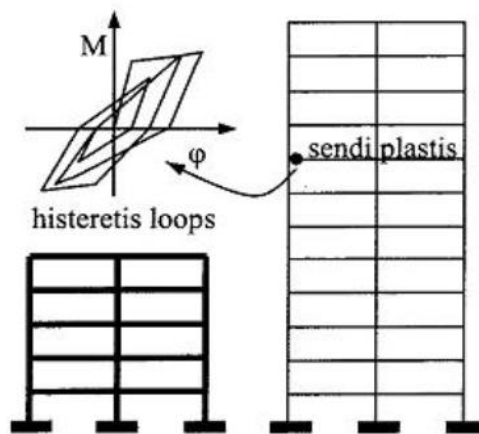
1. Beban mati, yaitu berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu seperti pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai/atap, plafon, dan sebagainya.
2. Beban hidup, yaitu semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.
3. Beban angin, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa, yaitu semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.
5. Beban khusus, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

### **2.11. Sistem Rangka Pemikul Momen**

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah salah satu sistem struktur utama dalam menahan gaya-gaya *lateral*, baik itu gaya *lateral* akibat gempa maupun angin. SRPM ini dikenal cukup baik dalam memberikan sistem yang daktail namun sayangnya kurang baik dalam memberikan kekuatan *lateral*, khususnya untuk bangunan-bangunan yang tinggi. Umumnya SRPM cukup efektif dipakai sampai < 25 tingkat.

Menurut Pawirodikromo (2012), penggunaan SRPM untuk bangunan bertingkat akan mempunyai kelebihan dan kelemahan. Beberapa kelebihan dan kekurangannya di antaranya:

1. Apabila didesain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan *hysteresis loops* di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar 2.3 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar  $T$  yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



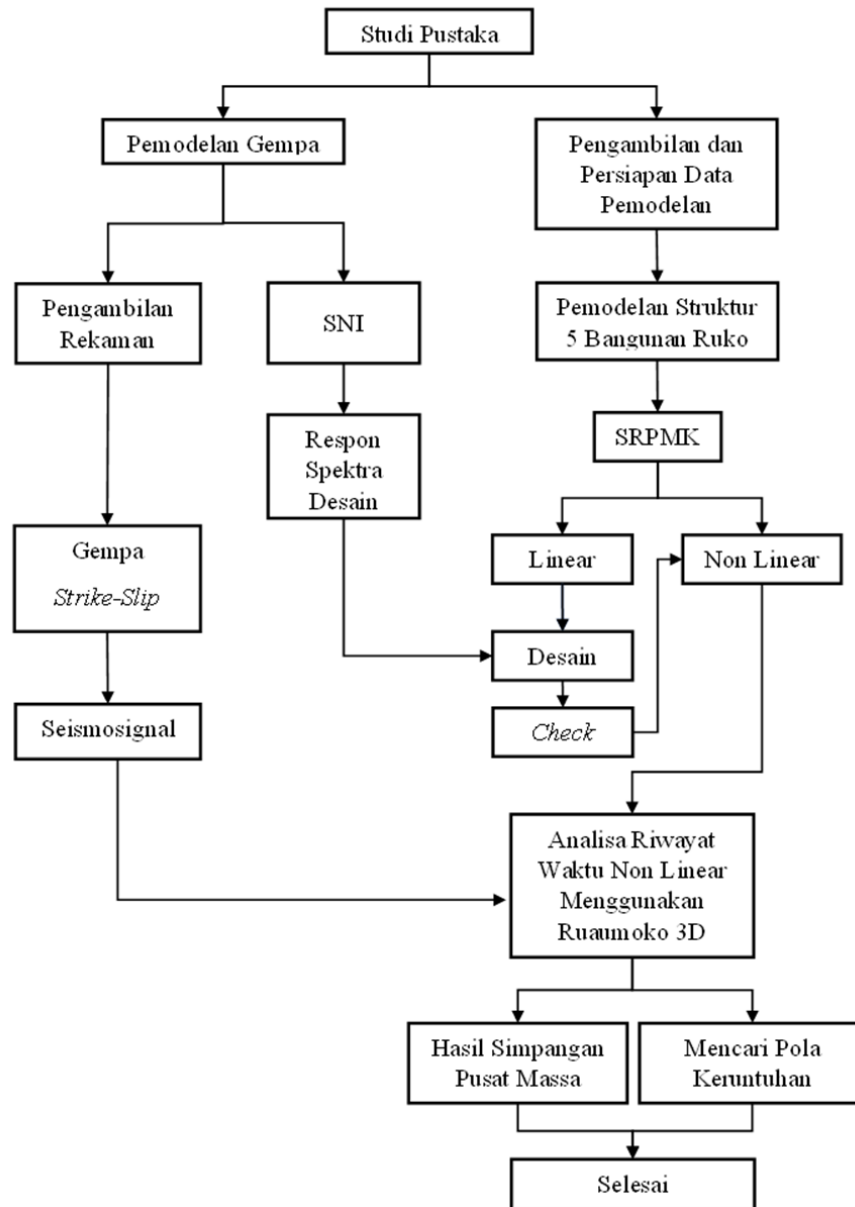
Gambar 2.7: Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012).

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan 2 *software* bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO3D. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alur penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini menganalisis terhadap 5 model, setiap model memiliki 3 sistem rangka pemikul momen yaitu sistem rangka pemikul momen khusus, sistem rangka pemikul momen menengah, dan sistem rangka pemikul momen biasa. Kelima model bangunan rumah toko tersebut dianalisis secara *Linier* dan *Non-Linier* dengan menggunakan Metode Analisa Respon Spektrum dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *Software* RUAMOKO3D, untuk didapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan Skenario Terburuk Gempa. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

### **3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko**

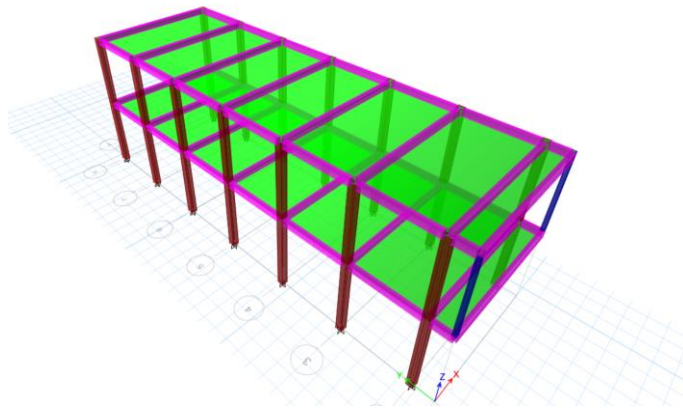
Data perencanaan struktur Rumah Toko (Ruko) yang digunakan pada kelima model dalam Program Analisa Struktur, ialah:

#### **1. Model 1**

- Rumah Toko model 1 pintu.
- Ukuran rumah toko 21 m x 7 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Perapat.
- Kekuatan beton diambil untuk kolom dan balok sebesar  $f_c' = 27,48$
- Uji Tarik tulangan baja diperoleh kuat Tarik rata-rata adalah  $f_y = 342,99$  dan kuat putus rata-rata adalah  $f_u = 479,7$ .
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur bangunan adalah beton bertulang.

Tabel 3.1: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 1.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	4 m	-	30 x 30	-	Utama = D12 Senggang = D8
Lantai 2	3,85 m	30 x 30	30 x 30	Utama = D12 Senggang = D8	Utama = D12 Senggang = D8



Gambar 3.2: Pemodelan struktur model 1.



Gambar 3.3: Lokasi model 1.

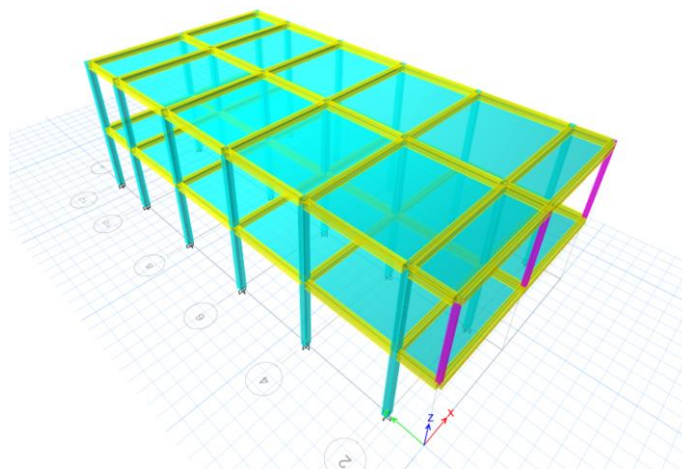


## 2. Model 2

- Rumah Toko model 2 pintu.
- Ukuran rumah toko 5 m x 18,21 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Kekuatan beton diambil untuk kolom dan balok sebesar  $f_c' = 27,48$ ,
- Uji Tarik tulangan baja diperoleh kuat Tarik rata-rata adalah  $f_y = 342,99$  dan kuat putus rata-rata adalah  $f_u = 479,7$ .
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.

Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	3,5 m	-	25 x 25	-	Utama = D12 Sengkang = D8
Lantai 2	3,5 m	20 x 30	25 x 25	Utama = D12 Sengkang = D8	Utama = D12 Sengkang = D8



Gambar 3.4: Pemodelan struktur model 2.



Gambar 3.5: Lokasi model 2.

### 3. Model 3

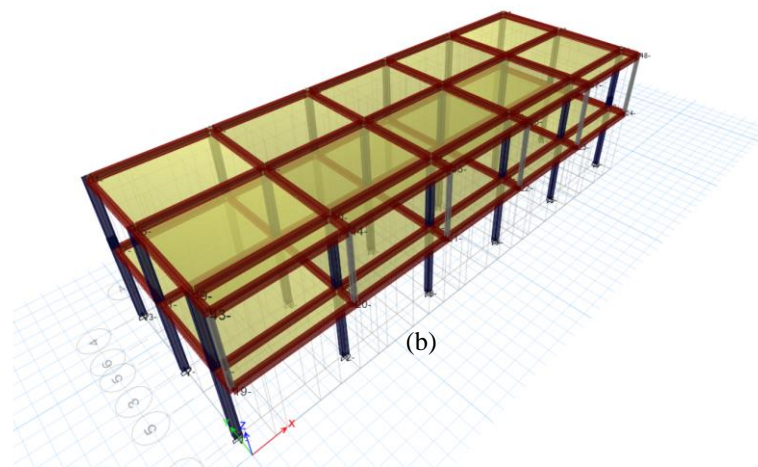
- Rumah Toko model 5 pintu.
- Ukuran rumah toko 9 m x 5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Kekuatan beton diambil untuk kolom dan balok sebesar  $f_c' = 27,48$ ,
- Uji Tarik tulangan baja diperoleh kuat Tarik rata-rata adalah  $f_y = 342,99$  dan kuat putus rata-rata adalah  $f_u = 479,7$ .
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.

Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	4 m	-	30 x 20	-	Utama = D12 Senggang = D8

Tabel 3.3: Lanjutan.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai 2	3,5 m	20 x 30	30 x 20	Utama = D12 Senggang = D8	Utama = D12 Senggang = D8



Gambar 3.6: Pemodelan struktur model 3.



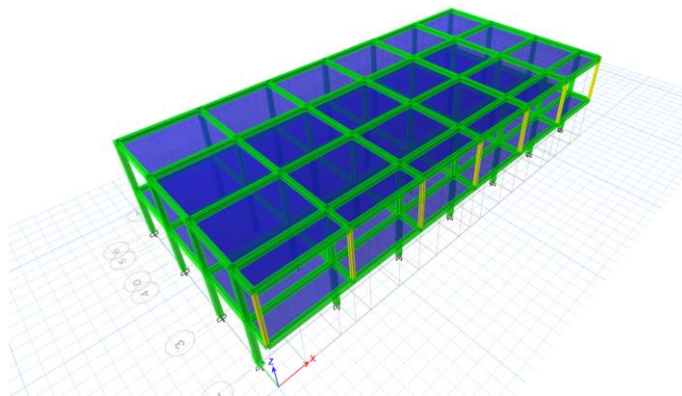
Gambar 3.7: Lokasi model 3.

#### 4. Model 4

- Rumah Toko model 6 pintu.
- Ukuran rumah toko 14,5 m x 4,5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Kekuatan beton diambil untuk kolom dan balok sebesar  $f_c' = 27,48$ ,
- Uji Tarik tulangan baja diperoleh kuat Tarik rata-rata adalah  $f_y = 342,99$  dan kuat putus rata-rata adalah  $f_u = 479,7$ .
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.

Tabel 3.4: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 4.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	3,29 m	-	25 x 25	-	Utama = D12 Senggang = D8
Lantai 2	3,29 m	30 x 30	25 x 25	Utama = D12 Senggang = D8	Utama = D12 Senggang = D8



Gambar 3.8: Pemodelan struktur model 4.



Gambar 3.9: Lokasi model 4.

#### 5. Model 5

- Rumah Toko model 7 pintu.
- Ukuran rumah toko 12 m x 4,5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Kekuatan beton diambil untuk kolom dan balok sebesar  $f_c' = 27,48$ ,
- Uji Tarik tulangan baja diperoleh kuat Tarik rata-rata adalah  $f_y = 342,99$  dan kuat putus rata-rata adalah  $f_u = 479,7$ .
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.

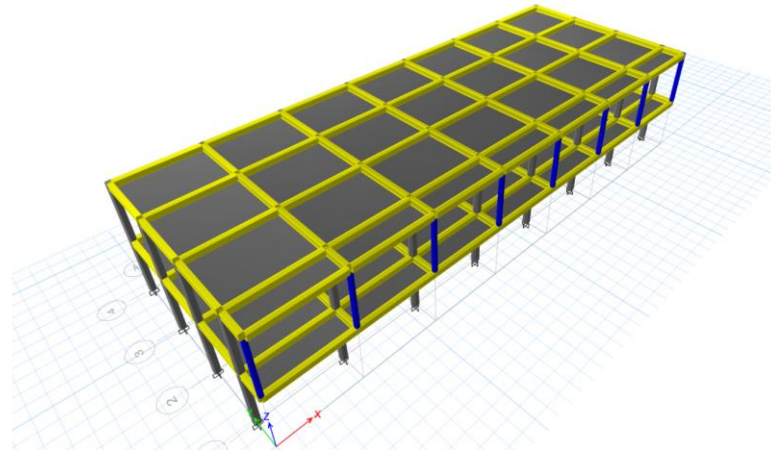
Tabel 3.5: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 5.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	3,5 m	-	25 x 25	-	Utama = D12 Sengkang = D8



Tabel 3.5: *Lanjutan.*

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai 2	3,5 m	30 x 20	25 x 25	Utama = D12 Senggang = D8	Utama = D12 Senggang = D8



Gambar 3.10: Pemodelan struktur model 5.



Gambar 3.11: Lokasi Model 5.

### 3.3. Analisa Struktur

#### 3.3.1. Analisis Dinamik Struktur *Linier*

Analisis ini menggunakan Metode Respon Spektrum. Pada analisis ini, alat bantu *software* yang digunakan adalah Program Analisa Struktur.

### 3.3.1.1. Pembebanan

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan rumah toko diambil dari PPPURG (1987) dan SNI 1727:2020 yang telah disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan dengan komponen material bangunan. Nilai beban hidup dan beban mati yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.

Beban Mati	Besarnya Beban
Beton Bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Bata Ukuran 203 mm	3,78 kN/m <sup>2</sup>
Plasteran	0,24 kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,05 kN/m <sup>2</sup>
Keramik dan Mortar	0,77 kN/m <sup>2</sup>
Elektrikal	0,19 kN/m <sup>2</sup>

Tabel 3.7: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Atap	0,96 kN/m <sup>2</sup>
Handrail	0,445 kN/m <sup>2</sup>

Selanjutnya beban yang diperoleh dari perhitungan dimasukkan sebagai beban area (*assign-shell load-uniform*) dalam program Analisa Struktur, sedangkan untuk berat pelat sendiri akan dihitung otomatis oleh komputer dengan memasukan faktor reduksi 0,54 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load case*).

### 3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa

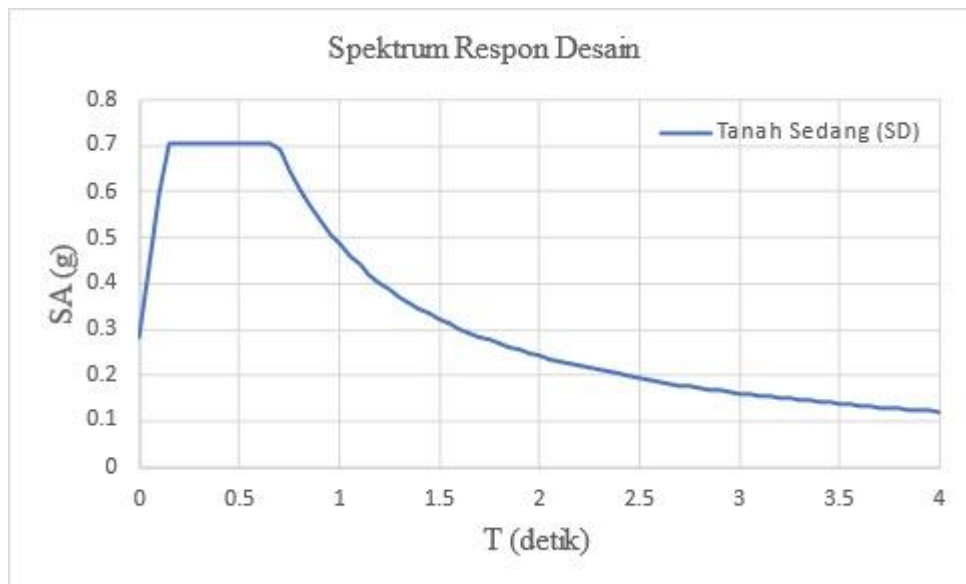
#### 3.3.1.2.1. Desain Respon Spektrum Parapat (Tanah Sedang)

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah sedang yang terletak di kota Parapat, kemudian dianalisis dengan data-data yang diambil dari PUSKIM PUPR 2019-2020 akan didapatkan koefisien atau nilai-

nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut ialah:

- $PGA$  = 0,4130 g
- $S_s$  = 0,9459 g
- $S_I$  = 0,4759 g
- $S_{DS}$  = 0,707 g
- $S_{D1}$  = 0,58 g
- $T_0$  = 0,16 detik
- $T_1$  = 0,82 detik

Respon Spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12: Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.

Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Dinamik Struktur Linier dengan Metode Respon Spektrum pada pemodelan menggunakan Program Analisa Struktur.



### 3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

1. Kombinasi pembebanan dasar (Pasal 4.2.2.1 SNI 1726:2019)

- Kombinasi 1 = 1,4 DL
- Kombinasi 2 = 1,2 DL + 1,6 LL

2. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik

- Kombinasi 3 = 1,2 DL + E + 1 LL
- Kombinasi 4 = 0,9 DL + E

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2.3 pengaruh beban seismik pada kombinasi 3 dan 4 ditentukan sesuai persamaan berikut.

$$E = E_h + E_v \text{ (untuk kombinasi 3)}$$

$$E = E_h - E_v \text{ (untuk kombinasi 4)}$$

di mana :

E = Beban gempa

$E_h$  = Beban gempa horizontal

$E_v$  = Beban gempa vertical

Beban gempa horizontal ( $E_h$ ) merupakan hasil perhitungan dengan beberapa metode dan penggunaannya dikalikan dengan faktor redundansi ( $\rho$ ). Metode perhitungan  $E_h$  bisa menggunakan tiga metode yaitu gaya *lateral* ekuivalen, respon spektrum dan riwayat waktu.

$$E_h = \rho \cdot Q_E$$

Beban gempa vertical  $E_v$  metode ultimit dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$E_v = 0,2 \times S_{DS} \times DL$$

Maka dari itu kombinasi beban gempa menurut Pasal 4.2.2.3. SNI 1726:2019 menjadi:

- Kombinasi 3 = 1,2 DL + E + 1 LL  
(1,2 + 0,2  $S_{DS}$ )DL + 1,0 LL +  $\rho$  ( $\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey}$ )  
(1,2 + 0,2  $S_{DS}$ )DL + 1,0 LL +  $\rho$  ( $\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey}$ )

- Kombinasi 4 = 0,9 DL + E  
 $(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey})$   
 $(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$

Sehingga jika disusun kembali, kombinasi beban yang digunakan adalah:

- a. Kombinasi 1 = 1,4 DL
- b. Kombinasi 2 = 1,2 DL + 1,6 LL
- c. Kombinasi 3 =  $(1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho (\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey})$
- d. Kombinasi 4 =  $(1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$
- e. Kombinasi 5 =  $(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey})$
- f. Kombinasi 6 =  $(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$

di mana :

- DL = Beban mati, termasuk SDL (beban mati tambahan)
- LL = Beban Hidup
- E<sub>h</sub> = Beban gempa horizontal
- E<sub>v</sub> = Beban gempa vertical
- ρ = Faktor redundansi
- S<sub>DS</sub> = Parameter percepatan respon spektrum desain pada periode pendek

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Berdasarkan sub Bab 2.9, maka didapatkan untuk Faktor R=8 nilai ρ = 1.3 yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai S<sub>DS</sub> = 0.707 untuk tanah sedang, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.8 untuk faktor R=8.

Tabel 3.8: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai ρ =1,3, S<sub>DS</sub> = 0,707306184.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (E <sub>x</sub> )	Koefisien (E <sub>y</sub> )
Kombinasi 1	1,4			
Kombinasi 2	1,2	1,4		
	$(1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho (\pm 30\% Q_{ex} \pm 100\% Q_{ey})$			
Kombinasi 3	1,34	1	0,39	1,3

Tabel 3.8: *Lanjutan.*

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (Ex)	Koefisien (Ey)
Kombinasi 4	1,34	1	-0,39	-1,3
	$(1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho (\pm 100\% Q_{ex} \pm 30\% Q_{ey})$			
Kombinasi 5	1,34	1	1,3	0,39
Kombinasi 6	1,34	1	-1,3	-0,39
	$(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 30\% Q_{ex} \pm 100\% Q_{ey})$			
Kombinasi 7	0,76		0,39	1,3
Kombinasi 8	0,76		-0,39	-1,3
	$(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% Q_{ex} \pm 30\% Q_{ey})$			
Kombinasi 9	0,76		1,3	0,39
Kombinasi 10	0,76		-1,3	-0,39
Kombinasi <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Kombinasi maksimum memiliki tipe kombinasi yang lain dari kombinasi 1 sampai 10 yaitu kombinasi dengan tipe *linear add*, sementara kombinasi Maksimum adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi *linear add*, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (di mana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

#### 3.3.1.4. Analisis Respon Spektrum Ragam

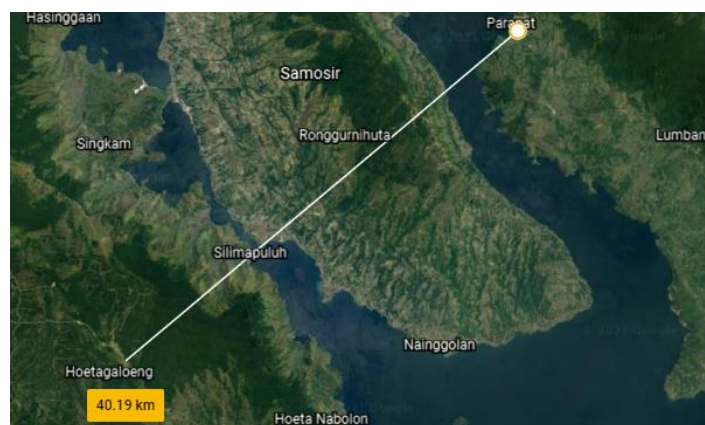
Analisis ini merupakan tahap desain yang harus memenuhi syarat-syarat batas berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis telah memenuhi syarat jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi yaitu sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing respon ragam

telah dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan respon spektrum dibagi dengan kuantitas ( $R/I_e$ ). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas ( $C_d/I_e$ ).

Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, telah dikombinasikan menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*) atau metode kombinasi kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Metode akar kuadrat jumlah kuadrat diperoleh dari hasil selisih nilai perioda yang lebih dari 15%, sementara metode kombinasi kuadrat lengkap diperoleh dari hasil selisih nilai perioda yang kurang dari 15%. Sehingga metode yang digunakan dalam analisis respon spektrum ragam adalah *CQC* pada Model 1, *CQC* pada Model 2, *CQC* pada Model 3 dan *SRSS* pada Model 4. Perhitungan mendetail pemilihan metode yang digunakan dalam pemodelan struktur dapat dilihat pada Bab 4.

### 3.3.1.5. *Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)*

Data rekaman gempa diperoleh dari *website* resmi *Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*. Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Event Name, Station, Type, dan Magnitude* agar terdapat korelasi antara data gempa yang diambil dari *website* tersebut dengan data gempa dari bangunan yang direncanakan.



Gambar 3.13: Gambar jarak kota Parapat ke Retakan Renun.

Dari Gambar 3.13 data rekaman gempa yang diambil sebanyak 12 rekaman dengan syarat gempa *Strike-Slip* dengan jarak *epicentral* di 35-45 km karena jarak

dari kota Parapat ke Retakan Renun, dengan magnitudo 5,0-7,7 dikarenakan sesuai yang tertera pada sub bab 2.3.

Untuk data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9: Rekaman getaran gempa *Strike-Slip* dari PEER NGA.

No	Nama <i>Groundmotion</i>	Nama Station	Tahun	Magnitudo
1	Northern Calif-01	Ferndale City Hall	1941	6,4
2	Imperial Valley-06	Niland Fire Station	1979	6,53
3	Victoria_ Mexico	Sahop Casa Flores	1980	6,33
4	Morgan Hill	Capitola	1984	6,19
5	Landers	Palm Springs Airport	1992	7,28
6	Big Bear-01	Desert Hot Springs	1992	6,46
7	Gulf Of Aqaba	Eilat	1995	7,2
8	Hector Mine	Amboy	1999	7,13
9	Chi-Chi_ Taiwan-04	Chy026	1999	6,2
10	Tottori_ Japan	Hrs005	2000	6,61
11	Parkfield-02_ Ca	Templeton – Hospital Grounds	2004	6
12	El Mayor-Cucapah_ Mexico	Rancho San Luis	2010	7,2

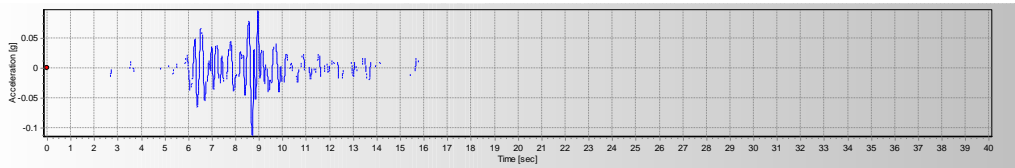
Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X dan arah Y, karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 3 dimensi (3D) dan gempa vertikal arah Z karena dalam analisis data relatif sangat kecil (atau dianggap sama dengan 0).

Kemudian data rekaman gempa yang digunakan sebagai *input* pada *software* RUAUMOKO3D. untuk Analisis Dinamik *nonlinier* Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

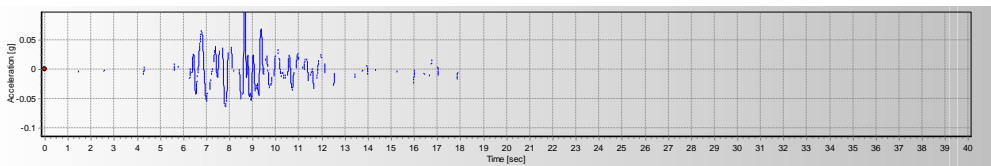
### 3.3.1.6. Analisa Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis *linear* sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara tiga dimensi. Alat bantu *software* yang digunakan adalah RUAUMOKO3D.

Data-data rekaman yang telah diambil dari PEER NGA daerah-daerah rekaman yang diambil tertera pada Tabel 3.8 akan digunakan sebagai *input* data pada analisis menggunakan RUAUMOKO. Sebagai contoh pada Gambar 3.14 adalah rekaman gempa *ground motion* pada gempa Northern Calif-01 dan pada Gambar 3.15 adalah rekaman gempa Northern Calif-01 setelah diubah menjadi respon spektrum.

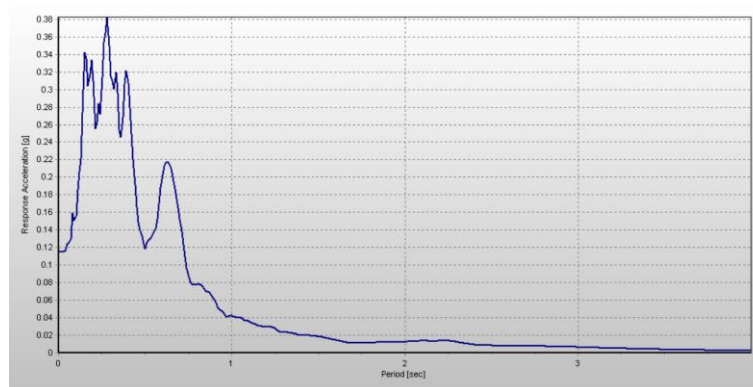


(a)



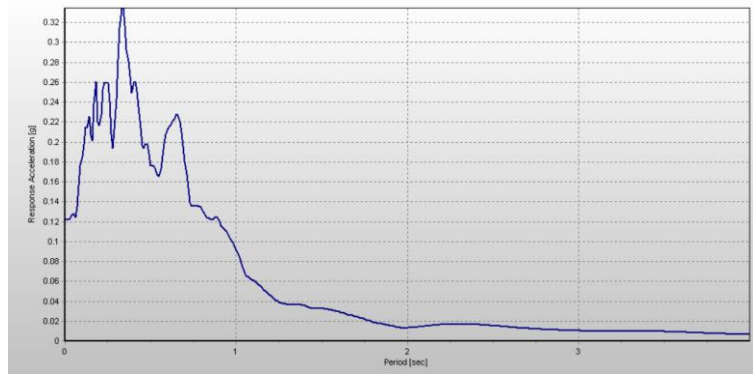
(b)

Gambar 3.14: a) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah X, b) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah Y.



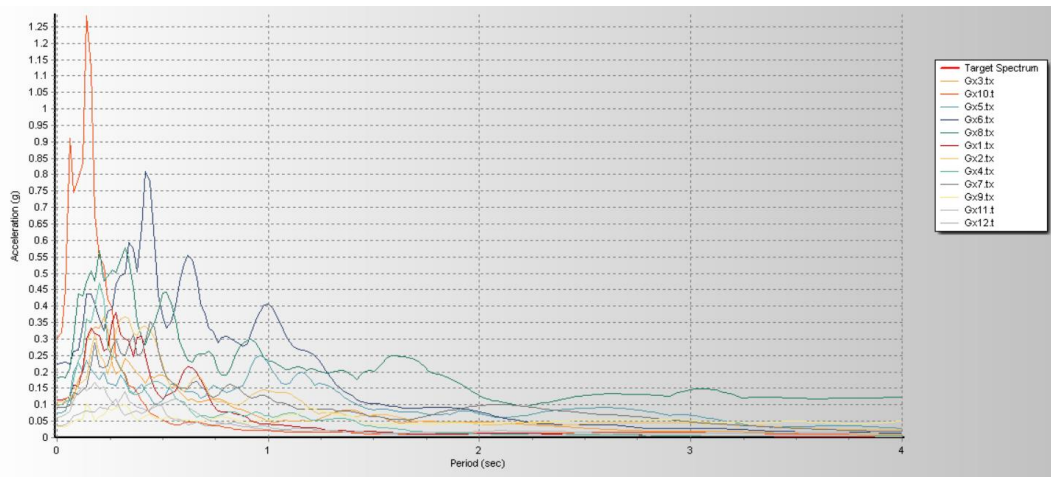
(a)

Gambar 3.15: a) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum, b) Rekaman gempa Strike-Slip Northern Calif-01 arah Y yang telah diubah menjadi respon spektrum.

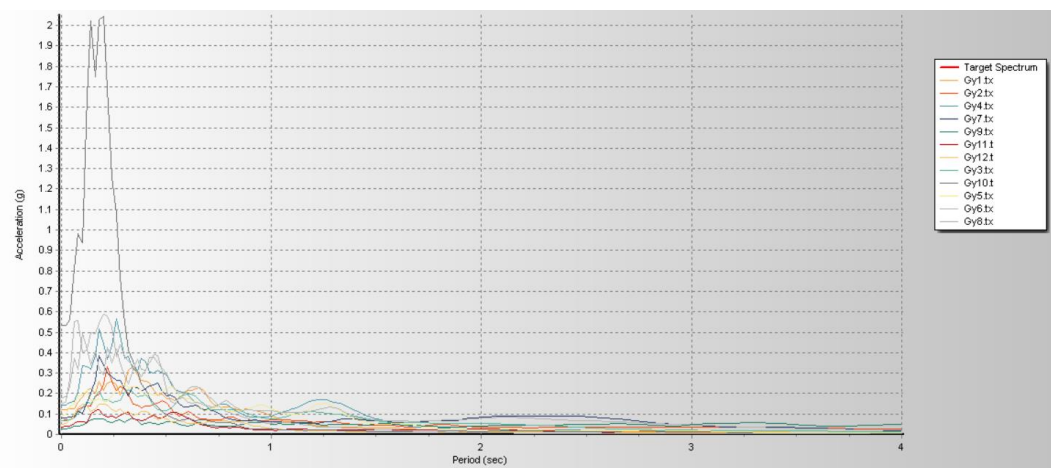


(b)

Gambar 3.15: Lanjutan.



(a)



(b)

Gambar 3.16: a) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa arah X, b) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa arah arah Y.

Pada Gambar 3.16 terdapat gabungan rekaman gempa yang telah diubah menjadi respon spektrum dari seluruh daerah yang terdapat pada Tabel 3.8.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinier menggunakan software RUAUMOKO3D antara lain:

- $I$  : Momen inersia penampang
- $E$  : Modulus elastisitas penampang
- $M_y$  : Momen leleh
- $M_c$  : Momen puncak
- $K_o$  : Kekakuan rotasi elastis
- $\theta_p$  : Koefisien rotasi leleh
- $\theta_y$  : Koefisien rotasi leleh
- $\theta_c$  : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- $\theta_{pc}$  : Koefisien rotasi *post-capping*
- $\theta_u$  : Koefisien rotasi ultimit
- $\mu\theta_c$  : Daktilitas rotasi kapasitas plastis
- $r$  : Rasio kekakuan *post-yield*



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier

Pada Bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linier dan non linier oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan lima jenis model setiap modelnya menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Semua *input* pembebanan serta kombinasi, zona gempa dan konfigurasi bangunan adalah sama. Serta perbandingan metode analisa pada tiap pemodelan, yaitu analisa respon spektrum ragam dan analisa respon riwayat waktu.

#### 4.2 Hasil Analisa Ragam

##### 4.2.1 Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019, analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Persentase nilai periode yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS. Apabila :

$$15\% > \text{SRSS}$$

atau

$$15\% < \text{CQC}$$

Analisa menggunakan metode CQC (Complete Quadratic Combination), hasil persentase periode rata-rata yang didapat lebih kecil dari 15% dan SRSS (*Square Root of the Sum of Square*) lebih besar dari 15%. Pada hasil analisa diperoleh hasil:

1. Model 1 untuk Rumah Toko 1 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak dibawah 15%.

2. Model 2 untuk Rumah Toko 2 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.
3. Model 3 untuk Rumah Toko 5 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.
4. Model 4 untuk Rumah Toko 6 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.
5. Model 5 untuk Rumah Toko 7 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Untuk Perhitungan Tertera pada lampiran A.3.

#### 4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2019 Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1, Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode Statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor skala :

$$\text{Faktor skala} = 100\% V/V_t = V/V_t \geq 1$$

Dimana :

$V$  = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

$V_t$  = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen ( $V$ ) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur  $V_t$ .

Model	Arah Gempa	$V$ (kN)	$V_t$ (kN)
1	X	174,002	158,469
	Y	174,002	203,704
2	X	279,808	260,164
	Y	279,808	236,627
3	X	320,423	308,516
	Y	320,423	215,847
4	X	371,853	450,229
	Y	371,853	452,252
5	X	418,284	460,345
	Y	418,284	365,519

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A.5.

#### 4.2.3 Koreksi Faktor Redundansi

Berdasarkan pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2019 nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1.3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.6.

#### 4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai  $V$  dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat berdasarkan pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019 ,yaitu:

$$\text{Syarat : } V_t \geq C_s.W$$

Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.

Model	Arah Gempa	$V$ (kN)	$V_t$ (kN)	Cek
1	X	174,002	158,469	Tidak Oke
	Y	174,002	203,704	Oke
2	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
3	X	320,423	308,516	Tidak Oke
	Y	320,423	215,847	Tidak Oke
4	X	371,853	450,229	Oke
	Y	371,853	452,252	Oke
5	X	418,284	460,345	Oke
	Y	418,284	365,519	Oke

Dengan demikian beberapa skala simpangan tidak memenuhi syarat pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019 yaitu, gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_f$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen.

#### **4.2.5 Nilai Simpangan Antar Lantai**

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, control simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk bangunan rumah toko kategori risiko II yaitu 0,025 dikali tinggi lantai, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A.7.

#### **4.2.6 Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)**

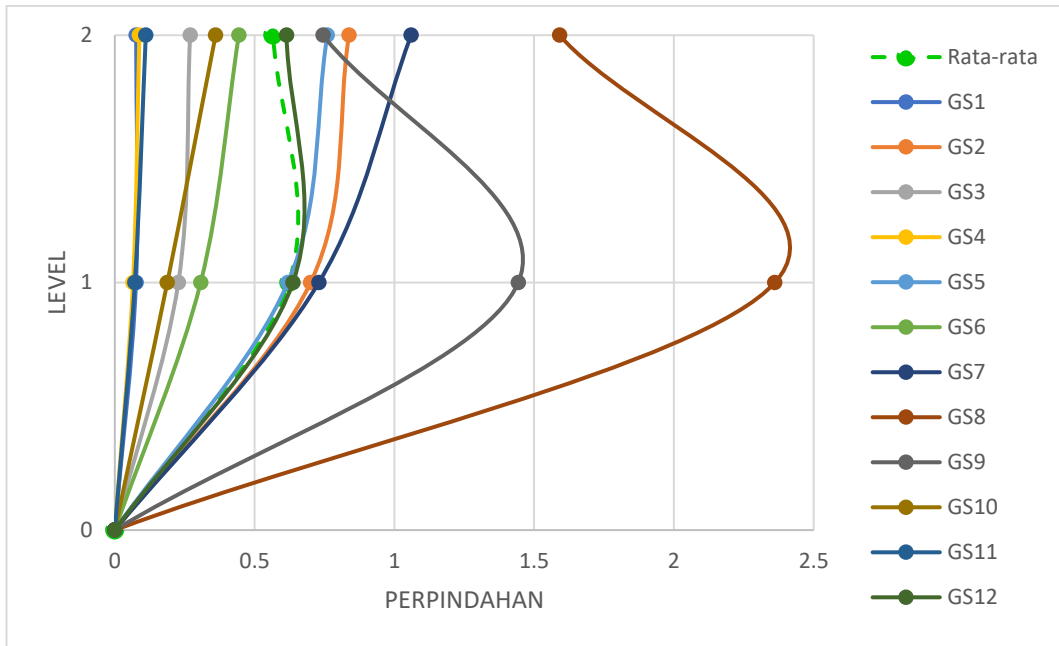
Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil control ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan di atas batas yang ditentukan. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A.8.

#### **4.2.7 Pengaruh Efek P – Delta**

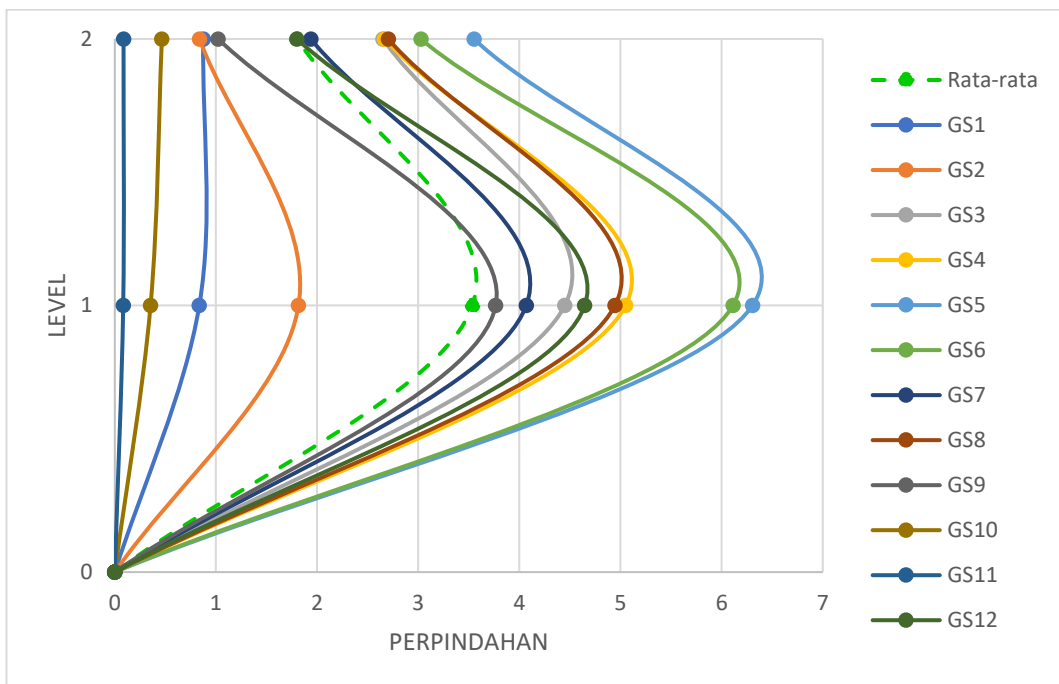
Berdasarkan SNI 1726:2019, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat stability ratio sudah terpenuhi. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.9.

### 4.3 Hasil Analisa Non Linier

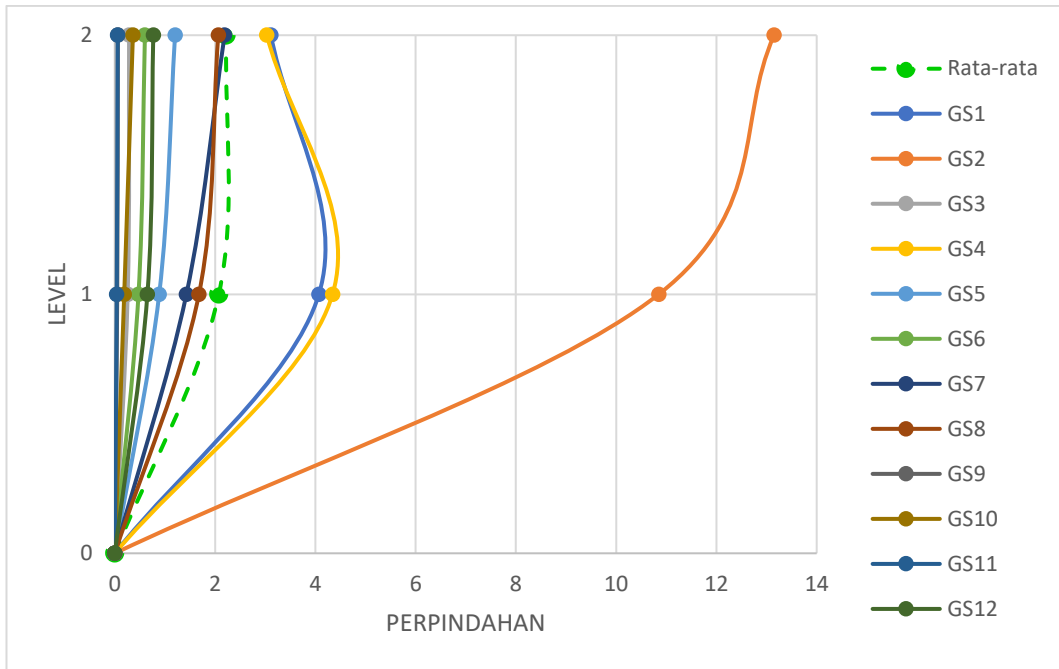
Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur rumah toko yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa *strike-slip*. Setiap model struktur akan diambil data simpangan antar lantai (*story drift*), simpangan atap (*top displacement*) dan pola keruntuhan bangunan. Setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada Gambar 4.1 sampai 4.10 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *story drift* dengan pada beberapa rekaman gempa. Pada grafik *story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa *ground motion* dan nilai rata-ratanya. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model. Seperti tertara pada tabel-tabel berikut.



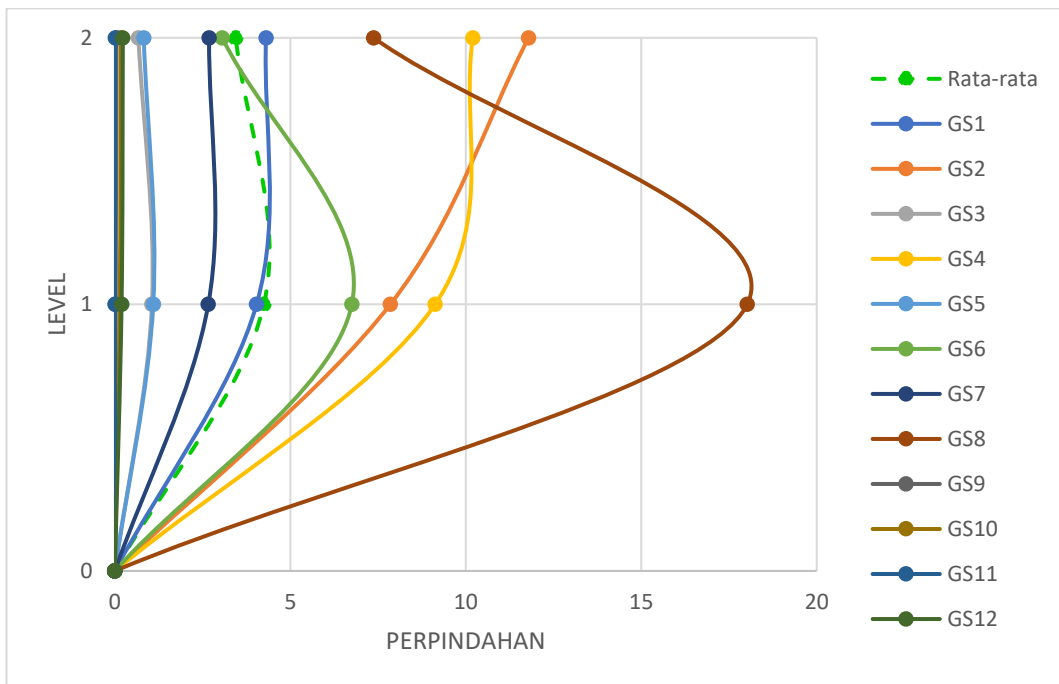
Gambar 4.1: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 1.



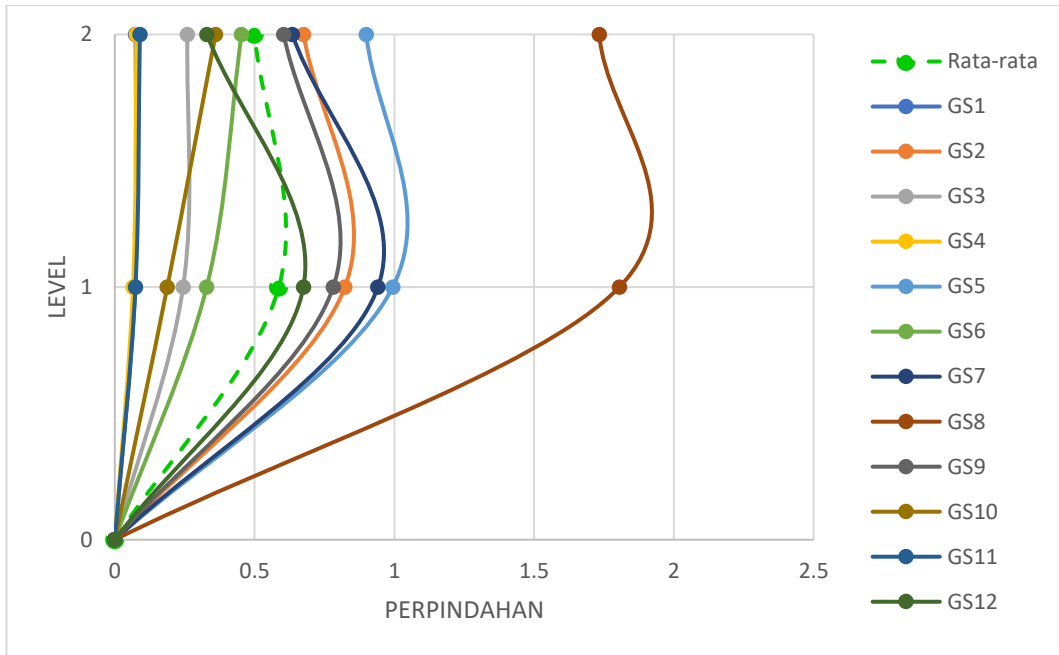
Gambar 4.2: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 1.



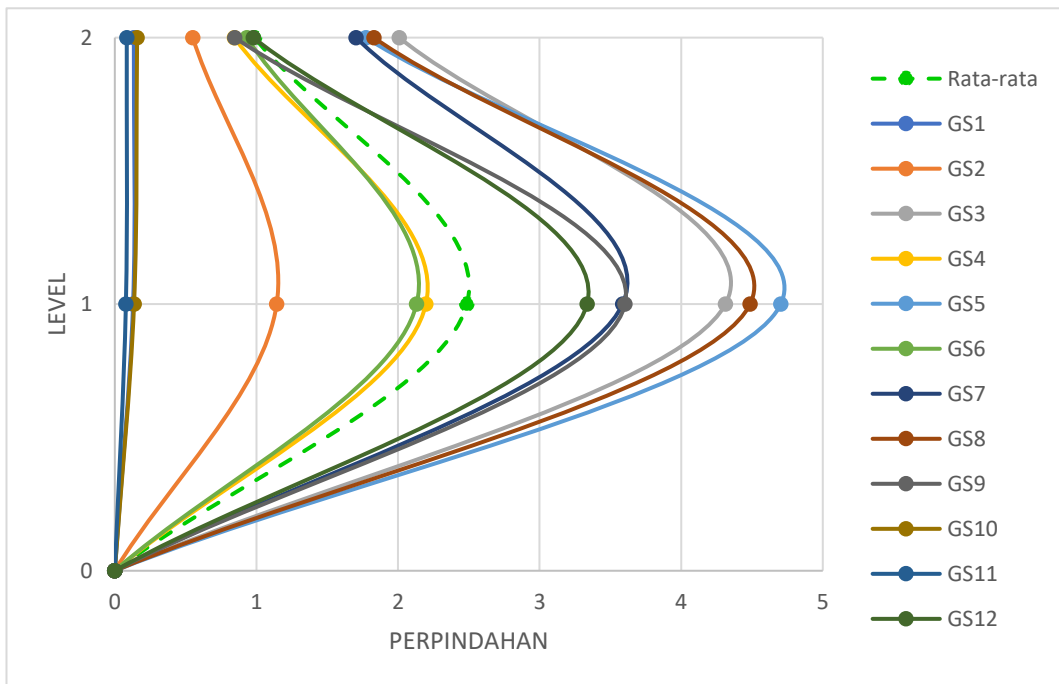
Gambar 4.3: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 2.



Gambar 4.4: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 2.

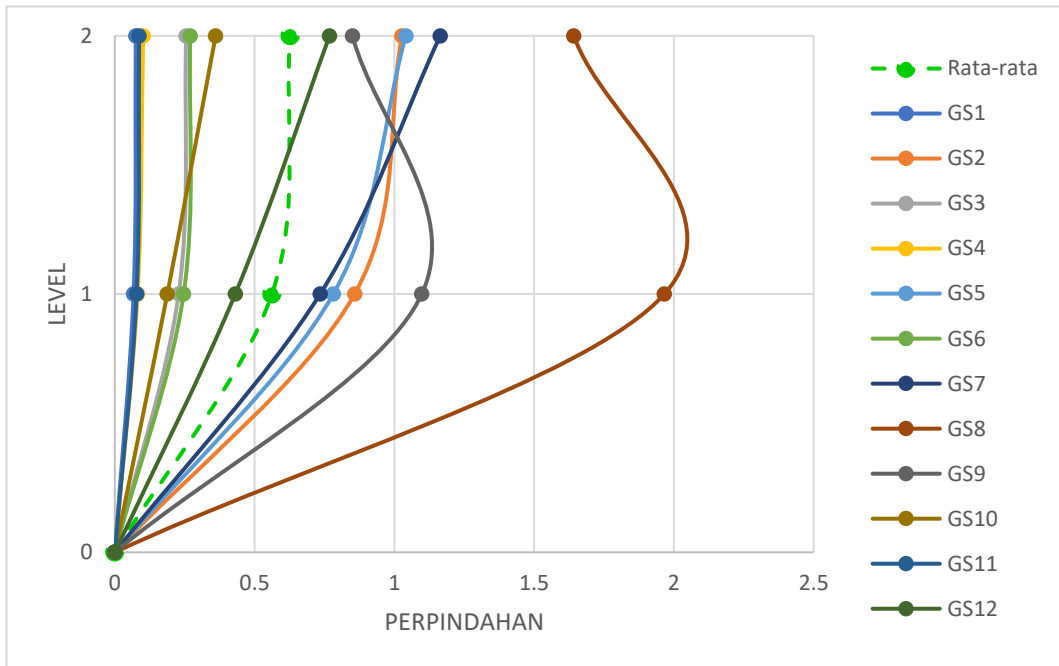


Gambar 4.5: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 3.

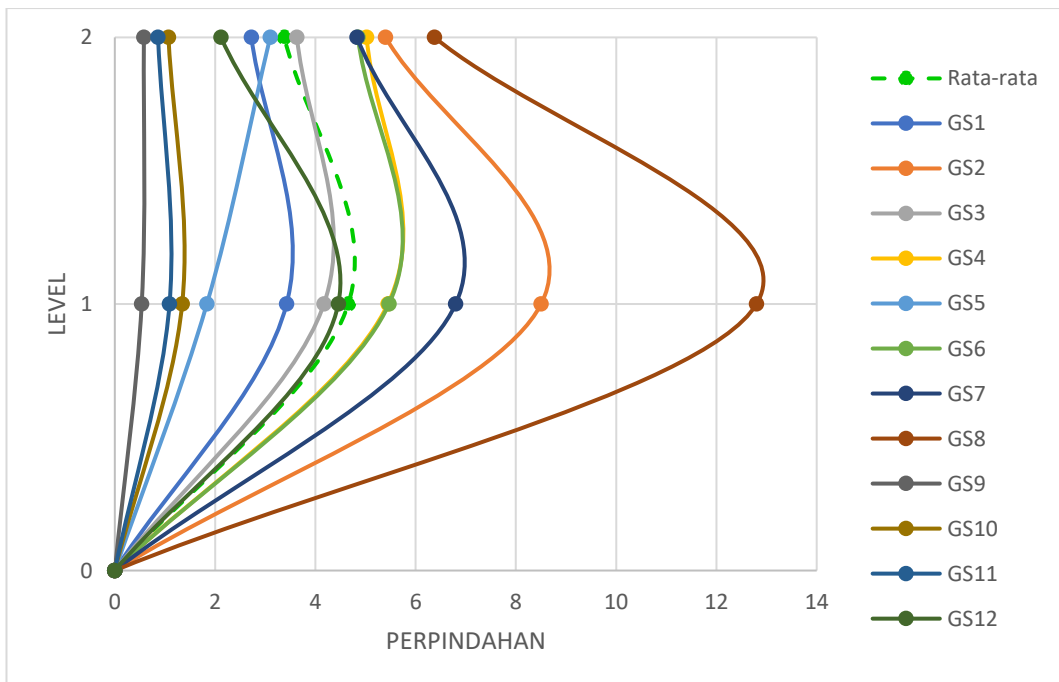


Gambar 4.6: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 3.

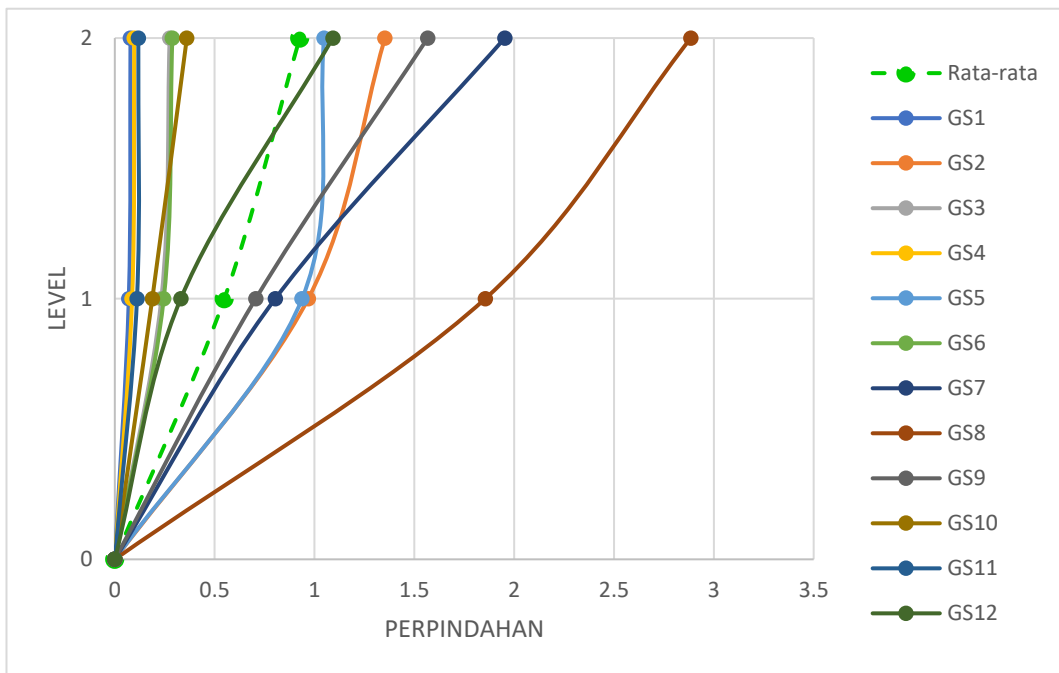




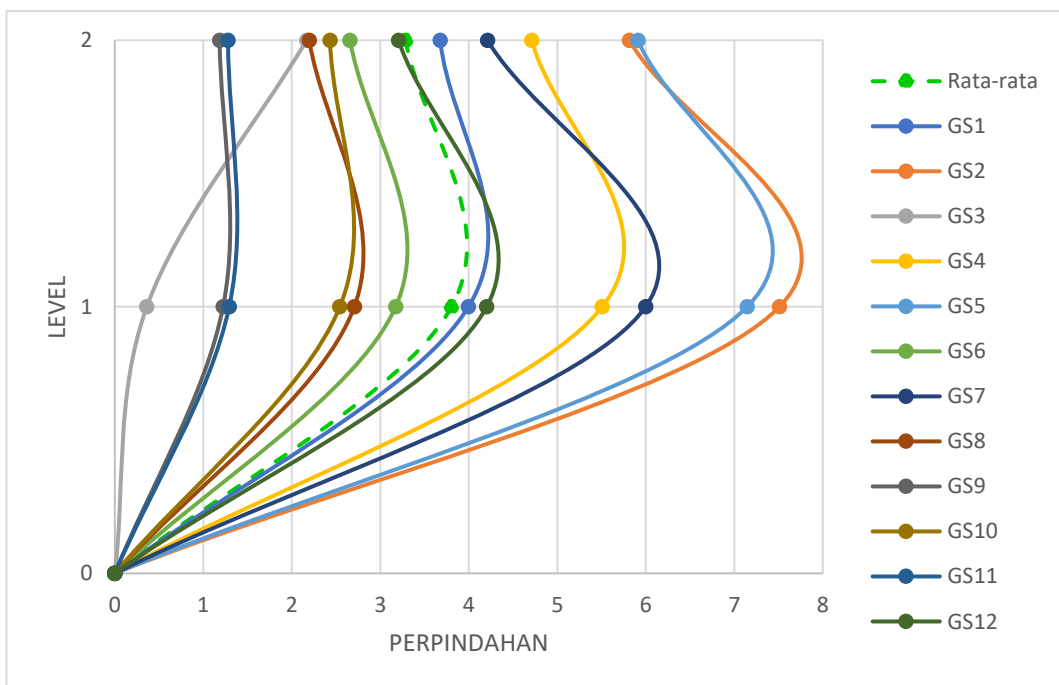
Gambar 4.7: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 4.



Gambar 4.8: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 4.



Gambar 4.9: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 5.



Gambar 4.10: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 5.

Tabel 4.3: Nilai atap (*top displacement*) arah x untuk setiap model.

<i>Ground Motion</i>	Perpindahan				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
GS1	0,07617	3,115	0,07429	0,07489	0,0783
GS2	0,8376	13,15	0,6753	1,027	1,353
GS3	0,2693	0,2845	0,2597	0,2553	0,2746
GS4	0,08775	3,033	0,07737	0,1014	0,09713
GS5	0,7602	1,201	0,8996	1,041	0,8365
GS6	0,4435	0,5999	0,4532	0,2699	0,2328
GS7	1,06	2,189	0,6354	1,164	1,384
GS8	1,591	2,063	1,733	1,642	2,885
GS9	0,7445	0,06131	0,6043	0,85	1,567
GS10	0,1964	0,1702	0,1674	0,2444	0,3606
GS11	0,1107	0,05731	0,08947	0,08681	0,1177
GS12	0,614	0,7668	0,3295	0,7681	1,092
Rata-rata	0,56592667	2,22425167	0,4998775	0,62706667	0,8565525

Tabel 4.4: Nilai atap (*top displacement*) arah y untuk setiap model.

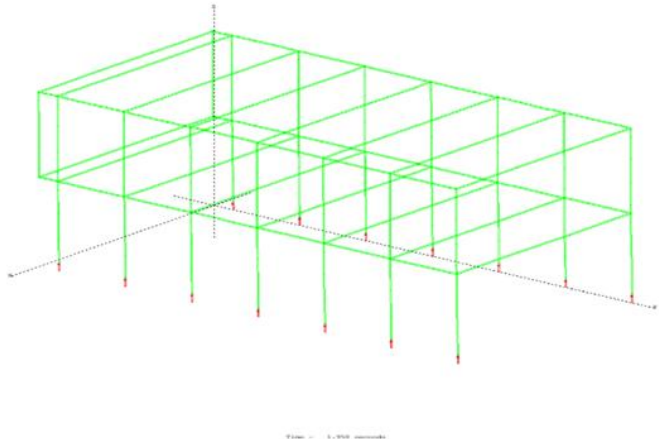
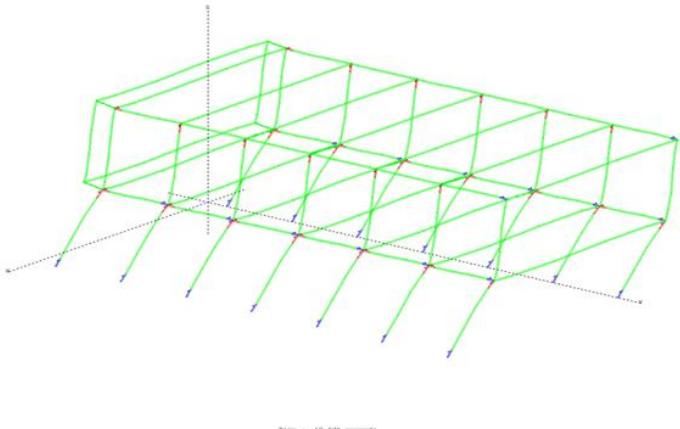
<i>Ground Motion</i>	Perpindahan				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
GS1	0,8743	4,308	0,1343	2,724	3,677
GS2	0,8363	11,79	0,5506	5,401	0,2123
GS3	2,652	0,6727	2,009	3,633	2,168
GS4	2,667	10,2	0,8445	5,024	0,1495
GS5	3,552	0,823	1,773	3,098	5,912
GS6	3,026	3,061	0,9333	4,851	2,658
GS7	1,938	2,684	1,704	4,833	4,211
GS8	2,704	7,373	1,83	6,378	2,196
GS9	1,022	0,04529	0,8478	0,5795	0,2321
GS10	0,4651	0,1668	0,1573	1,07	0,1638
GS11	0,08605	0,01037	0,08435	0,862	1,279
GS12	1,801	0,2281	0,9783	2,118	3,205
Rata-rata	1,80197917	3,446855	0,98720417	3,38095833	2,171975

Pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.4 merupakan hasil dari simpangan atap pada 5 model rumah toko. Dapat dilihat dalam table bahwa simpangan terbesar terdapat

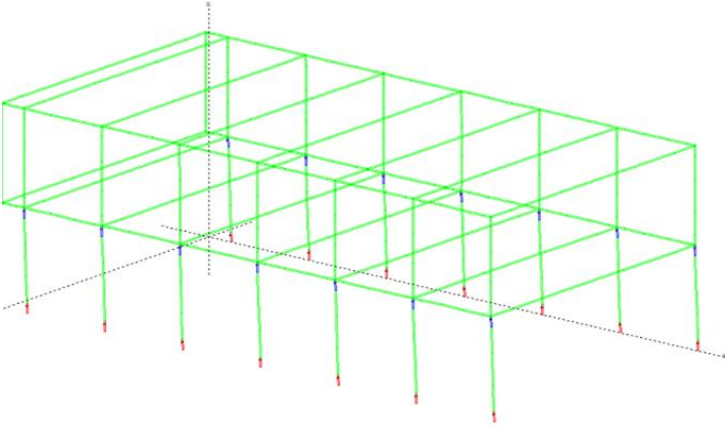
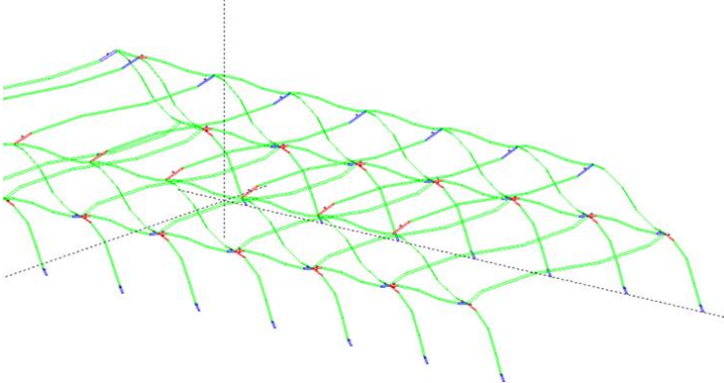
pada model 2 untuk rumah toko 2 pintu 2 lantai dengan nilai rata-rata untuk arah x sebesar 2,22425167 dan untuk arah y sebesar 3,446855.

Dari hasil analisis didapatkan pola keruntuhan yang terjadi untuk setiap model terbentuk sendi – sendi plastis pertama secara keseluruhan terjadi di kolom. Pada pola keruntuhan banyak terjadi *soft story* pada setiap modelnya dan pada beberapa kasus tidak terjadinya keruntuhan seperti pada tabel-tabel berikut.

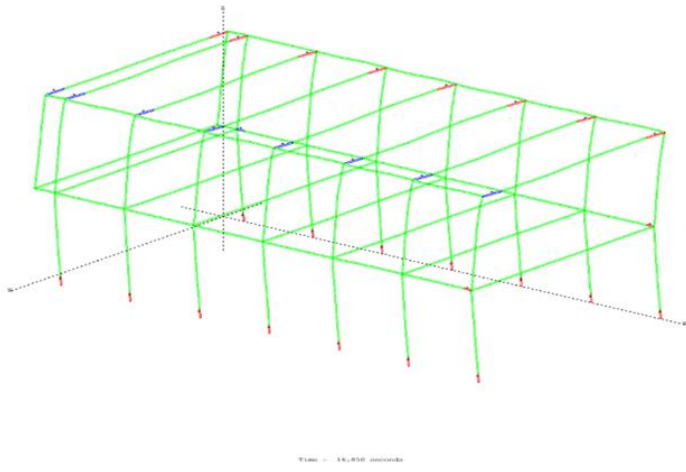
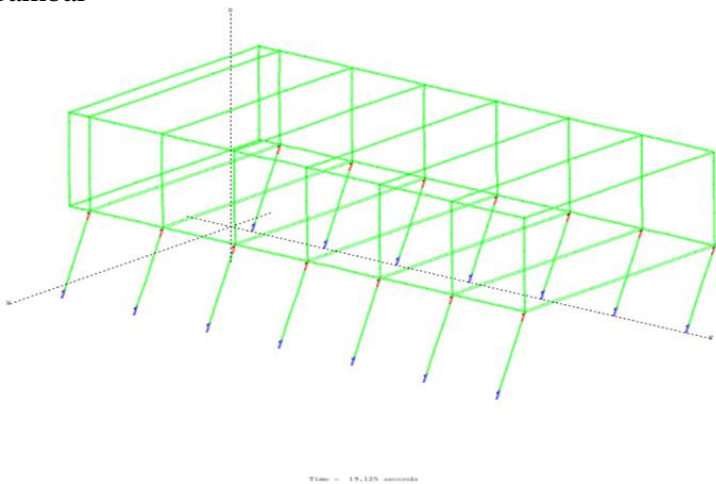
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 1.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,95
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,675
Gambar					
					

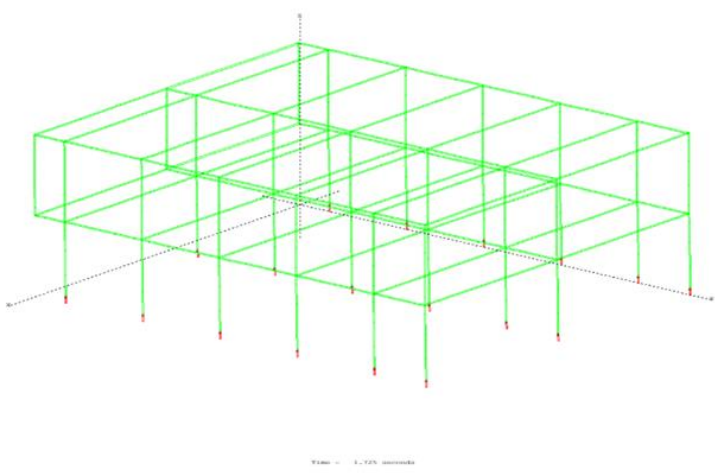
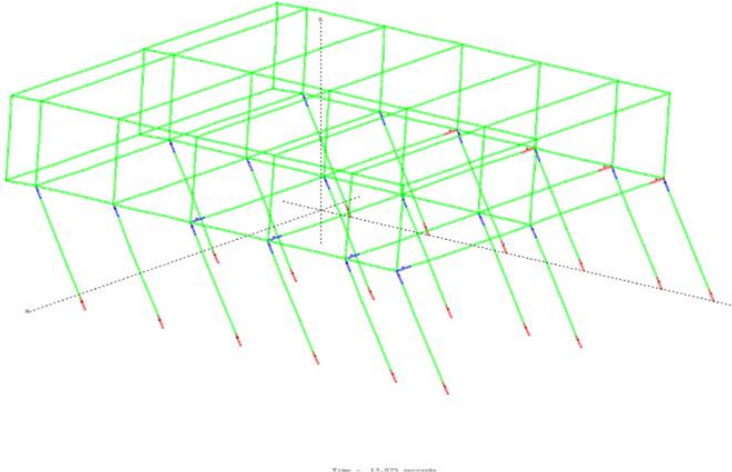
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6
Gambar					
					

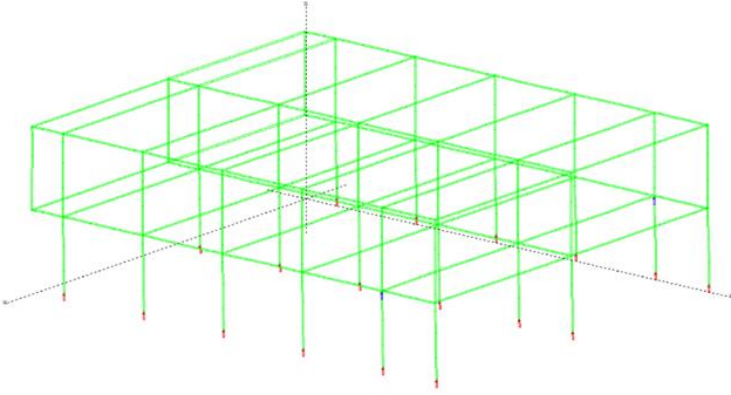
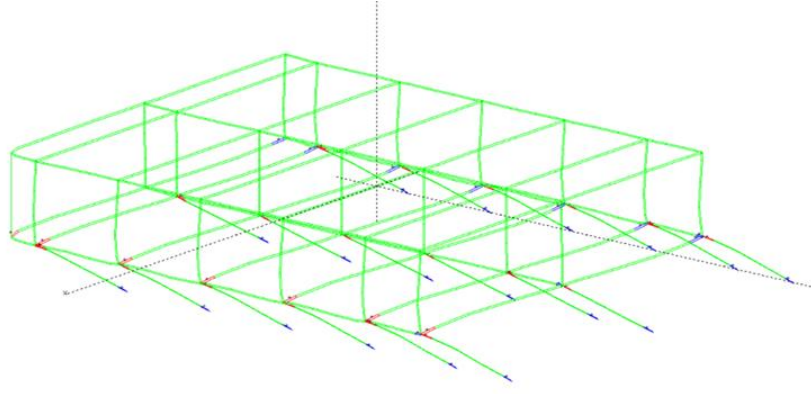
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	16,85
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	19,15
Gambar					
					

Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 2.

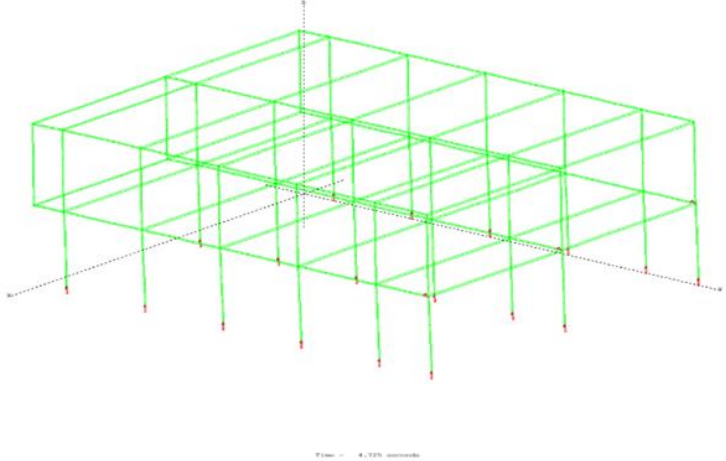
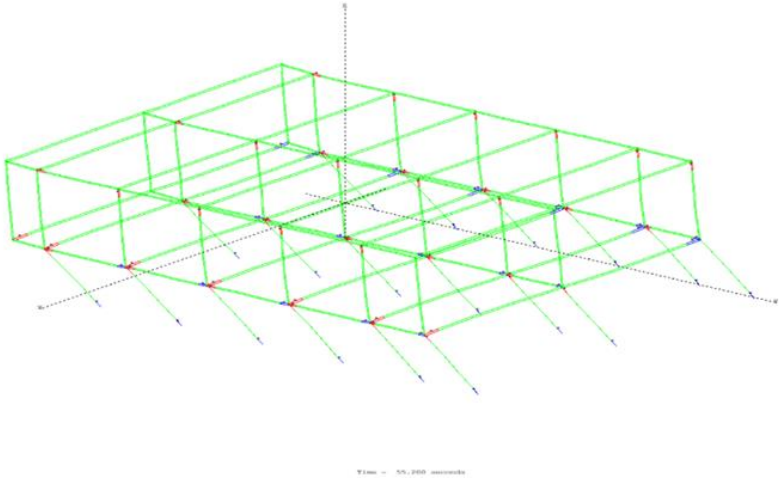
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,725
	<p>Gambar</p>  <p style="text-align: center;">Time = 1,725 seconds</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	13,075
<p>Gambar</p>  <p style="text-align: center;">Time = 13,075 seconds</p>					

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

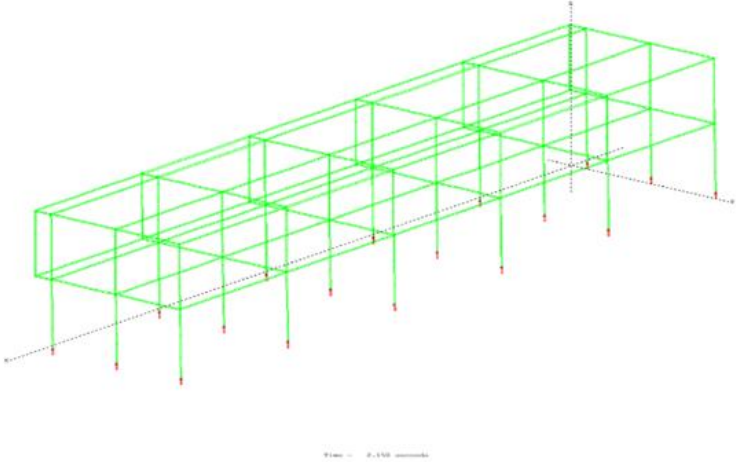
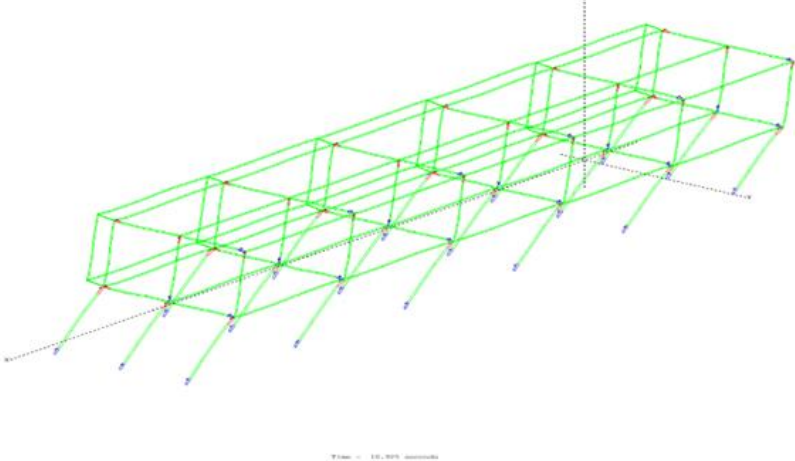
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4
	Gambar				
	 <p style="text-align: center;">Time = 0,400 seconds</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	5,9
Gambar					
 <p style="text-align: center;">Time = 5,900 seconds</p>					



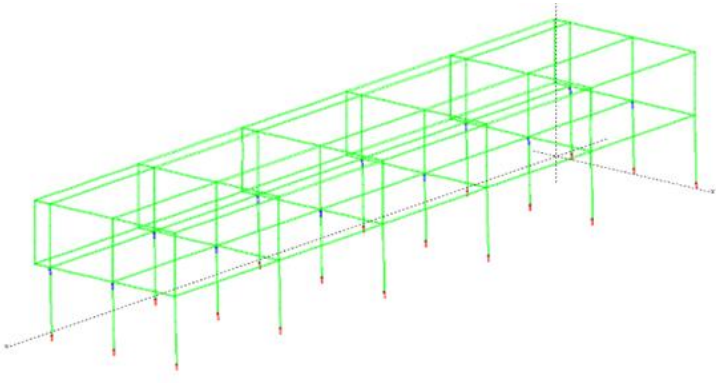
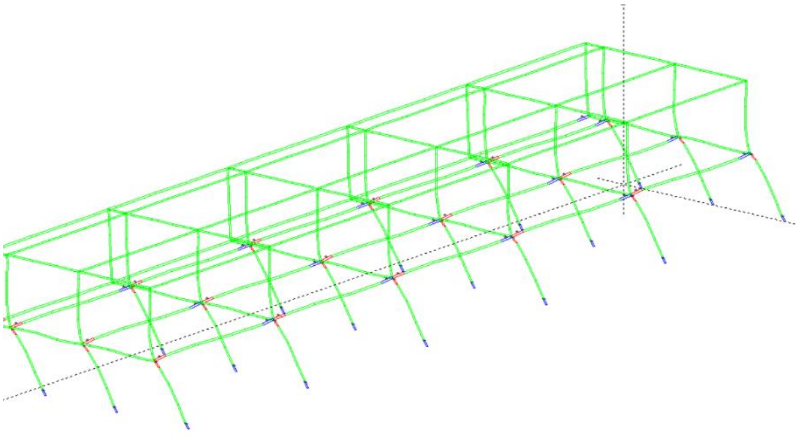
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,725
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	55,2
Gambar					
					

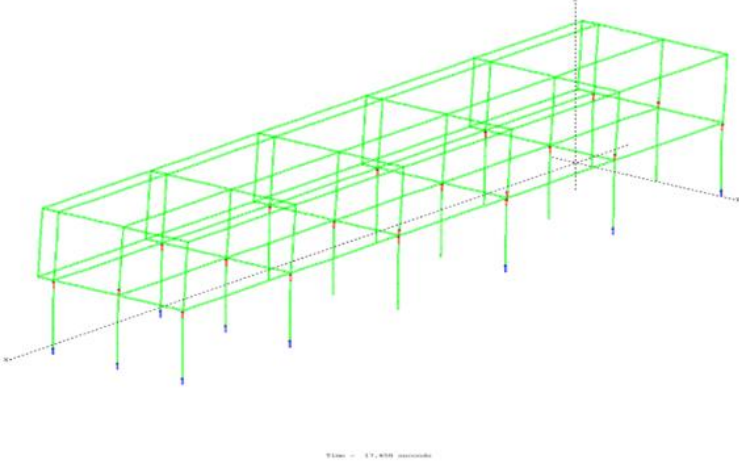
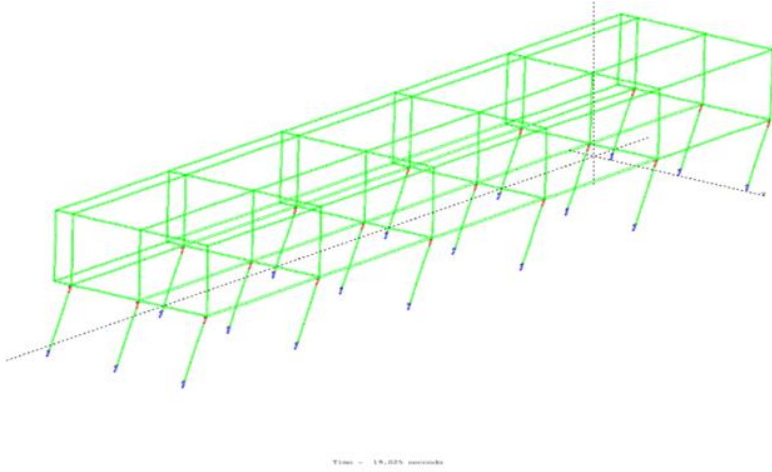
Tabel 4.7: Pola Keruntuhan untuk Model 3.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,15
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,925
Gambar					
					

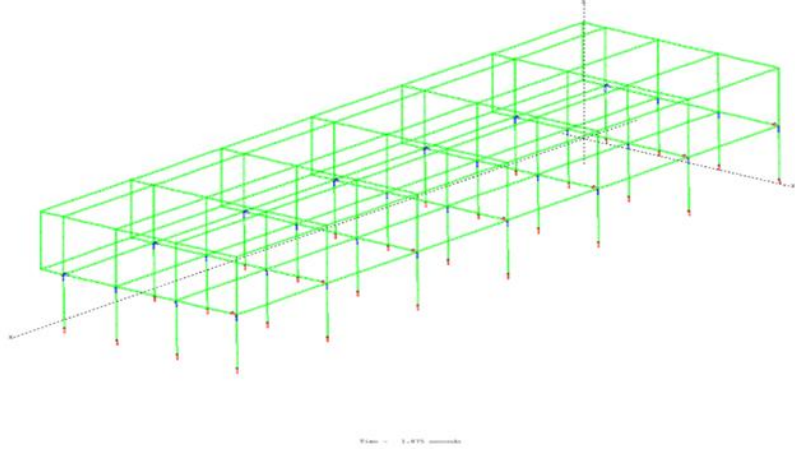
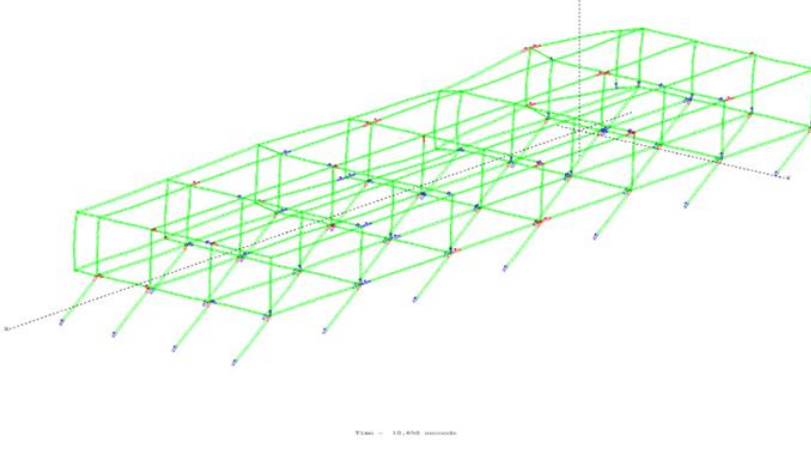
Tabel 4.7: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,5
	Gambar				
					
	Time = 0,500 seconds				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4,1
Gambar					
					
Time = 4,000 seconds					

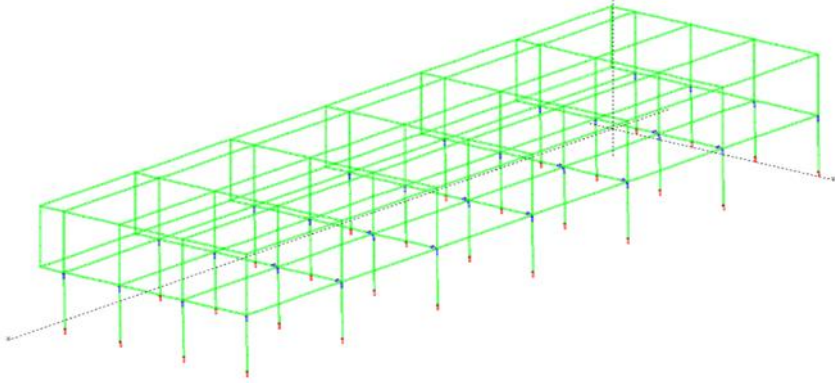
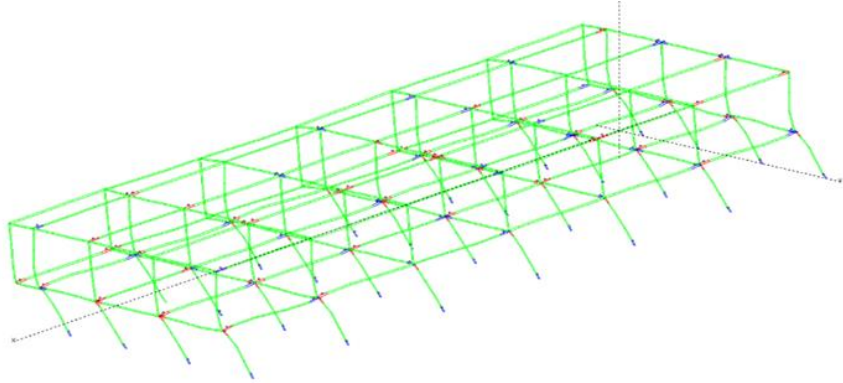
Tabel 4.7: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	17,65
	<p>Gambar</p> 				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	19,025
<p>Gambar</p> 					

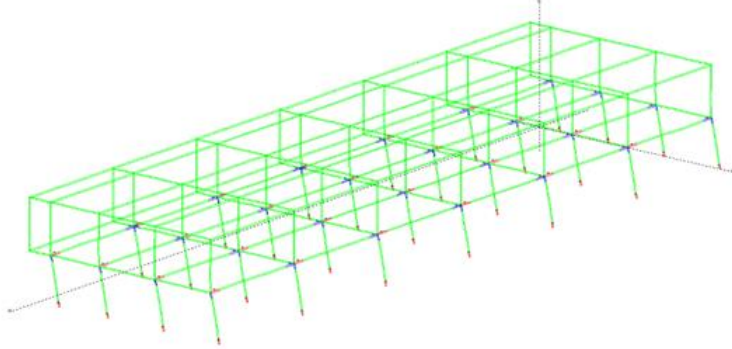
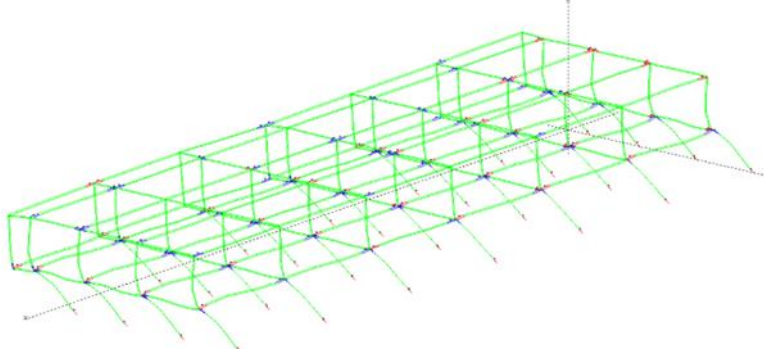
Tabel 4.8: Pola Keruntuhan untuk Model 4.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,875
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,65
Gambar					
					

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

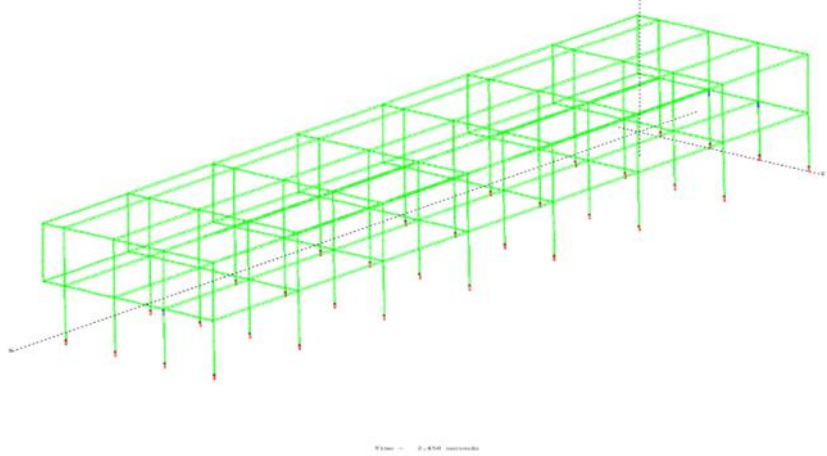
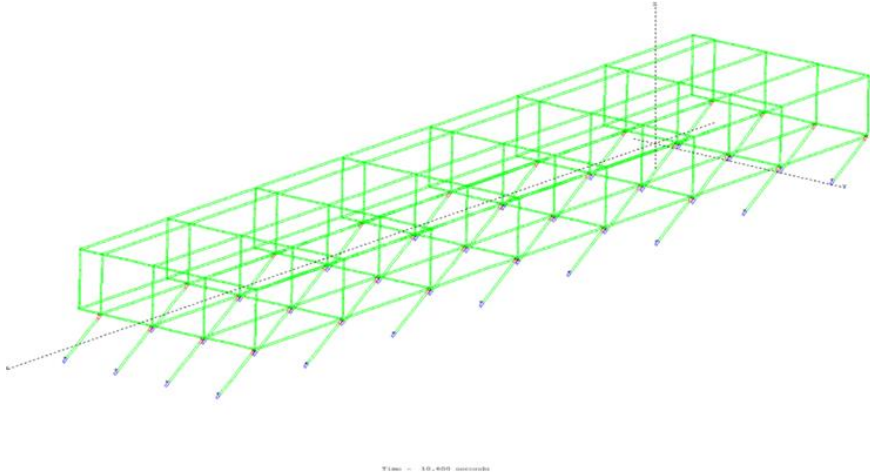
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4
	Gambar				
	 <p style="text-align: center;">Time = 0,400 seconds</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4,1
Gambar					
 <p style="text-align: center;">Time = 4,100 seconds</p>					

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	16,85
	Gambar				
	 <p style="text-align: center;">Time = 0,1782 seconds</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	19,525
Gambar					
 <p style="text-align: center;">Time = 0,1988 seconds</p>					

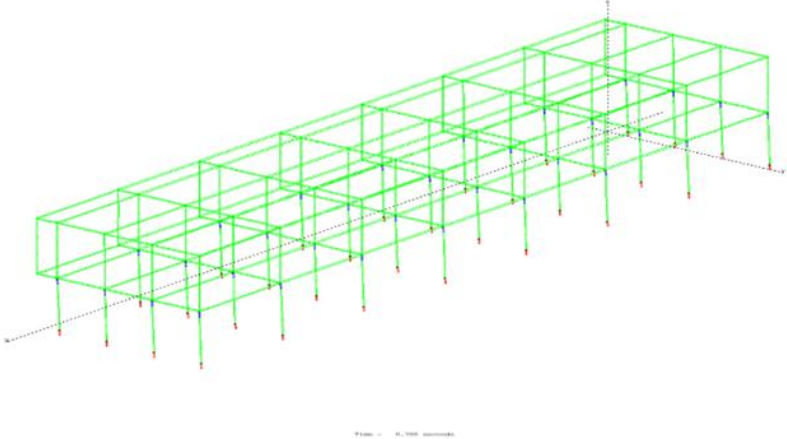
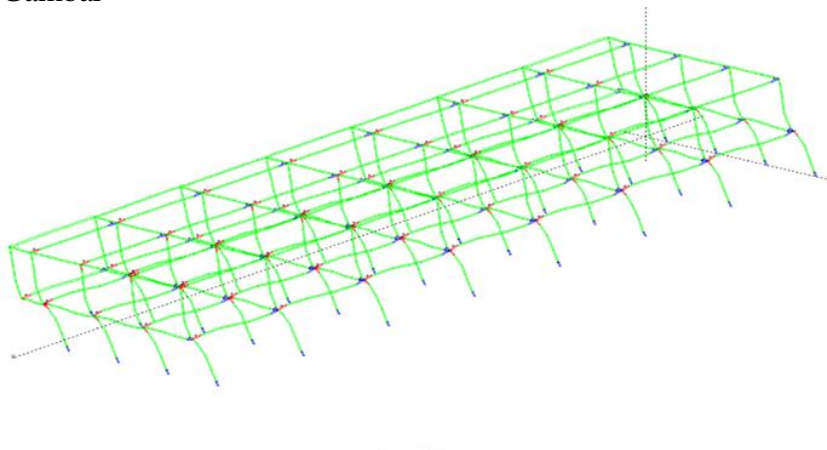


Tabel 4.9: Pola Keruntuhan untuk Model 5.

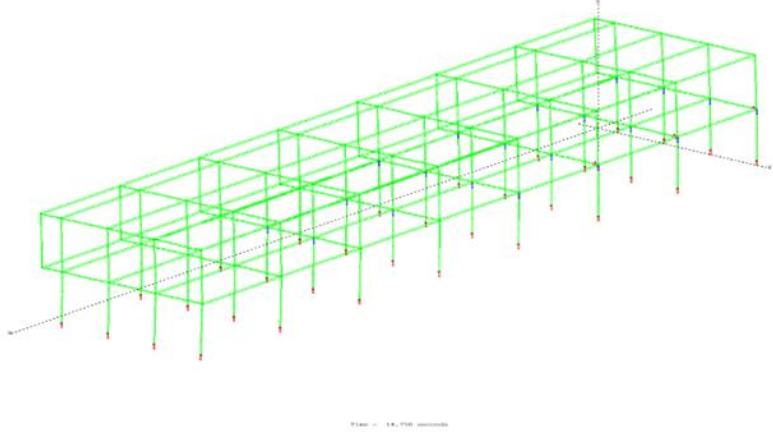
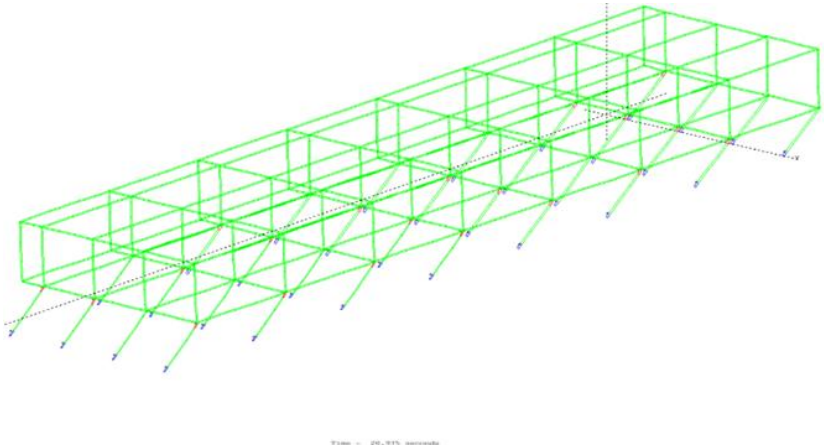
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,45
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,6
	Gambar				
					



Tabel 4.9: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,5
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4,1
Gambar					
					

Tabel 4.9: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
GS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	14,7
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	20,975
Gambar					
					

## BAB 5

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap pada setiap model rumah toko terhadap getaran gempa *Strike-Slip* maka didapat hasil analisa pada struktur. Bila terkena getaran skenario terburuk gempa, menunjukkan bahwa sebagian elemen struktur sudah mencapai lelehnya.. Untuk respon setiap model terlihat sebagai berikut:

1. Model 1 yang mengalami keruntuhan terhadap 11 rekaman gempa dan yang mengalami kehancuran pertama adalah *groundmotion Victoria Mexico* pada waktu 4,4 detik.
2. Untuk model 2 mengalami keruntuhan terhadap 10 rekaman gempa dan mengalami kehancuran pertama pada *groundmotion Victoria Mexico* pada waktu 4,3 detik.
3. Untuk model 3 mengalami keruntuhan terhadap 10 rekaman gempa dan mengalami kehancuran pertama pada *groundmotion Hector Mine* pada waktu 4,1 detik.
4. Sedangkan untuk model 4 mengalami keruntuhan terhadap 12 rekaman gempa dan mengalami kehancuran pertama pada *groundmotion Victoria Mexico* pada waktu 3,4 detik.
5. Terakhir untuk model 5 mengalami keruntuhan terhadap 12 rekaman gempa dan mengalami kehancuran pertama pada *groundmotion Victoria Mexico* pada waktu 2,05 detik.

Dapat dilihat dari pernyataan diatas maka didapat kesimpulan semua model yang mengalami kehancuran dan tidak layak untuk dipergunakan sebagai tempat tinggal maupun tempat usaha. Untuk model 4 dan 5 adalah model yang akan mengalami *Soft story* atau kehancuran bila seluruh skenario terburuk gempa.

## **5.2. Saran**

1. Dalam tugas akhir ini hanya mengevaluasi bangunan rumah toko yang terdapat di kota Parapat terhadap SNI 1726:2019, diharapkan dapat diteruskan dengan mendesain ulang sesuai standart yang ada.
2. Dalam tugas akhir ini, jika terdapat hasil yang kurang sesuai pada analisa linier dan nonlinier diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada
3. Diharapkan tugas akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013.
- Nasional, B. S. (2017). Baja tulangan beton (SNI 2052:2017). *Standar Nasional Indonesia*, 15.
- SNI 1727:2013 - BSN. (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. Retrieved from [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, (8), 254.
- K. Mahmoud, Prof. Dr. Thamir; Al-Baghdadi, D. H. A. (2018). Seismic Response of Nonseismically Designed Reinforced Concrete Low Rise Buildings. *national Journal of Heat and Mass Transfer*, 24(4), 112–127. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(69\)90071-4](https://doi.org/10.1016/0017-9310(69)90071-4)
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.*
- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018). *Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang*. 13–23.
- Hadibroto, B., Perangin-Angin, S., & Alvan, S. (2012). *Evaluasi Ketahanan Gempa Bangunan Ruko Di Kota Pematang Siantar*. 12(2), 105–119.
- Tamara, M. (2011). *Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar*. 1(1), 1–9.
- Faisal, A., & Mayang Sari, S. (2007). *Perkiraan Kehancuran Bangunan Rumah Toko di Kota Medan Akibat Skenario Terburuk Gempa Subduksi Nias*. 2, 85–93.
- Efrida, R. (2018). Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa. *Educational Building*, 4(1), 62–69. <https://doi.org/10.24114/eb.v4i1.10046>
- Nelwan, I. T., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (2018). Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak dengan Soft First Story dan Penggunaan Braced Frames Element terhadap Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 6(3), 175–188. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19343>

- Soetardjo, Untung, M., Arnold, E. P., Soetadi, R., Ismail, S., & Kertapati, E. K. (1985). In Series on seismology, volume V: Indonesia. (Arnold, E.P., ed.), Southeast Asia association of seismology and earthquake engineering (SEASEE). Denver: USGS press.
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. (2000). Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B12), 28295–28326. <https://doi.org/10.1029/2000jb900120>
- Utomo, D. P., & Purba, B. (2019). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 1(September), 846. <https://doi.org/10.30645/senaris.v1i0.91>
- Natawidjaja, D. H., Sieh, K., Ward, S. N., Cheng, H., Edwards, R. L., Galetzka, J., & Suwargadi, B. W. (2004). Paleogeodetic records of seismic and aseismic subduction from central Sumatran microatolls, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(4), 1–34. <https://doi.org/10.1029/2003JB002398>

## LAMPIRAN

### A.1. Perhitungan Pembebanan Struktur

Dalam Tugas Akhir ini, di jenis pembebanan yang digunakan adalah beban gravitasi. Beban gravitasi dihitung berdasarkan beban hidup dan beban mati yang bekerja pada struktur bangunan kemudian akan dijadikan sebagai beban yang bekerja di pelat lantai pada analisis menggunakan program analisa struktur,

Tabel L.1: Tabel Pembebanan.

No.	Pembebanan	Total
A.	Lantai Atap	
	1. Beban Mati Tambahan	
	a. Plafond	0,05 kN/m <sup>2</sup>
	b. Elektrikal	0,19 kN/m <sup>2</sup>
	Total Beban Mati tambahan pada atap	0,24 kN/m <sup>2</sup>
2. Beban Hidup		
	a. Atap	0,96 kN/m <sup>2</sup>
	Total Beban Hidup pada atap	0,96 kN/m <sup>2</sup>
B.	Lantai Tipikal	
	1. Beban Mati Tambahan	
	a. Plafond	0,05 kN/m <sup>2</sup>
	b. Elektrikal	0,19 kN/m <sup>2</sup>
c. Keramik dan Mortar	0,77 kN/m <sup>2</sup>	
Total Beban Mati tambahan pada Lantai Tipikal	1,01 kN/m <sup>2</sup>	
C.	Beban Dinding	
	1. Beban Mati Tambahan	
	a. Bata 203 mm	3,78 kN/m <sup>3</sup>
b. Plasteran	0,24 kN/m <sup>3</sup>	
Total Beban Mati tambahan	4,06 kN/m <sup>3</sup>	

## A.2. Syarat Periode Struktur

Penentuan periode yang akan digunakan untuk perhitungan gaya geser dasar dan gaya lateral static ekuivalen adalah berdasarkan SNI 1726:2019.

### 1. Model 1

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,9 m
- $h_n$  : 7,9 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0466
- $x$  : 0,9

Tabel L.2: Kontrol periode getar alami struktur Model 1.

Arah	$T_{a \min}$ ( $C_t \times h_n$ )	$T_{a \max}$ ( $C_u \times T_{a \min}$ )	$T_{etabs}$	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0,298	0,417	0,915	0,417	Oke
Y	0,298	0,417	0,915	0,417	Oke

Berdasarkan Tabel L.2, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode maksimum yaitu 0.417 karena nilai periode pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

### 2. Model 2

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 3,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- $h_n$  : 7 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0466
- $x$  : 0,9



Tabel L.3: Kontrol perioda getar alami struktur Model 2.

Arah	$T_{a \min}$ ( $C_t \times h_n$ )	$T_{a \max}$ ( $C_u \times T_{a \min}$ )	$T_{etabs}$	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0,269	0,376	1,072	0,376	Oke
Y	0,269	0,376	0,850	0,376	Oke

Berdasarkan Tabel L.3, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0.376 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

### 3. Model 3

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- $h_n$  : 7,5 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0466
- $x$  : 0,9

Tabel L.4: Kontrol perioda getar alami struktur Model 3.

Arah	$T_{a \min}$ ( $C_t \times h_n$ )	$T_{a \max}$ ( $C_u \times T_{a \min}$ )	$T_{etabs}$	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0,286	0,4	1,375	0,4	Oke
Y	0,286	0,4	0,129	0,4	Oke

Berdasarkan Tabel L.4, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0.4 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

#### 4. Model 4

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 3,3 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,3 m
- $h_n$  : 6,6 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0466
- $x$  : 0,9

Tabel L.5: Kontrol perioda getar alami struktur Model 4.

Arah	$T_{a \min}$ ( $C_t \times h_n$ )	$T_{a \max}$ ( $C_u \times T_{a \min}$ )	$T_{etabs}$	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0,254	0,356	0,72	0,356	Oke
Y	0,254	0,356	0,72	0,356	Oke

Berdasarkan Tabel L.5, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0.356 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

#### 5. Model 5

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 3,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- $h_n$  : 7 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0466
- $x$  : 0,9

Tabel L.6: Kontrol perioda getar alami struktur Model 5.

Arah	$T_{a \min}$ ( $C_t \times h_n$ )	$T_{a \max}$ ( $C_u \times T_{a \min}$ )	$T_{etabs}$	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0,269	0,376	0,84	0,376	Oke
Y	0,269	0,376	0,85	0,376	Oke

Berdasarkan Tabel L.6, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0.376 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

### A.3. Modal Participation Mass Ratios

#### 1. Model 1

Pada Tabel L.7 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.7: Hasil *output* *Modal Participating Mass Ratios* struktur model 1.

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,915	0,868	0,000	87%	0%
Modal	2	0,765	0,003	0,000	87%	0%
Modal	3	0,734	0,000	0,906	87%	91%
Modal	4	0,268	0,122	0,000	99%	91%
Modal	5	0,242	0,000	0,093	99%	100%
Modal	6	0,239	0,005	0,000	100%	100%

Pada Tabel L.8 untuk Model 1, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.8: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1-2	16,39%	Tidak Oke	Oke
2-3	4,05%	Oke	Tidak Oke
3-4	63,49%	Tidak Oke	Oke
4-5	9,70%	Oke	Tidak Oke
5-6	1,24%	Oke	Tidak Oke

## 2. Model 2

Pada Tabel L.9 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.9: Hasil *output* *Modal Participating Mass Ratios* struktur model 2.

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,072	0	0,9429	0%	94%
Modal	2	0,85	0,7037	0	70%	94%
Modal	3	0,743	0,2098	0	91%	94%
Modal	4	0,406	0	0,0571	91%	100%
Modal	5	0,302	0,059	0	97%	100%
Modal	6	0,265	0,027	0	100%	100%

Pada Tabel L.10 untuk Model 2, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.10: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1-2	20,71%	Tidak Oke	Oke
2-3	12,59%	Oke	Tidak Oke
3-4	45,36%	Tidak Oke	Oke
4-5	25,62%	Tidak Oke	Oke
5-6	12,25%	Oke	Tidak Oke

### 3. Model 3

Pada Tabel L.11 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.11: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 3.

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,375	0	0,9686	0%	97%
Modal	2	1,129	0,0324	0	3%	97%
Modal	3	0,983	0,9195	0	95%	97%
Modal	4	0,453	0	0,0314	95%	100%
Modal	5	0,373	0,0004	0	95%	100%
Modal	6	0,32	0,0475	0	100%	100%

Pada Tabel L.12 untuk Model 3, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.12: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1-2	17,89%	Tidak Oke	Oke
2-3	12,93%	Oke	Tidak Oke
3-4	53,92%	Tidak Oke	Oke
4-5	17,66%	Tidak Oke	Oke
5-6	14,21%	Oke	Tidak Oke

### 4. Model 4

Pada Tabel L.13 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.13: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 4.

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,72	0,8994	0	90%	0%
Modal	2	0,72	0	0,9112	90%	91%
Modal	3	0,646	0,0185	0	92%	91%
Modal	4	0,249	0	0,0883	92%	100%
Modal	5	0,249	0,0805	0	100%	100%
Modal	6	0,225	0,0011	0	100.0%	100.0%

Pada Tabel L.14 untuk Model 4, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.14: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1-2	0,00%	Oke	Tidak Oke
2-3	10,28%	Oke	Tidak Oke
3-4	61,46%	Tidak Oke	Oke
4-5	0,00%	Oke	Tidak Oke
5-6	9,64%	Oke	Tidak Oke

#### 5. Model 4

Pada Tabel L.15 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.15: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 5.

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,84	0,886	0,006	89%	1%
Modal	2	0,839	0,006	0,9108	89%	92%
Modal	3	0,76	0,0311	0,0001	92%	92%
Modal	4	0,3	0,0026	0,0798	93%	100%
Modal	5	0,3	0,0712	0,0031	100%	100%
Modal	6	0,274	0,0029	0,00002497	100%	100%

Pada Tabel L.16 untuk Model 5, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.16: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1-2	0,12%	Oke	Tidak Oke
2-3	9,42%	Oke	Tidak Oke
3-4	60,53%	Tidak Oke	Oke
4-5	0,00%	Oke	Tidak Oke
5-6	8,67%	Oke	Tidak Oke

#### A.4. Berat Sendiri Struktur

##### 1. Model 1

Tabel L.17: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 1.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
2	79176,3
1	115598
Base	6048
Total	200822,2

Dapat dilihat pada Tabel L.17 bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 200822,2kN.

##### 2. Model 2

Tabel L.18: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 2.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
2	127565,08
1	190834,82
Base	4536
Total	322935,9

Dapat dilihat pada Tabel L.18 bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 322935,9 kN.

3. Model 3

Tabel L.19: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 3.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
2	151724,85
1	212011,3
Base	6075
Total	369811,15

Dapat dilihat pada Tabel L.19 bahwa berat total struktur untuk Model 3 adalah 369811,15 kN.

4. Model 4

Tabel L.20: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 4.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
2	174957,81
1	247301,87
Base	6909
Total	429168,68

Dapat dilihat pada Tabel L.20 bahwa berat total struktur untuk Model 4 adalah 429168,68 kN.

5. Model 5

Tabel L.21: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 5.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
2	190766,3
1	283589,76
Base	8400
Total	482756,06



Dapat dilihat pada Tabel L.21 bahwa berat total struktur untuk Model 5 adalah 482756,06 kN.

### A.5. Perhitungan Gaya Geser Dasar dan Gaya Lateral Statik Ekuivalen

Gaya geser dasar yang digunakan untuk menghitung gaya lateral statik ekuivalen ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019.

#### 1. Model 1

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai  $C_s$  di dapat karena nilai  $C_s$  berada diantara  $C_{s\ min}$  dan  $C_{s\ max}$ . Maka yang digunakan adalah nilai  $C_s$  sesuai yang terdapat pada Tabel L.22.

Tabel L.22: Perhitungan Nilai  $C_s$  dan  $V$ .

	Arah	
	X	Y
$S_{D1}$	0,579 g	0,579 g
$S_{DS}$	0,707 g	0,707 g
R	8	8
$I_e$	1	1
$S_1$	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,243	0,243
$C_{s\ min} = 0,044S_{DS}, I_e \geq 0,01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	174,002419	174,002419

Berdasarkan Tabel L.22 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 1 adalah 174,002419.

Tabel L.23: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	158,4689	203,7038

Dari Tabel L.23, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 158,4689 untuk arah X dan 203,7038 untuk arah Y.

## 2. Model 2

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai  $C_s$  di dapat karena nilai  $C_s$  berada diantara  $C_{s\ min}$  dan  $C_{s\ max}$ . Maka yang digunakan adalah nilai  $C_s$  sesuai yang terdapat pada Tabel L.24.

Tabel L.24: Perhitungan Nilai  $C_s$  dan  $V$ .

	Arah	
	X	Y
$S_{D1}$	0,579 g	0,579 g
$S_{DS}$	0,707 g	0,707 g
R	8	8
$I_e$	1	1
$S_1$	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,192	0,192
$C_{s\ min} = 0,044S_{DS}, I_e \geq 0,01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	279,8078349	279,8078349

Berdasarkan Tabel L.24 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 2 adalah 279,8078349.

Tabel L.25: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	260,1643	236,6275

Dari Tabel L.25, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 260,1643 untuk arah X dan 236,6275 untuk arah Y.

### 3. Model 3

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai  $C_s$  di dapat karena nilai  $C_s$  berada diantara  $C_{s\ min}$  dan  $C_{s\ max}$ . Maka yang digunakan adalah nilai  $C_s$  sesuai yang terdapat pada Tabel L.26.

Tabel L.26: Perhitungan Nilai  $C_s$  dan  $V$ .

	Arah	
	X	Y
$S_{D1}$	0,579 g	0,579 g
$S_{DS}$	0,707 g	0,707 g
R	8	8
$I_e$	1	1
$S_1$	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,181	0,181
$C_{s\ min} = 0,044S_{DS}, I_e \geq 0,01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	320,4228988	320,4228988

Berdasarkan Tabel L.26 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 3 adalah 320,4228988.

Tabel L.27: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	308,5158	215,8471

Dari Tabel L.27, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 308,5158 untuk arah X dan 215,8471 untuk arah Y.

#### 4. Model 4

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai  $C_s$  di dapat karena nilai  $C_s$  berada diantara  $C_{s\ min}$  dan  $C_{s\ max}$ . Maka yang digunakan adalah nilai  $C_s$  sesuai yang terdapat pada Tabel L.28.

Tabel L.28: Perhitungan Nilai  $C_s$  dan  $V$ .

	Arah	
	X	Y
$S_{D1}$	0,579 g	0,579 g
$S_{DS}$	0,707 g	0,707 g
R	8	8
$I_e$	1	1
$S_1$	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,203	0,203
$C_{s\ min} = 0,044S_{DS}, I_e \geq 0,01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	371,8532351	371,8532351

Berdasarkan Tabel L.28 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 4 adalah 371,8532351.

Tabel L.29: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	450,2288	452,2518

Dari Tabel L.29, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 450,2288 untuk arah X dan 452,2518 untuk arah Y.

## 5. Model 5

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai  $C_s$  di dapat karena nilai  $C_s$  berada diantara  $C_{s\ min}$  dan  $C_{s\ max}$ . Maka yang digunakan adalah nilai  $C_s$  sesuai yang terdapat pada Tabel L.30.

Tabel L.30: Perhitungan Nilai  $C_s$  dan  $V$ .

	Arah	
	X	Y
$S_{D1}$	0,579 g	0,579 g
$S_{DS}$	0,707 g	0,707 g
R	8	8
$I_e$	1	1
$S_1$	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,192	0,192
$C_{s\ min} = 0,044S_{DS}, I_e \geq 0,01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088c	0,088
$V = C_s \times W_t$	418,2840246	418,2840246

Berdasarkan Tabel L.30 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 5 adalah 418,2840246.

Tabel L.31: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	460,3446	465,5191

Dari Tabel L.31, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 460,3446 untuk arah X dan 465,5191 untuk arah Y.

## A.6. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear*

### A.6.1. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 1

Tabel L.32: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 1 arah X.

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	48,2062	60,90	Tidak Oke
1	66,4804	60,90	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.32 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 2.

Tabel L.33: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 1 arah Y

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	48,2062	60,90	Tidak Oke
1	66,4804	60,90	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.33 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 2.

### A.6.2. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 2

Tabel L.34: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah X.

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	146,034	97,93	Oke
1	260,164	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.34 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.35: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah Y

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	127,3402	97,93	Oke
1	236,6275	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.35 setiap lantai telah memenuhi syarat.

### A.6.3. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 3

Tabel L.36: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 3 arah X.

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	94,9902	112,15	Tidak Oke
1	132,746	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.36 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 2.

Tabel L.37: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 3 arah Y

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	166,9801	112,15	Oke
1	308,5158	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.37 setiap lantai telah memenuhi syarat.

#### **A.6.4. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 4**

Tabel L.38: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 4 arah X.

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	256,446	130,15	Oke
1	450,201	130,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.38 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.39: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 4 arah Y

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	259,5294	130,15	Oke
1	452,2516	130,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.39 setiap lantai telah memenuhi syarat.

#### **A.6.5. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 5**

Tabel L.40: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 5 arah X.

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	255,15	146,40	Oke
1	460,345	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.40 setiap lantai telah memenuhi syarat.



Tabel L.41: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 5 arah Y

Story	V <sub>x</sub>	35% Base Share	Cek
2	260,2335	146,40	Oke
1	465,5191	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.41 setiap lantai telah memenuhi syarat.

## A.7. Nilai Simpangan Gedung

### A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

Tabel L.42: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\frac{\Delta_{ijin}}{(0.025 h_{sx})}$	Cek
2	X	27,147	14,367	79,0185	3850	96,25	Oke
1	X	12,78	12,78	70,29	4000	100	Oke

Berdasarkan Tabel L.42, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.43: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\frac{\Delta_{ijin}}{(0.025 h_{sx})}$	Cek
2	Y	19,319	8,933	49,1315	3850	96,25	Oke
1	Y	10,386	10,386	57,123	4000	100	Oke

Berdasarkan Tabel L.43, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah Y telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

### A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 2

Tabel L.44: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	Cek
2	X	19,572	8,862	48,741	3500	87,5	Oke
1	X	10,710	10,71	58,905	3500	87,5	Oke

Berdasarkan Tabel L.44, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.45: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	Cek
2	Y	27,854	10,64	58,52	3500	87,5	Oke
1	Y	17,214	17,214	94,677	3500	87,5	Tidak oke

Berdasarkan Tabel L.45, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari  $\Delta_{ijin}$ .

### A.7.3. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 3

Tabel L.46: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	Cek
2	X	26,288	9,441	51,9255	3500	87,5	Oke
1	X	16,847	16,847	92,6585	4000	100	Oke

Berdasarkan Tabel L.46, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.47: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\frac{\Delta_{ijin}}{(0.025 h_{sx})}$	Cek
2	Y	34,089	10,161	55,8855	3500	87,5	Oke
1	Y	23,928	23,928	131,604	4000	100	Tidak oke

Berdasarkan Tabel L.47, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari  $\Delta_{ijin}$ .

#### A.7.4. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 4

Tabel L.48: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 4 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\frac{\Delta_{ijin}}{(0.025 h_{sx})}$	Cek
2	X	18,864	8,426	46,343	3290	82,25	Oke
1	X	10,438	10,438	57,409	3290	82,25	Oke

Berdasarkan Tabel L.48, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.49: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 4 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\frac{\delta_{xe}}{(\delta_{ex} - \delta_{ex-1})}$	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\frac{\Delta_{ijin}}{(0.025 h_{sx})}$	Cek
2	Y	17,417	6,03	33,165	3290	82,25	Oke
1	Y	11,387	11,387	62,6285	3290	82,25	Oke

Berdasarkan Tabel L.49, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah Y telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

### A.7.5. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 5

Tabel L.50: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 5 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\delta_{xe}$ ( $\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$ )	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	Cek
2	X	23,248	10,059	55,3245	3500	87,5	Oke
1	X	13,189	13,189	72,5395	3500	87,5	Oke

Berdasarkan Tabel L.50, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.51: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 5 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\delta_{xe}$ ( $\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$ )	$\frac{\Delta_x}{(\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e})}$	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	Cek
2	Y	21,773	9,186	50,523	3500	87,5	Oke
1	Y	12,587	12,587	69,2285	3500	87,5	Oke

Berdasarkan Tabel L.51, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah Y telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

## A.8. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

### A.8.1. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 1

Tabel L.52: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

Story	Stiffness X (kN/m)	Cek	Stiffness Y (kN/m)	Cek
Lantai 2	7245,689		12476,303	
Lantai 1	13648,769	Oke	19301,606	Oke

#### A.8.2. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 2

Tabel L.53: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

<i>Story</i>	<i>Stiffness X</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek	<i>Stiffness Y</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek
Lantai 2	13805,938		9600,172	
Lantai 1	20763,144	Oke	11911,021	Oke

#### A.8.3. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 3

Tabel L.54: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

<i>Story</i>	<i>Stiffness X</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek	<i>Stiffness Y</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek
Lantai 2	17334,463		8871,394	
Lantai 1	18104,186	Oke	7825,879	Oke

#### A.8.4. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 4

Tabel L.55: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

<i>Story</i>	<i>Stiffness X</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek	<i>Stiffness Y</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek
Lantai 2	30210,333		27127,975	
Lantai 1	43234,66	Oke	39141,14	Oke

#### A.8.5. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 5

Tabel L.56: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

<i>Story</i>	<i>Stiffness X</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek	<i>Stiffness Y</i> ( <i>kN/m</i> )	Cek
Lantai 2	24987,862		22977,137	
Lantai 1	35092,264	Oke	32873,028	Oke

## A.9. Pengaruh Efek P-Delta

### A.9.1. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 1

Tabel L.57: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\theta_x$ $\left( \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	1473,50	79,02	1	48,21	3500	5,50	0,125	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	3224,69	70,29	1	66,48	4000	5,50	0,155	P- $\Delta$ dapat diabaikan

Tabel L.58: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Story	Py	$\Delta y$	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\theta_x$ $\left( \frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	1473,5	49,13	1	48,21	3500	5,50	0,078	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	3224,7	57,12	1	66,48	4000	5,50	0,126	P- $\Delta$ dapat diabaikan

### A.9.2. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 2

Tabel L.59: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\theta_x$ $\left( \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	321,67	48,74	1	146,03	3500	5,50	0,006	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	1165,54	58,91	1	260,16	3500	5,50	0,014	P- $\Delta$ dapat diabaikan

Tabel L.60: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\theta_x$ $\left( \frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	321,67	58,52	1	127,34	3500	5,50	0,008	P-Δ dapat diabaikan
1	1165,54	94,68	1	236,63	3500	5,50	0,024	P-Δ dapat diabaikan

### A.9.3. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 3

Tabel L.61: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\theta_x$ $\left( \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	367,20	51,93	1	94,99	3500	5,50	0,010	P-Δ dapat diabaikan
1	1164,2	92,66	1	132,75	3500	5,50	0,042	P-Δ dapat diabaikan

Tabel L.62: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\theta_x$ $\left( \frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	367,2	55,9	1	166,9	3500	5,50	0,006	P-Δ dapat diabaikan
1	1164,2	131,6	1	308,5	3500	5,50	0,026	P-Δ dapat diabaikan

#### A.9.4. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 4

Tabel L.63: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\theta_x$ $\left( \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	2292,6	46,34	1	256,45	3500	5,50	0,022	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	4461,3	57,41	1	450,20	3500	5,50	0,030	P- $\Delta$ dapat diabaikan

Tabel L.64: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Story	Py	$\Delta y$	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\theta_x$ $\left( \frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	2292,6	33,16	1	259,5	3500	5,50	0,015	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	4461,3	62,63	1	452,2	3500	5,50	0,032	P- $\Delta$ dapat diabaikan

#### A.9.5. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 5

Tabel L.65: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\theta_x$ $\left( \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	2485,1	55,3	1	255,15	3500	5,50	0,028	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	4866,1	72,5	1	460,34	3500	5,50	0,039	P- $\Delta$ dapat diabaikan



Tabel L.66: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Stor y	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\theta_x$ $\left( \frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	2485,1	50,5	1	260,23	3500	5,50	0,025	P-Δ dapat diabaikan
1	4866,1	69,2	1	465,52	3500	5,50	0,038	P-Δ dapat diabaikan

#### A.10. Hasil Analisa Non Linier

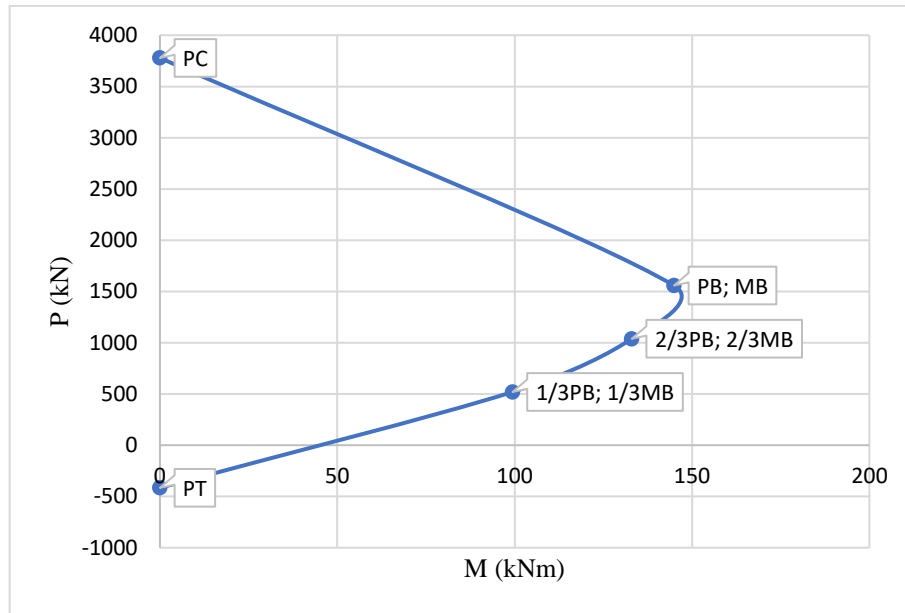
Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur rumah toko yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa *strike-slip*.

##### A.10.1. Diagram Interaksi Kolom & *Moment Curvature* Balok

###### A.10.1.1. Model 1

Tabel L.67: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 30x30 cm Model 1.

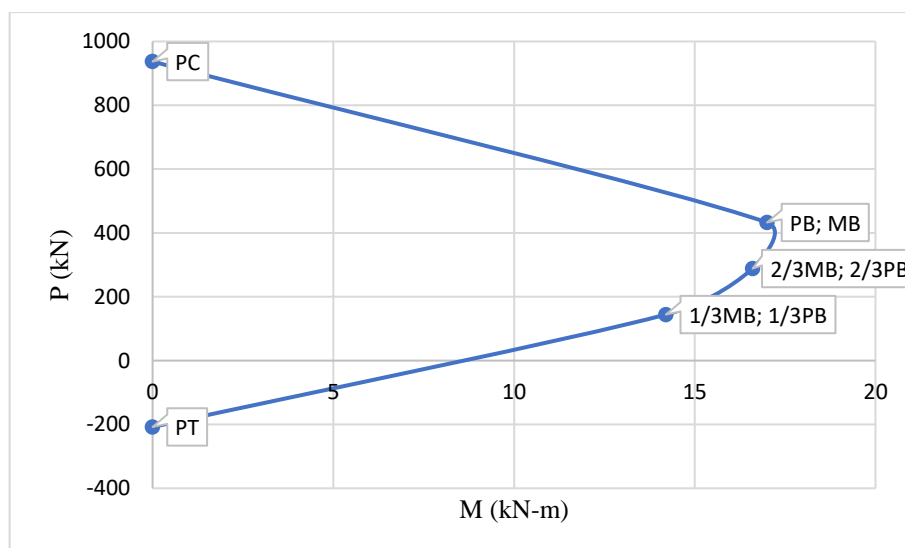
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	3778,5	-	-
PB	1558,1	MB	144,9
(1/3)*PB	519,4	(1/3)*MB	99,4
(2/3)*PB	1038,7	(2/3)*MB	133



Gambar L.1: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.68: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 1.

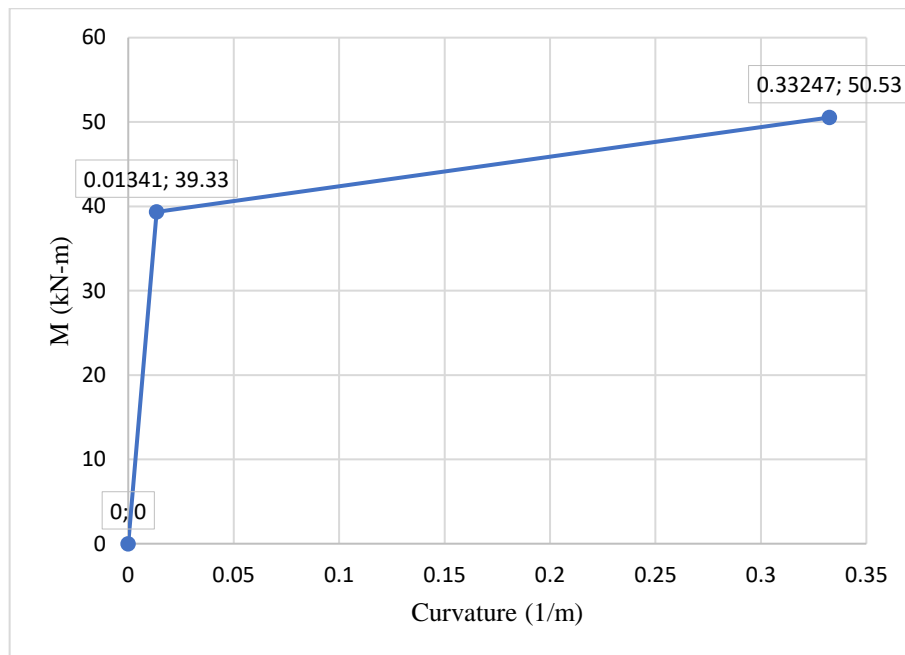
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.2: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.69: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 1.

<i>Curvature</i> (1/m)	<i>Moment</i> (kN-m)	<i>Displacement</i> (m)	<i>Force</i> (kN)
0	0	0	0
0,01341	39,33	0,00316	78,66
0,33247	50,53	0,04912	101,07

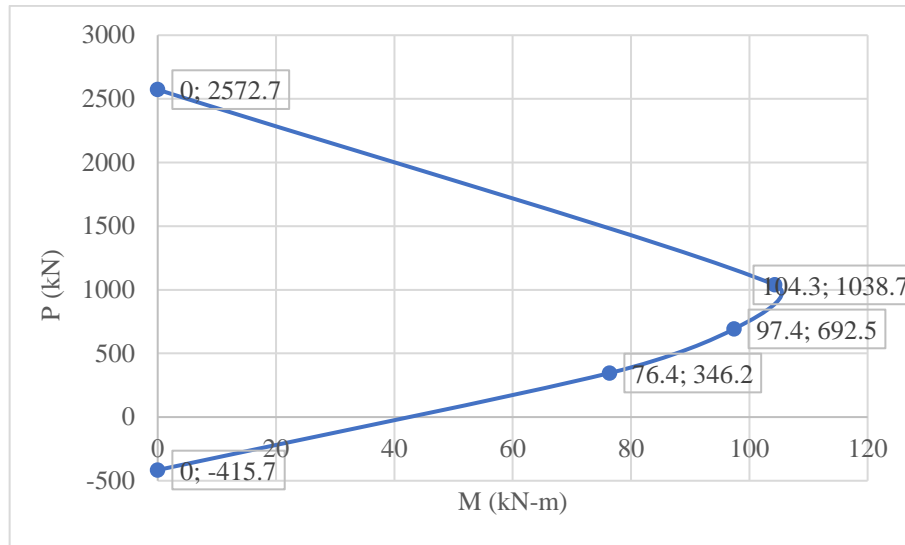


Gambar L.3: *Moment curvature* pada balok.

#### A.10.1.2. Model 2

Tabel L.70: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 30x20 cm Model 2.

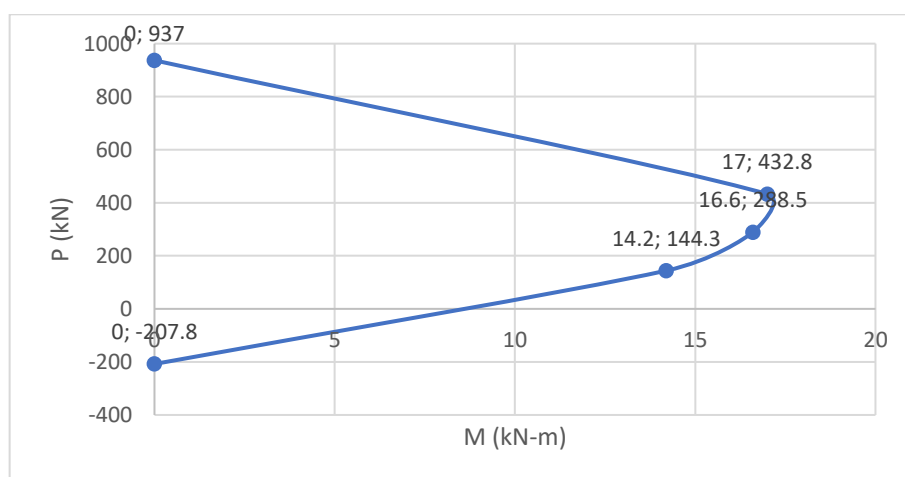
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2572,7	-	-
PB	1038,7	MB	104,3
(1/3)*PB	346,2	(1/3)*MB	76,4
(2/3)*PB	692,5	(2/3)*MB	97,4



Gambar L.4: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.71: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 2.

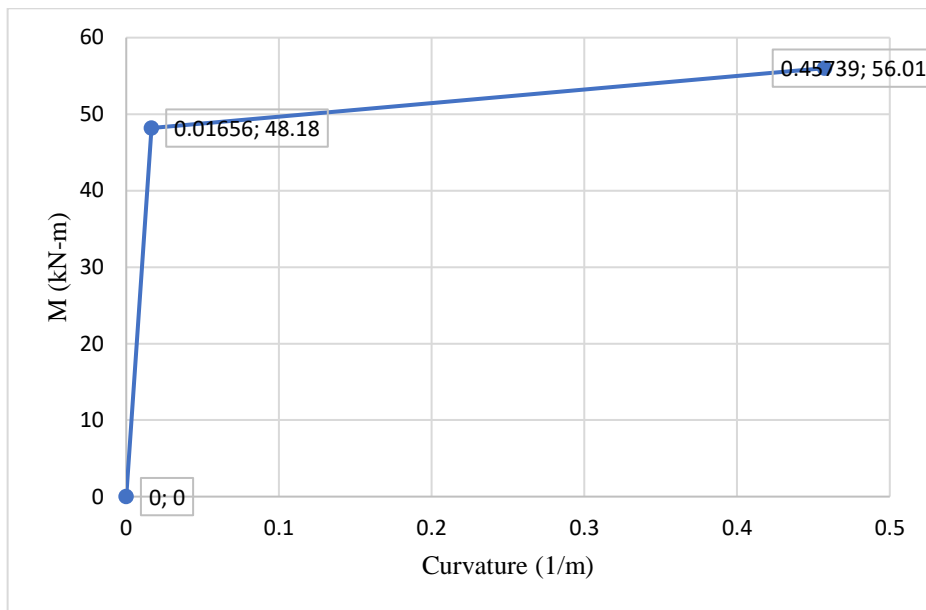
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.5: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.72: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 5.

<i>Curvature</i> (1/m)	<i>Moment</i> (kN-m)	<i>Displacement</i> (m)	<i>Force</i> (kN)
0	0	0	0
0,01656	48,18	0,07413	19,27
0,45739	56,01	0,7315	22,41

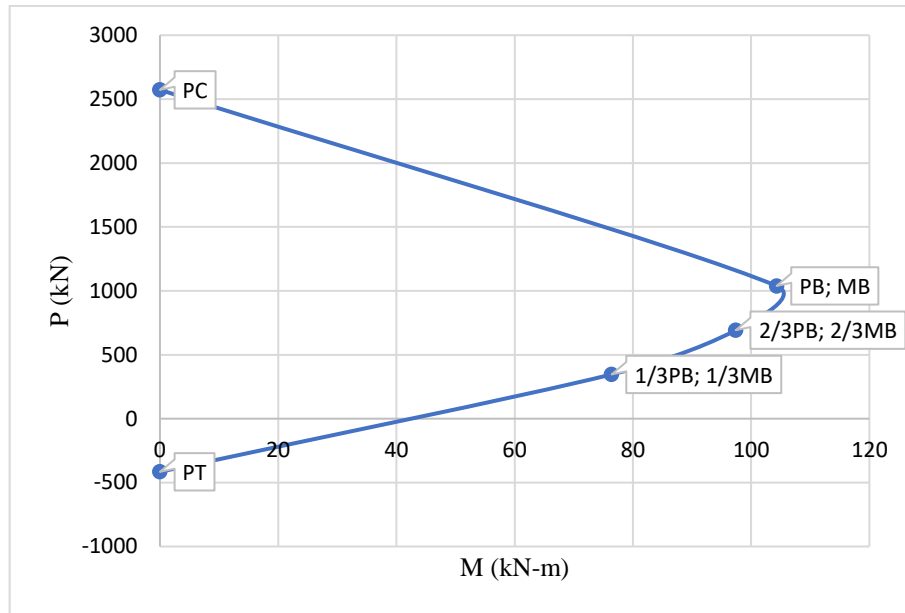


Gambar L.6: *Moment curvature* pada balok

### A.10.1.3. Model 3

Tabel L.73: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 20x30 cm Model 3.

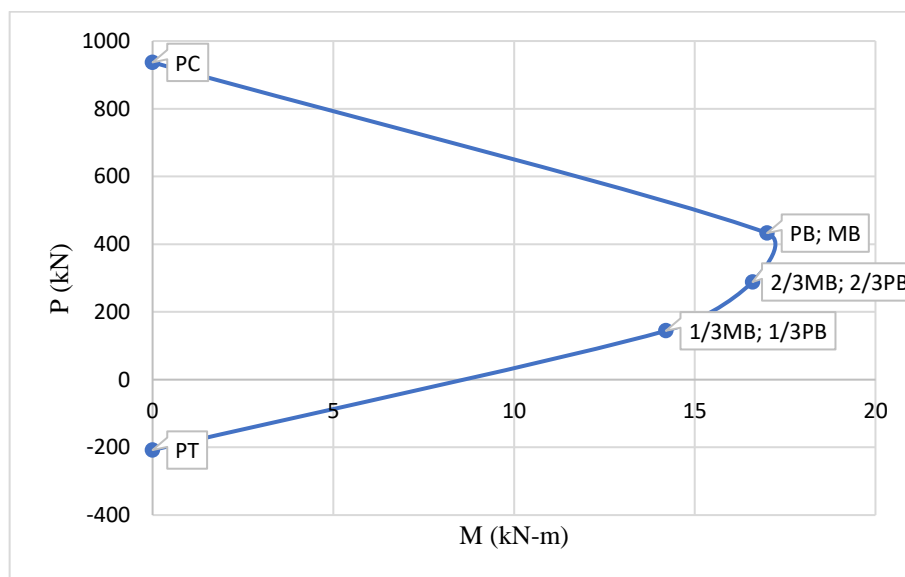
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2572,7	-	-
PB	1038,7	MB	104,3
(1/3)*PB	346,2	(1/3)*MB	76,4
(2/3)*PB	692,5	(2/3)*MB	97,4



Gambar L.7: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.74: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 3.

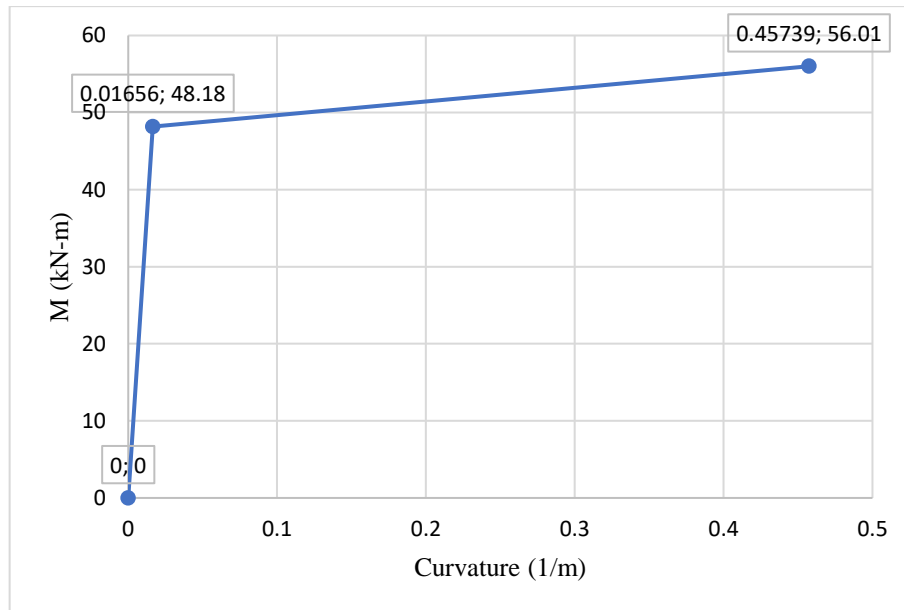
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.8: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.75: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 3.

<i>Curvature</i> (1/m)	<i>Moment</i> (kN-m)	<i>Displacement</i> (m)	<i>Force</i> (kN)
0	0	0	0
0,01656	48,18	0,00427	96,36
0,45739	56,01	0,09410	112,03

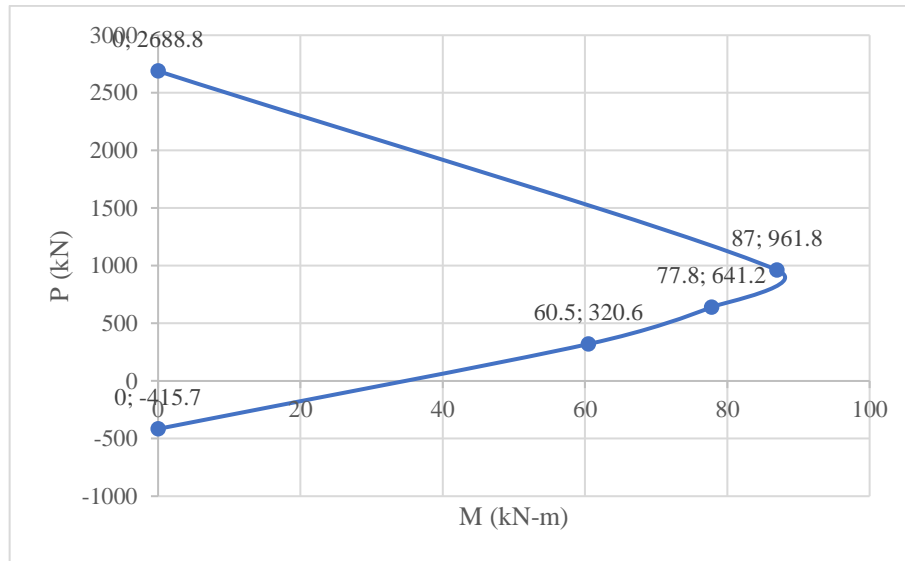


Gambar L.9: *Moment curvature* pada balok.

#### A.10.1.4. Model 4

Tabel L.76: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 25x25 cm Model 4.

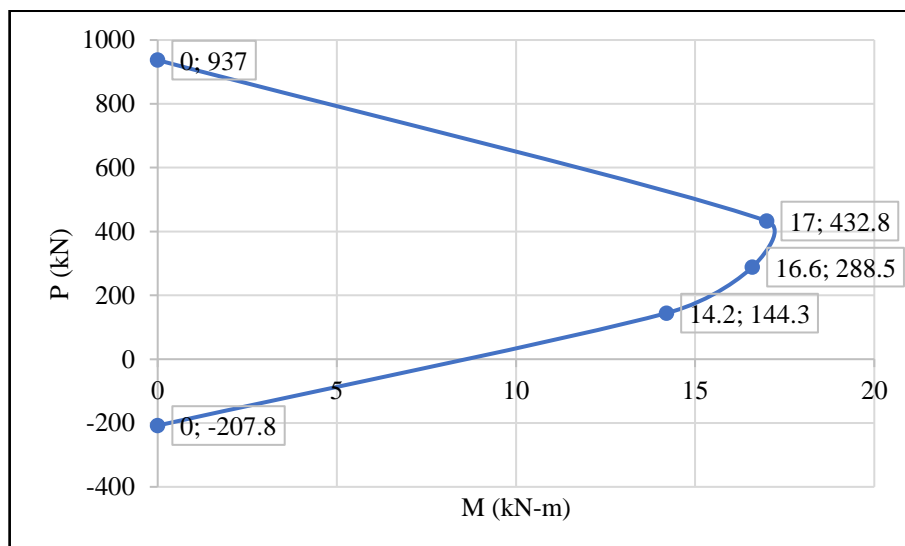
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2688,8	-	-
PB	961,8	MB	87
(1/3)*PB	320,6	(1/3)*MB	60,5
(2/3)*PB	641,2	(2/3)*MB	77,8



Gambar L.10: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.77: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 20x30 cm Model 4.

Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6

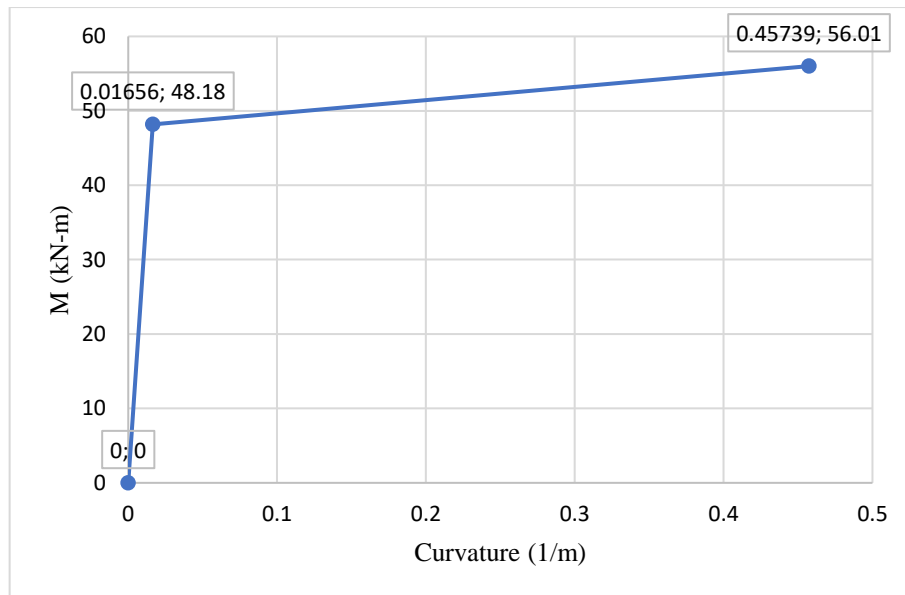


Gambar L.11: Diagram interaksi kolom



Tabel L.78: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 4.

<i>Curvature</i> (1/m)	<i>Moment</i> (kN-m)	<i>Displacement</i> (m)	<i>Force</i> (kN)
0	0	0	0
0,01656	48,18	0,00823	64,24
0,45739	56,01	0,14212	74,68

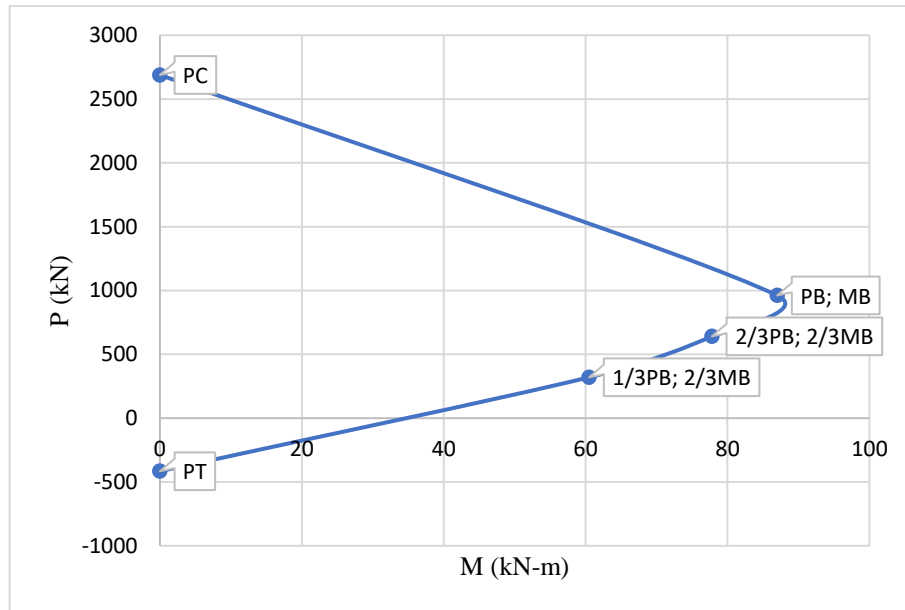


Gambar L.12: *Moment curvature* pada balok.

#### A.10.1.5. Model 5

Tabel L.79: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 25x25 cm Model 5.

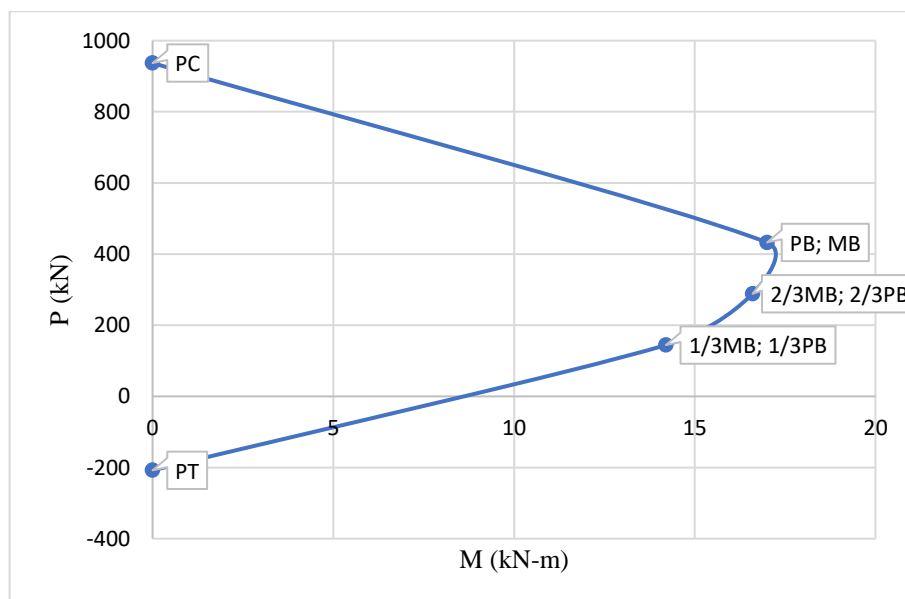
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2688,8	-	-
PB	961,8	MB	
(1/3)*PB	320,6	(1/3)*MB	60,5
(2/3)*PB	641,2	(2/3)*MB	77,8



Gambar L.13: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.80: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 5.

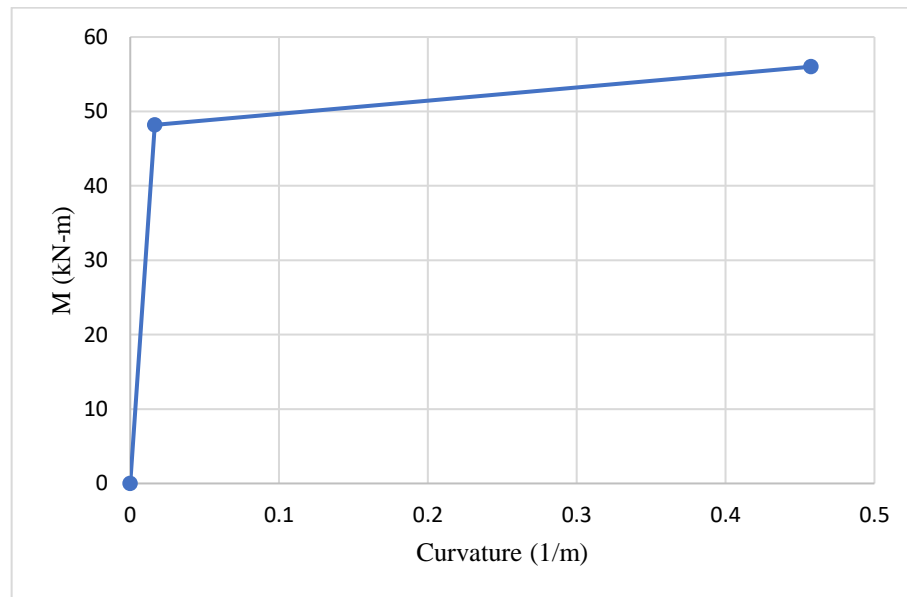
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.14: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.81: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 5.

<i>Curvature</i> (1/m)	<i>Moment</i> (kN-m)	<i>Displacement</i> (m)	<i>Force</i> (kN)
0	0	0	0
0,01656	48,18	0,00427	96,36
0,45739	56,01	0,09410	112,03



Gambar L.15: *Moment curvature* pada balok.

### A.10.2. *Story Drift*

#### 1. Model 1

Tabel L.82: *Story Drift* untuk Model 1

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs1	BASE	0	0
	1	0,07575	0,8351
	2	0,07617	0,8743
Gs2	BASE	0	0
	1	0,7001	1,816
	2	0,8376	0,8363

Tabel L.82: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs3	BASE	0	0
	1	0,2272	4,449
	2	0,2693	2,652
Gs4	BASE	0	0
	1	0,06505	5,05
	2	0,08775	2,667
Gs5	BASE	0	0
	1	0,619	6,305
	2	0,7602	3,552
Gs6	BASE	0	0
	1	0,307	6,112
	2	0,4435	3,026
Gs7	BASE	0	0
	1	0,7295	4,068
	2	1,06	1,938
Gs8	BASE	0	0
	1	2,361	4,945
	2	1,591	2,704
Gs9	BASE	0	0
	1	1,443	3,766
	2	0,7445	1,022
Gs10	BASE	0	0
	1	0,1877	0,353
	2	0,3606	0,4651
Gs11	BASE	0	0
	1	0,07163	0,08261
	2	0,1107	0,08605
Gs12	BASE	0	0
	1	0,6371	4,646
	2	0,614	1,801

2. Model 2

Tabel L.83: *Story Drift* untuk Model 2

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs1	BASE	0	0
	1	4,07	4,039
	2	3,115	4,308
Gs2	BASE	0	0
	1	10,85	7,851
	2	13,15	11,79
Gs3	BASE	0	0
	1	0,256	1,058
	2	0,2845	0,6727
Gs4	BASE	0	0
	1	4,343	9,125
	2	3,033	10,2
Gs5	BASE	0	0
	1	0,8854	1,095
	2	1,201	0,823
Gs6	BASE	0	0
	1	0,472	6,753
	2	0,5999	3,061
Gs7	BASE	0	0
	1	1,428	2,663
	2	2,189	2,684
Gs8	BASE	0	0
	1	1,678	18,02
	2	2,063	7,373
Gs9	BASE	0	0
	1	0,04803	0,02505
	2	0,06131	0,04529
Gs10	BASE	0	0
	1	0,1877	0,1389
	2	0,3606	0,1668

Tabel L.83: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs11	BASE	0	0
	1	0,03798	0,005504
	2	0,05731	0,01037
Gs12	BASE	0	0
	1	0,6501	0,1923
	2	0,7668	0,2281

## 3. Model 3

Tabel L.84: *Story Drift* untuk Model 3

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs1	BASE	0	0
	1	0,07293	0,1287
	2	0,07429	0,1343
Gs2	BASE	0	0
	1	0,823	1,143
	2	0,6753	0,5506
Gs3	BASE	0	0
	1	0,2442	4,312
	2	0,2597	2,009
Gs4	BASE	0	0
	1	0,06505	2,197
	2	0,07737	0,8445
Gs5	BASE	0	0
	1	0,9942	4,703
	2	0,8996	1,773
Gs6	BASE	0	0
	1	0,3285	2,131
	2	0,4532	0,9333
Gs7	BASE	0	0
	1	0,9412	3,586
	2	0,6354	1,704

Tabel L.84: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs8	BASE	0	0
	1	1,805	4,486
	2	1,733	1,83
Gs9	BASE	0	0
	1	0,7814	3,603
	2	0,6043	0,8478
Gs10	BASE	0	0
	1	0,1877	0,1358
	2	0,3606	0,1573
Gs11	BASE	0	0
	1	0,0737	0,07818
	2	0,08947	0,08435
Gs12	BASE	0	0
	1	0,6746	3,335
	2	0,3295	0,9783

## 4. Model 4

Tabel L.85: *Story Drift* untuk Model 4

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs1	BASE	0	0
	1	0,06715	3,426
	2	0,07489	2,724
Gs2	BASE	0	0
	1	0,8578	8,504
	2	1,027	5,401
Gs3	BASE	0	0
	1	0,2283	4,171
	2	0,2553	3,633
Gs4	BASE	0	0
	1	0,0813	5,447
	2	0,1014	5,024

Tabel L.85: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs5	BASE	0	0
	1	0,7815	1,836
	2	1,041	3,098
Gs6	BASE	0	0
	1	0,246	5,469
	2	0,2699	4,851
Gs7	BASE	0	0
	1	0,7343	6,799
	2	1,164	4,833
Gs8	BASE	0	0
	1	1,966	12,8
	2	1,642	6,378
Gs9	BASE	0	0
	1	1,098	0,5361
	2	0,85	0,5795
Gs10	BASE	0	0
	1	0,1877	1,343
	2	0,3606	1,07
Gs11	BASE	0	0
	1	0,07804	1,091
	2	0,08681	0,862
Gs12	BASE	0	0
	1	0,4308	4,457
	2	0,7681	2,118

## 5. Model 5

Tabel L.86: *Story Drift* untuk Model 5

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs1	BASE	0	0
	1	0,07	3,996
	2	0,0783	3,677



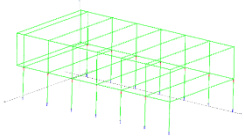
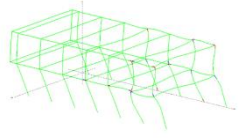
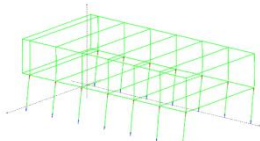
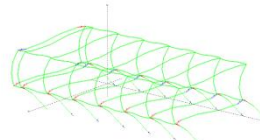
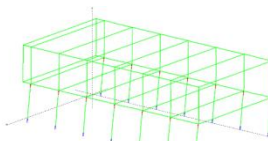
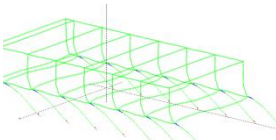
Tabel L.86: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Arah X	Arah Y
		Perpindahan	Perpindahan
Gs2	BASE	0	0
	1	0,9685	7,51
	2	1,353	5,815
Gs3	BASE	0	0
	1	0,2331	0,3612
	2	0,2746	2,168
Gs4	BASE	0	0
	1	0,08657	5,508
	2	0,09713	4,711
Gs5	BASE	0	0
	1	0,9378	7,145
	2	1,048	5,912
Gs6	BASE	0	0
	1	0,2448	3,173
	2	0,288	2,658
Gs7	BASE	0	0
	1	0,8037	5,998
	2	1,953	4,211
Gs8	BASE	0	0
	1	1,855	2,706
	2	2,885	2,196
Gs9	BASE	0	0
	1	0,7059	1,223
	2	1,567	1,184
Gs10	BASE	0	0
	1	0,1877	2,542
	2	0,3606	2,431
Gs11	BASE	0	0
	1	0,1109	1,292
	2	0,1177	1,279
Gs12	BASE	0	0
	1	0,3305	4,202
	2	1,092	3,205

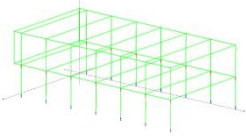
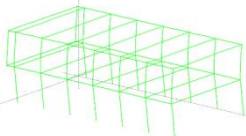
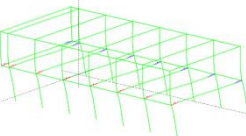
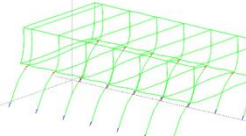
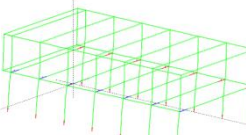
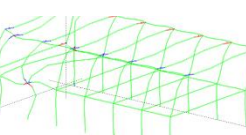
### A.10.3.Pola Keruntuhan

#### 1. Model 1

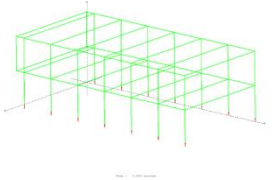
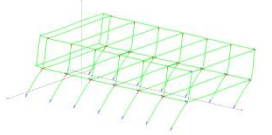
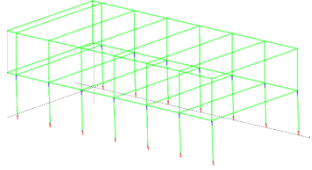
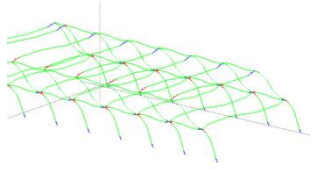
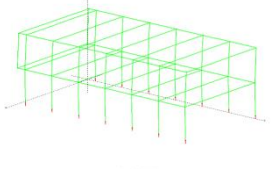
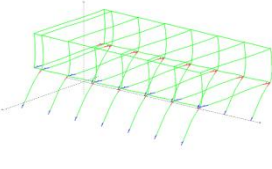
Tabel L.87: Pola Keruntuhan untuk model 1

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,525	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	18,4	
Gs2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,125	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6,825	
Gs3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4,4	

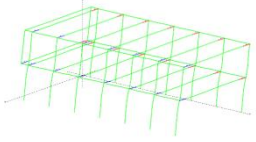
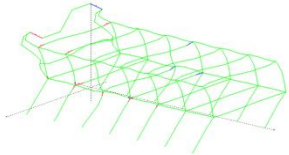
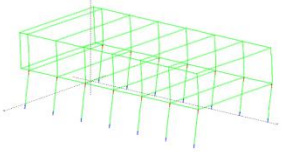
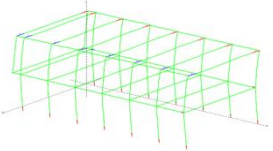
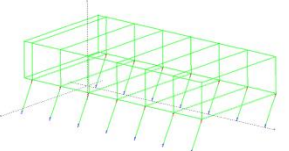
Tabel L.87: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	8,375	
Gs5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1,9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	5,3	
Gs6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,8	

Tabel L.87: Lanjutan

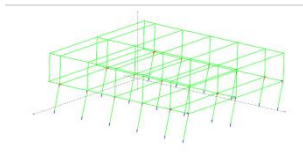
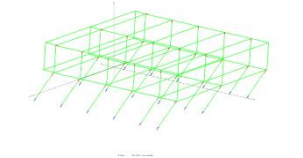
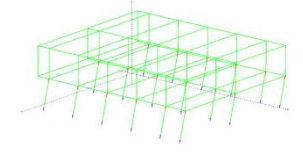
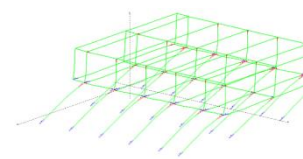
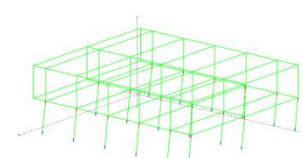
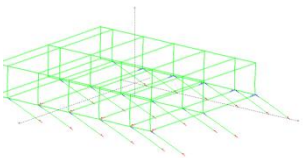
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,95	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	10,675	
Gs8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6	
Gs9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	24,575	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	33,675	

Tabel L.87: Lanjutan

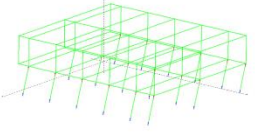
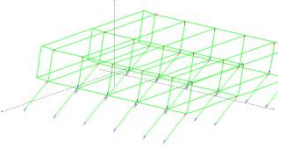
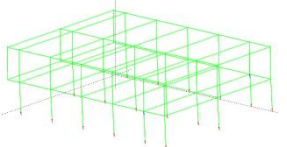
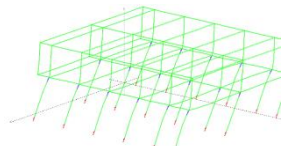
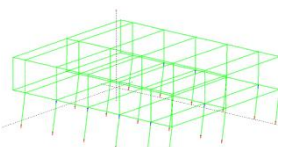
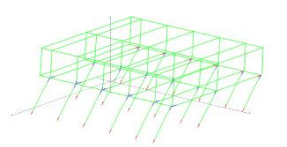
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	15,15	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	40,7	
Gs11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	25,6	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	-
Gs12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	16,85	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	19,15	

2. Model 2

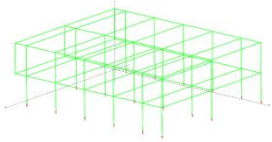
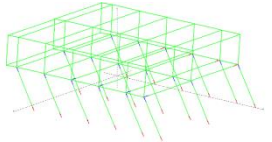
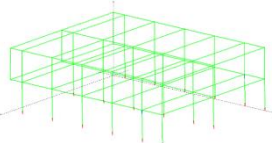
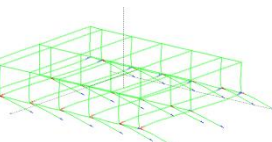
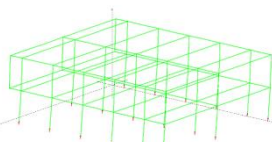
Tabel L.88: Pola Keruntuhan untuk model 2

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	5,175	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	8,025	
Gs2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,625	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4,525	
Gs3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,85	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4,3	

Tabel L.88: *Lanjutan*

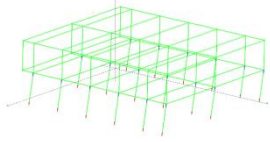
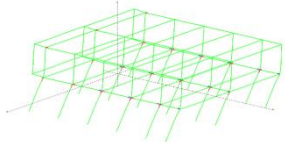
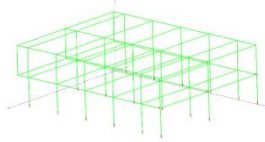
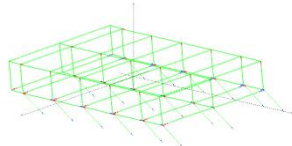
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3,475	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	9,25	
Gs5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3,2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	8,1	
Gs6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6,4	

Tabel L.88: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,725	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka	13,075	
Gs8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	5,9	
Gs9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	27,425	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	

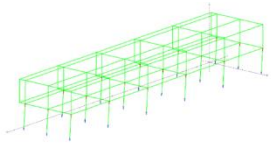
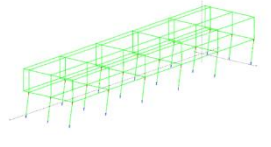
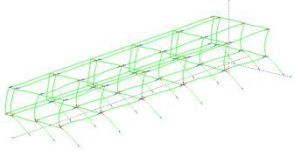
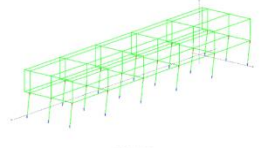
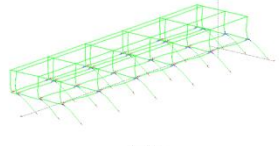


Tabel L.88: *Lanjutan*

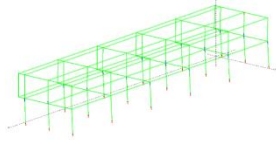
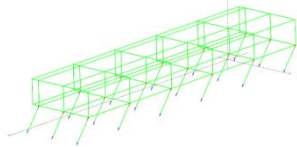
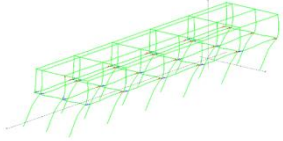
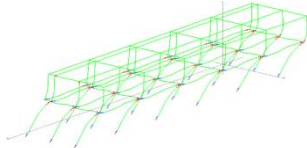
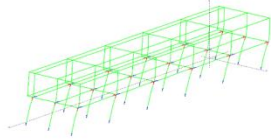
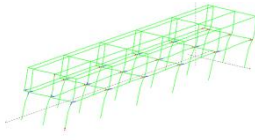
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	17,05	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	27,2	
Gs11	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	-
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	-
Gs12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,725	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping Kanan	55,2	

3. Model 3

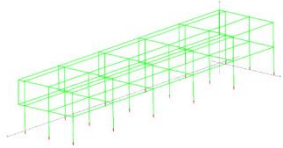
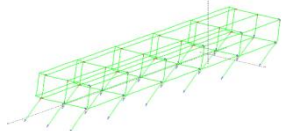
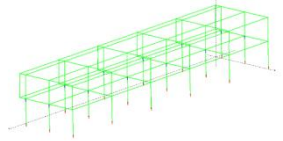
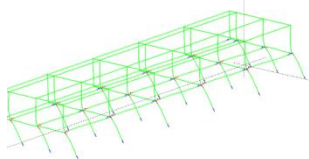
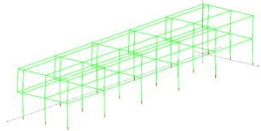
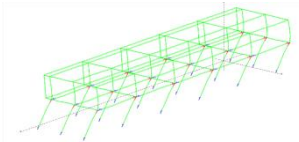
Tabel L.89: Pola Keruntuhan untuk model 3

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	2,6	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	-
Gs2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	1,2	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	6,75	
Gs3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	1	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	4,25	

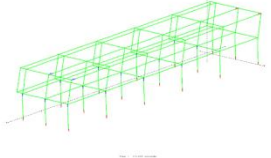
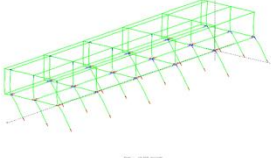
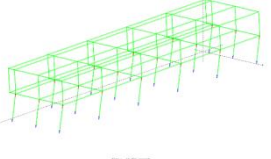
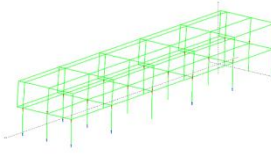
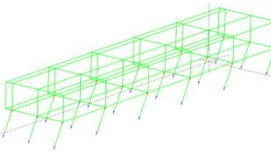
Tabel L.89: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	3,925	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	7,825	
Gs5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	5,7	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	6,1	
Gs6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	3,7	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	5,7	

Tabel L.89: *Lanjutan*

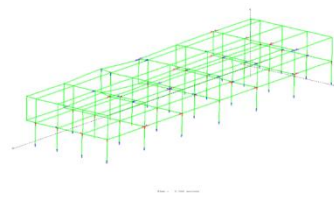
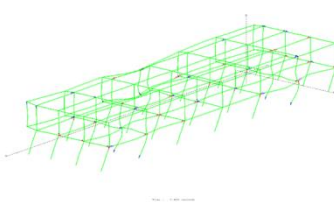
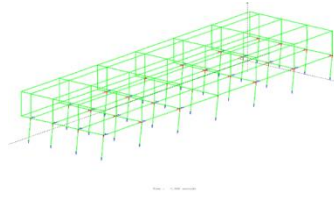
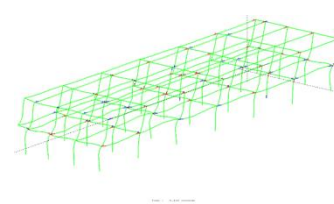
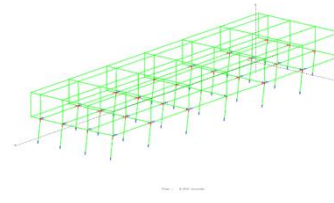
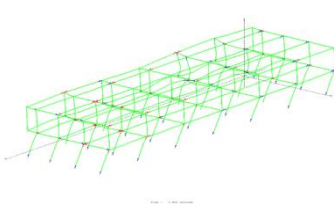
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	2,15	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	10,925	
Gs8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,5	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	4,1	
Gs9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	25,175	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	33,4	

Tabel L.89: *Lanjutan*

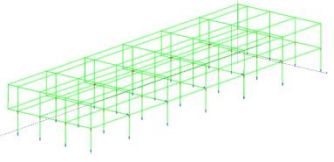
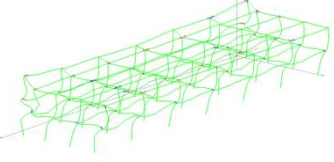
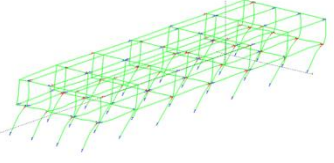
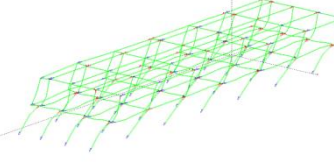
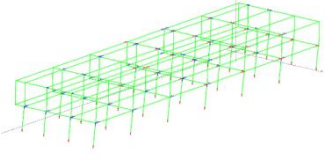
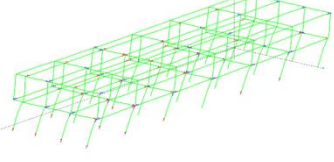
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	17,2	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	19,65	
Gs11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	25,65	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	-
Gs12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	17,65	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	19,025	

4. Model 4

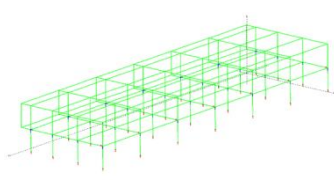
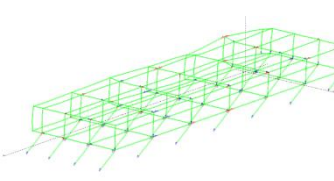
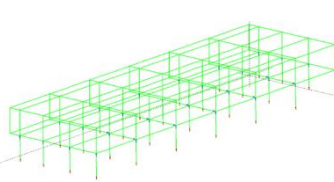
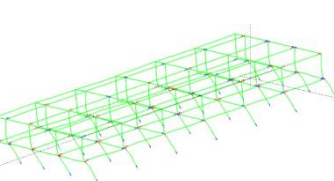
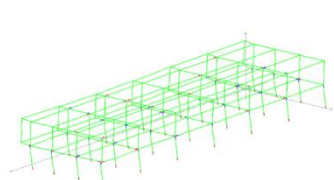
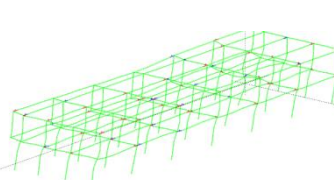
Tabel L.90: Pola Keruntuhan untuk model 4

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,425	
Gs2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	5,1	
Gs3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,85	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3,4	

Tabel L.90: *Lanjutan*

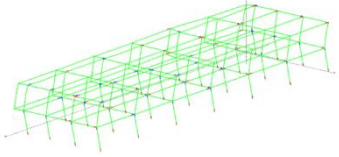
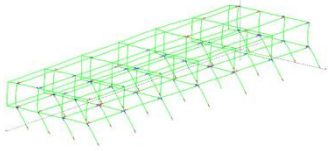
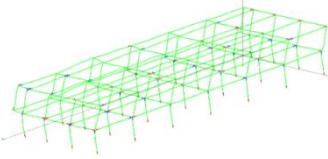
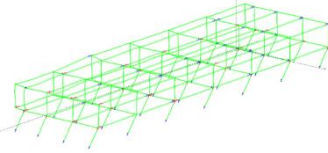
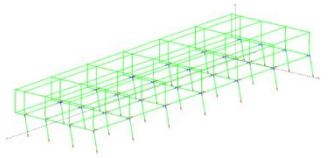
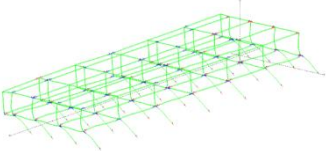
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,55	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,725	
Gs5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	5,2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6,1	
Gs6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6,3	

Tabel L.90: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,875	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,65	
Gs8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4,1	
Gs9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	25,45	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	32,7	

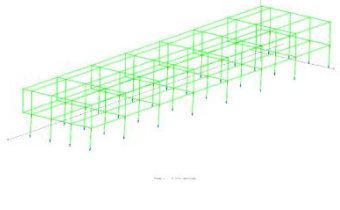
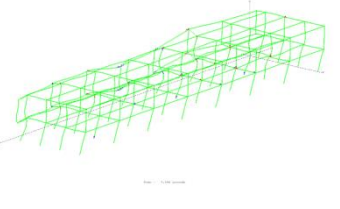
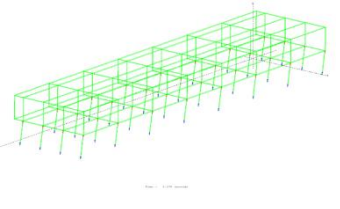
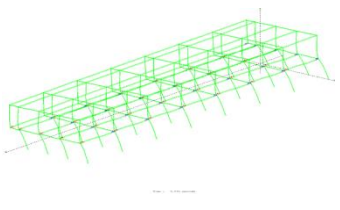
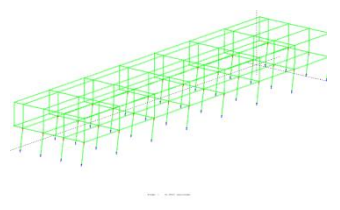
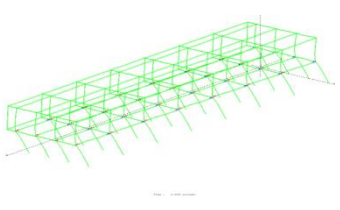


Tabel L.90: *Lanjutan*

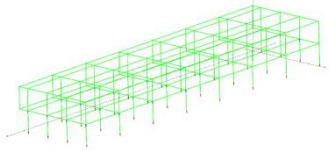
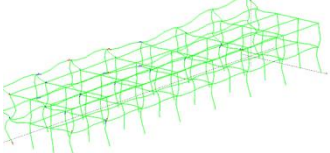
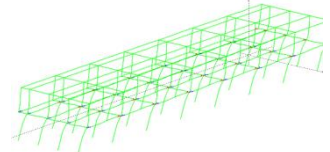
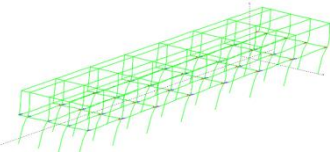
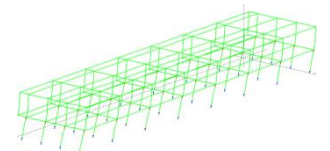
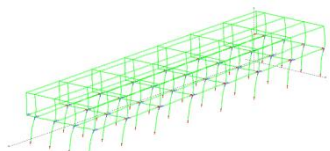
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	17,35	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	18,5	
Gs11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	28,1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	30,525	
Gs12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	16,85	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	19,525	

5. Model 5

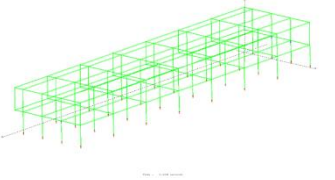
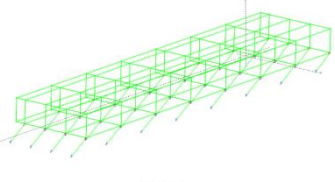
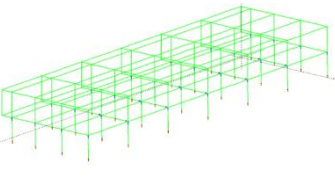
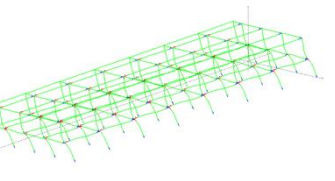
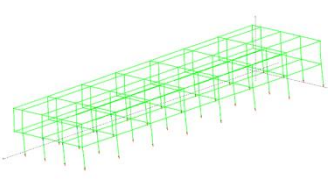
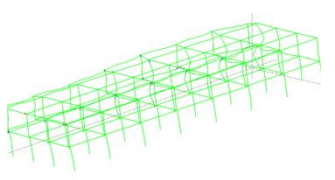
Tabel L.91: Pola Keruntuhan untuk model 5

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,575	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,55	
Gs2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,175	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	5,6	
Gs3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,95	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2,05	

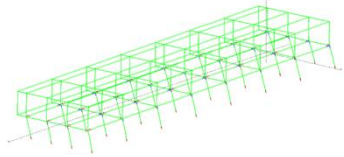
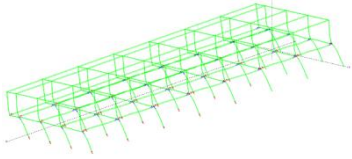
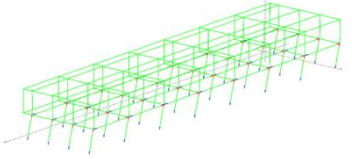
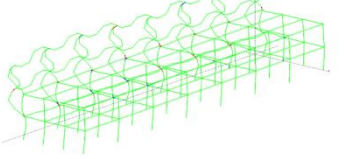
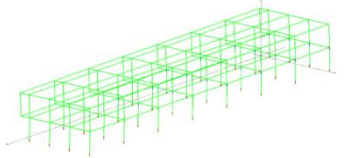
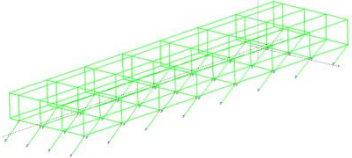
Tabel L.91: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3,875	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	6,775	
Gs5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4,1	
Gs6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3,7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	6,5	

Tabel L.91: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,45	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	10,6	
Gs8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4,1	
Gs9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	24,67	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	27,4	

Tabel L.91: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	17,15	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	17,85	
Gs11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	25,625	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	29,575	
Gs12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	14,7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	20,975	

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Farhan  
Panggilan : Farhan  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 7 September 1998  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jl. Sultan Serdang Gg. Sumber Dsn. VII No. 7/8  
Agama : Islam

### Nama Orang Tua

Ayah : Benny Langen  
Ibu : Fauziah  
No. HP : +62813-9697-1867  
E-mail : [farhanlangen17@gmail.com](mailto:farhanlangen17@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210169  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD NEGERI 060884 MEDAN	2010
2	SMP	SMP NEGERI 36 MEDAN	2013
3	SMA	SMA NEGERI 2 MEDAN	2016
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		