

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ARAH SUDUT DATANG GERAKAN TANAH AKIBAT  
GEMPA TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR BANGUNAN TOKO  
(STUDI KASUS)**

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

**Disusun oleh:**

**FIQHI AL CHALIF**  
**1707210119**



**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 : Fiqhi Al Chalif

NPM : 1707210119

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Arah Sudut Datang Gerakan Tanah Akibat  
Gempa Terhadap Kerusakan Struktur Bangunan Toko.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 8 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Ade Faisal, S.T, M.Sc., PhD

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fiqhi Al Chalif  
NPM : 1707210119  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Arah Sudut Datang Gerakan Tanah Akibat  
Gempa Terhadap Kerusakan Struktur Bangunan Toko.  
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, 8 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

  
**Ade Faisal, S.T, M.Sc., PhD**

Dosen Pembimbing I



**Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc**

Dosen Penguji II



**Bambang Hadibroto, S.T., M.Si**

**Ketua Prodi Teknik Sipil**



**Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fiqhi Al Chalif  
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Keliling/04 November 1998  
NPM : 1707210119  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Pengaruh Arah Sudut Datang Gerakan Tanah Akibat Gempa Terhadap Kerusakan Struktur Bangunan Toko (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, 8 Februari 2022

Saya yang menyatakan,



**Fiqhi Al Chalif**

## ABSTRAK

### **PENGARUH ARAH SUDUT DATANG GERAKAN TANAH AKIBAT GEMPA TERHADAP KERUSAKAN STRUKTUR BANGUNAN TOKO (STUDI KASUS)**

Fiqhi Al Chalif

1707210119

Ade Faisal, ST, MSc, PhD

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismic. 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. Dalam penelitian ini, ada 3 model rumah toko (ruko) yang akan dianalisis. Analisis model ini dilakukan dengan cara linier dan non-linier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui arah sudut yang lemah dari bangunan toko akibat gempa, simpangan antar lantai, simpangan atap, dan pola keruntuhan yang terjadi dari ke tiga model ruko yang terdapat di Kota Prapat. Dari hasil analisis data, dapat diambil kesimpulan: nilai maksimum untuk simpangan antar lantai dalam analisa nonlinear maupun analisa linear terjadi pada ketiga model untuk semua arah sudut datang. Serta analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke tiga ruko tersebut.

Kata Kunci: Gempa bumi, gerakan tanah, arah sudut datang, rumah toko (ruko).

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF ANGLE OF INCIDENCE OF GROUND MOTION TOWARDS THE STRUCTURAL DAMAGE OF SHOPHOUSE (CASE STUDY)**

Fiqhi Al Chalif

1707210119

Ade Faisal, ST, MSc, PhD

*An earthquake is a vibration or shock that occurs on the earth's surface due to the sudden release of energy from within that creates seismic waves. There are two faults that are the main source of tectonic earthquakes, namely the Sumatra horizontal shear fault (strike-slip), along the Bukit Barisan mountain path, and the Sumatran subduction fault at the bottom of the Indian Ocean off the west coast of Sumatra. In this study, there are 3 models of shop houses (shophouses) that will be analyzed. Analysis of this model is done in a linear and non-linear way. The purpose of this study was to find out the weak angular direction of shop buildings due to earthquakes, inequality between floors, roof deviation, and the pattern of collapse that occurred from the three shophouse models found in Prapat City. From the results of data analysis, it can be concluded: the maximum value for the deviation between floors in nonlinear analysis and linear analysis occurs in all three models for all directions of the dating angle. As well as analysis of collapse patterns, the average of elements that experienced plastic joints first in the three shophouse models reviewed occurred in the base column. Which resulted in a soft story on the three shophouses.*

*Keywords: Earthquakes, ground motion, angular directions coming, shophouse (ruko).*

## 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 “Pengaruh Arah Sudut Datang Gerakan Tanah Akibat Gempa Terhadap Kerusakan Struktur Bangunan Toko (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. Bapak Bambang Hadibroto, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT 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 sekali untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Asyfi Syukri dan Ibunda Diah Pusparini, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, serta abang dan adik yang selalu memberi semangat dan dukungan

kepada penulis.

7. 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.
8. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Farhan, Okky Aditya, Ihsan Sahrin, Septa Pranata, Muhammad Ihsan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
9. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.

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, 8 Februari 2022



**Fiqhi Al Chalif**



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. <i>Ground Motions</i> (Pergerakan Tanah)	6
2.3. Struktur Beton Bertulang	7
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen	8
2.4.1 SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	8
2.5. Perencanaan Struktur Tahan Gempa (SNI 1726:2019)	9
2.6. . Kerusakan Struktur	9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Umum	11
3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko	12
3.3. Analisa Struktur	18
3.3.1 Analisis Dinamik Struktur Linier	18
3.3.2 . Pembebanan	18
3.3.3 . Respon Spektrum Desain Gempa	19

3.3.4 Kombinasi Pembebanan	21
3.4. Analisis Respon Spektrum Ragam	23
3.4.1 Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)	24
3.4.2 Analisa Respon Riwayat Waktu	25
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>28</b>
4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier	28
4.2. Hasil Analisa Ragam	28
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	28
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	29
4.2.3 Koreksi Faktor Redundansi	29
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	30
4.2.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa	30
4.2.6 Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak ( <i>Soft Story</i> )	31
4.2.7 Pengaruh Efek P - Delta	31
4.3. Hasil Analisa Non Linier	31
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>63</b>
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1:	Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.	14
Tabel 3.2:	Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.	16
Tabel 3.3:	Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 5.	18
Tabel 3.4:	Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	19
Tabel 3.5:	Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.	19
Tabel 3.6:	Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$ SDS = 0.707306184.	23
Tabel 3.7:	Rekaman getaran gempa <i>Strike-Slip</i> dari PEER NGA.	25
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 Vt.	29
Tabel 4.3:	Pola Keruntuhan untuk Model 1 <i>Groundmotion</i> 1.	35
Tabel 4.4:	Pola Keruntuhan untuk Model 1 <i>Groundmotion</i> 2.	38
Tabel 4.5:	Pola Keruntuhan untuk Model 1 <i>Groundmotion</i> 3.	41
Tabel 4.6:	Pola Keruntuhan untuk Model 2 <i>Groundmotion</i> 1.	44
Tabel 4.7:	Pola Keruntuhan untuk Model 2 <i>Groundmotion</i> 2.	47
Tabel 4.8:	Pola Keruntuhan untuk Model 2 <i>Groundmotion</i> 3.	50
Tabel 4.9:	Pola Keruntuhan untuk Model 3 <i>Groundmotion</i> 1.	53
Tabel 4.10:	Pola Keruntuhan untuk Model 3 <i>Groundmotion</i> 2.	56
Tabel 4.11:	Pola Keruntuhan untuk Model 3 <i>Groundmotion</i> 3.	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Respons spektra 21 rekaman <i>ground motion</i> dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$ (Shakeri dkk, 2018)	7
Gambar 2.3:	Mekanisme runtuh pada portal terbuka	10
Gambar 3.1:	Bagan alur penelitian.	11
Gambar 3.2:	Survey lokasi model ruko 2.	12
Gambar 3.3:	a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2, c) Geometri ruko model 2.	14
Gambar 3.4:	Survey lokasi model ruko 3.	14
Gambar 3.5:	a) Denah struktur model 3, b) Proyeksi bangunan model 3, c) Geometri ruko model 3.	16
Gambar 3.6:	Survey lokasi model ruko 5.	16
Gambar 3.7:	a) Denah struktur model 5, b) Proyeksi bangunan model 5, c) Geometri ruko model 5.	18
Gambar 3.8:	Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	20
Gambar 3.9:	Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.	26
Gambar 3.10:	Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum.	26
Gambar 3.11:	Respon spektrum dengan 25 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Kota Prapat.	26
Gambar 4.1:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 1.	32
Gambar 4.2:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 1.	32
Gambar 4.3:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 2.	33
Gambar 4.4:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 2.	33
Gambar 4.5:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk	

	struktur rumah toko model 3.	34
Gambar 4.6:	Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 3.	34

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu. Moment magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Rickter adalah skala yang di laporkan oleh observatorium seismologi nasional yang di ukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo.

Rumah toko atau ruko biasanya adalah sebutan sebuah bangunan yang pada umumnya bertingkat dua hingga lima lantai. Ini memiliki beberapa fungsi: fungsi perumahan dan komersial. Pada lantai dasar biasa digunakan untuk tempat usaha dan ruang kantor, dan lantai atas digunakan untuk tempat tinggal. Ruko pada umumnya dibuat berderet, tepat pada pinggir jalan yang membentuk satu blok.

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. Banyak kota yang dekat secara geometri dengan sesar-sesar gempa aktif ini, baik itu kota kecil maupun ibukota kabupaten, yang terancam dengan bahaya gempa. Gempa besar terjadi 27 tahun sekali tercatat secara rata-rata (Faisal, 2003). Gempa kuat sebesar  $M_w = 9.0$  terjadi di tahun 1833 di kawasan ini (Natawidjaja dan Triyoso, 2009).

Kejadian sebuah gempa umumnya dikaitkan kepada gempa utama yang dimilikinya. Sedangkan pada proses perencanaan, suatu bangunan hanya didesain untuk menahan gempa tunggal yang berasal dari gempa dengan magnitudo terkuat yang pernah terjadi sebelumnya. Pada kenyataannya struktur bangunan, yang telah rusak sebagian (tetapi bangunan tetap berdiri dan bisa dihuni) akibat sebuah gempa utama, dapat mengalami guncangan gempa susulan yang lebih kecil kekuatannya

dari pada gempa utama, atau mengalami guncangan gempa utama lain di kemudian hari (gempa berulang). (Tondi Amirsyah Putra dkk., 2018).

Usaha-usaha yang bisa dilakukan untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa salah satunya adalah dengan merencanakan dan membangun bangunan yang tahan gempa (Irsyam dkk., 2010). Untuk perencanaan bangunan yang tahan gempa memerlukan *ground motion* dan respon spektra di permukaan tanah. Parameter *ground motion* dan respon spektra di permukaan tanah merupakan salah satu parameter penting dalam dalam desain bangunan tahan gempa. Hingga kini, data *ground motion* masih sangat sedikit sehingga pada umumnya dalam analisis digunakan data *ground motion* gempa dari wilayah lain. Oleh karena data *ground motion* dan respon spectra merupakan parameter yang penting, maka penentuan *ground motion* harus sesuai dengan kondisi geologi, seismologi dan target parameter pergerakan batuan dasar (parameter *ground motion*), seperti percepatan gempa maksimum, kandungan frekuensi, dan durasi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana perilaku Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Tunggal?
2. Besaran sudut yang lemah dari bangunan rumah toko?

## **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) 2 dimensi diantaranya Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada rumah toko yang terdiri dari 3 lantai yang difungsikan sebagai tempat usaha atau perkantoran.
  - b. Struktur rumah toko dengan dimensi kolom, balok, dan dinding serta penulangan yang hanya di analisa pada batas aman saja, tidak di analisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur beton bertulang, pembebanan serta gedung di rencanakan berdasarkan:

- a. Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847:2019.
  - b. Spesifikasi baja tulangan beton berdasarkan SNI 2052:2017.
  - c. Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.
  - d. Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.
3. Analisa 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. RUAUMOKO 2D, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Non Linier) yang ditinjau secara 2 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**

1. Untuk mengetahui perilaku Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Tunggal.
2. Untuk mengetahui arah sudut yang lemah dari bangunan rumah toko akibat gempa.



## **1.5. Manfaat Penelitian**

Dari penyusunan tugas akhir ini manfaat yang dapat diambil:

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman penulis dalam bidang ilmu teknik sipil.
2. Mengetahui arah sudut yang lemah dari bangunan ruko akibat gempa
3. Sebagai referensi untuk perencanaan struktur bangunan gedung di daerah rawan gempa.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut: (Pawirodikromo, 2012)

### **BAB I PENDAHULUAN**

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

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan beton bertulang, analisa struktur beton bertulang sistem rangka pemikul momen (SRPM), dan konsep tentang kekuatan bangunan beton bertulang terhadap gempa yang terjadi.

### **BAB III PEMODELAN STRUKTUR**

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan baja dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur dan program analisis riwayat waktu.

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai perhitungan, analisis pemodelan bentuk gambar, grafik atau tabel serta pembahasannya.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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 kedepannya.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

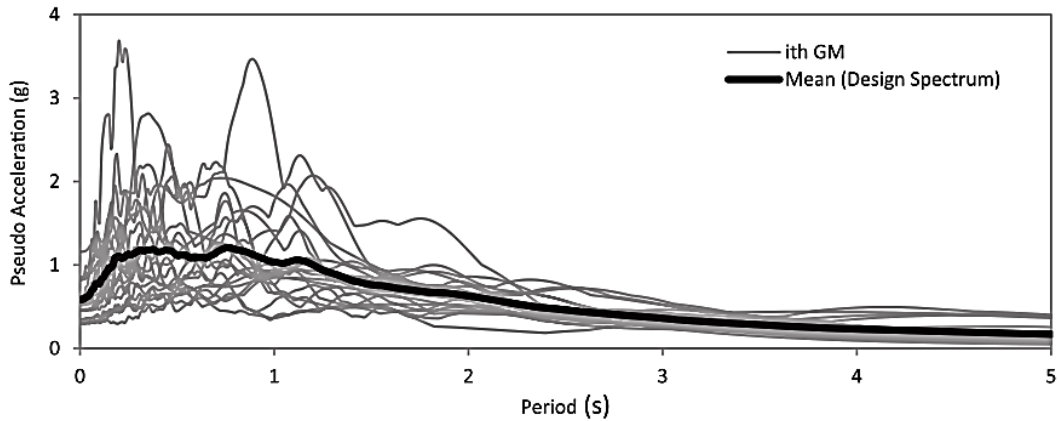
Pada Bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar dan syarat-syarat/ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur beton bertulang, teori gempa, sistem struktur penahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019,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

### 2.2. *Ground Motions* (Pergerakan Tanah)

Pada umumnya, pengertian gerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah, sekaligus menjadi parameter utama. Gerakan tanah dengan makna seperti itu dimaksudkan sebagai terjemahan atas istilah *Ground Motions* yaitu suatu istilah yang populer dalam teknik gempa. Istilah tersebut kadang-kadang juga disebut *Strong Motions* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada *respons-respons* tanah yang lain. Selain percepatan tanah (*Ground Acceleration*), maka kecepatan gerakan (*Ground Velocity*) dan simpangan tanah (*Ground Displacement*) sangat umum dipakai sebagai sebutan tentang *Ground Motions* (Widodo Pawirodikromo, 2012).

Werner (1976), mengatakan bahwa representasi terbaik atas gerakan tanah akibat gempa adalah riwayat percepatan tanah (*ground acceleration time history*). Percepatan tanah akibat gempa direkam secara lengkap menurut fungsi waktu artinya direkam selama terjadinya gerakan tanah.

Gambar 2.1 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motion* serta respons spektrum desain rata-rata.



Gambar 2.1: Respons spektra 21 rekaman *ground motion* dan rata-rata respons spektrum desain dengan  $\zeta = 5\%$  (Shakeri dkk, 2018).

### 2.3. Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang adalah salah satu bahan konstruksi yang sangat penting karena digunakan di hampir semua struktur. Beton bertulang memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan tersebut antara lain, yaitu:

1. Beton adalah material yang mempunyai kuat tekan yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain.
2. Beton memiliki daya tahan terhadap api dan air, bahkan menjadi material struktur bangunan terbaik untuk bangunan yang bersentuhan langsung dengan air. Dalam peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, struktur beton dengan ketebalan selimut beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaan beton tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton tidak memerlukan biaya perawatan yang besar.
4. Beton memiliki usia layan yang sangat panjang apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain. Dalam kondisinormal, beton dapat digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama tanpa kehilangankemampuan untuk menahan beban. Hal ini menunjukkan beton tidak mengalami penurunan kekuatan seiring berjalannyawaktu, bahkan semakin bertambah disebabkan proses pematatan pasta semen.
5. Beton dapat dicetak menjadi bentuk yang beranekaragam, mulai dari pelat, balok,kolom sederhana, sampai atap kubah dancangkang besar.

6. Di tempat-tempat tertentu, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang relatif murah seperti pasir, kerikil, dan air, dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan material baja, yang mungkin saja didatangkan dari daerah lain.
7. Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton relatif lebih rendah dibandingkan dengan bahan lain seperti struktur baja.

Selain memiliki kelebihan-kelebihan tersebut, beton juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang relatif sangat rendah.
2. Dalam pembuatan beton, dibutuhkan bekisting untuk menjaga pembentukan beton sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, dibutuhkan penyangga sementara untuk bekisting, disebabkan oleh besarnya berat sendiri dari material beton yang belum mengeras, dan beton belum mampu menopang berat sendirinya.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat beton mengakibatkan beton menjadi berat.

#### **2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen**

Berdasarkan SNI 1726-2019, sistem struktur rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

##### **2.4.1 SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)**

Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu strong kolom weak beam, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus, keuntungan dari sistem ini adalah dari arsitekturalnya yang sederhana sedangkan kerugiannya yaitu pendetailan yang complex sehingga dapat mempersulit pengerjaan (Karisoh dkk., 2018).

## 2.5. Perencanaan Struktur Tahan Gempa (SNI 1726:2019)

Standar ini memuat persyaratan minimum mengenai beban, tingkat bahaya, kriteria yang terkait, dan sasaran kinerja yang diperkirakan untuk bangunan gedung, struktur lain, dan komponen nonstrukturalnya yang memenuhi persyaratan peraturan bangunan. Beban, kombinasi pembebanan, dan kriteria terkait yang diberikan dalam standar ini harus digunakan untuk perancangan dengan metode kekuatan atau perancangan dengan metode tegangan izin yang terdapat dalam spesifikasi desain untuk material struktural konvensional. Kombinasi pembebanan dan kekuatan desain dianggap mampu memberikan tingkat kinerja yang diharapkan dalam ketentuan standar ini. Prosedur penerapan dengan cara alternatif untuk menunjukkan kinerja yang dapat diterima juga dijelaskan dalam standar ini.

Syarat-syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan nongedung tahan gempa yang ditetapkan dalam standar ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

- a. Struktur bangunan dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya;
- b. Struktur jembatan kendaraan lalu lintas (jalan raya dan kereta api), struktur reaktor energi, struktur bangunan keairan dan bendungan, struktur menara transmisi listrik, serta struktur anjungan pelabuhan, anjungan lepas pantai, dan struktur penahan gelombang.

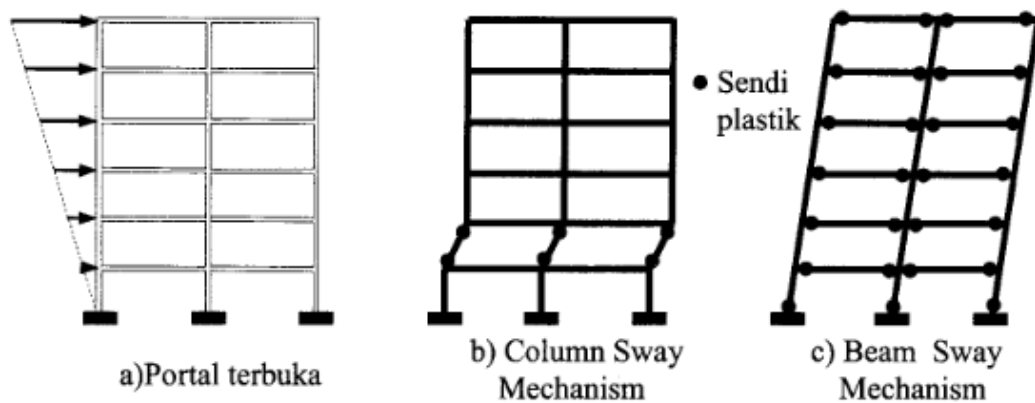
Untuk struktur-struktur bangunan yang disebutkan dalam batasan tersebut di atas, perencanaan harus dilakukan dengan menggunakan standar dan pedoman perencanaan yang terkait, dan melibatkan tenaga-tenaga ahli utama di bidang rekayasa struktur dan geoteknik.

## 2.6. . Kerusakan Struktur

Pawirodikromo (2012), Filosofi desain dan perkembangan sudah sampai pada prinsip Desain Kapasitas *Capacity Design*). Pada konsep tersebut sudah dirancang adanya elemen-lemah (*Weak Link*) dan ada elemen-elemen yang sengaja dibuat lebih kuat. Dengan kondisi seperti itu maka akan terjadi hierarki kerusakan yang sudah direncanakan sejak awal.

Secara riil, struktur bangunan selengkapnya mungkin terdiri dari atas: a) tanah pendukung; b) struktur fondasi; c) struktur kolom; d) struktur balok; e) struktur plat lantai; f) struktur atap dan g) elemen non struktur (tembok, partisi, *ceyling* dsbnya). Apabila terjadi gempa bumi maka secara logika sederhana hierarki kerusakan yang dikehendaki mempunyai urutan yang terbaik dari yang telah disebut. Antara tembok/partisi/*ceyling* dan struktur atap mempunyai fungsi timbal-balik, sehingga mana yang boleh rusak terlebih dahulu akan bergantung pada jenis struktur. Apabila struktur atap didukung oleh balok ring dan kolom maka tembok boleh rusak terlebih dahulu. Namun demikian apabila struktur atap didukung oleh tembok, maka hal ini menjadi saling bergantung.

Hierarki kerusakan elemen struktur secara logika dapat ditentukan dengan jelas yaitu agar struktur tetap berdiri tegak maka kolom harus lebih kuat daripada balok. Hierarki kerusakan terus berlanjut sampai pada tanah pendukung. Dengan memperhatikan hal tersebut maka dari filosofi desain akhirnya sudah sampai pada prinsip Kolom Kuat Balok Lemah (*Strong Coloumn and Weak Beam*).

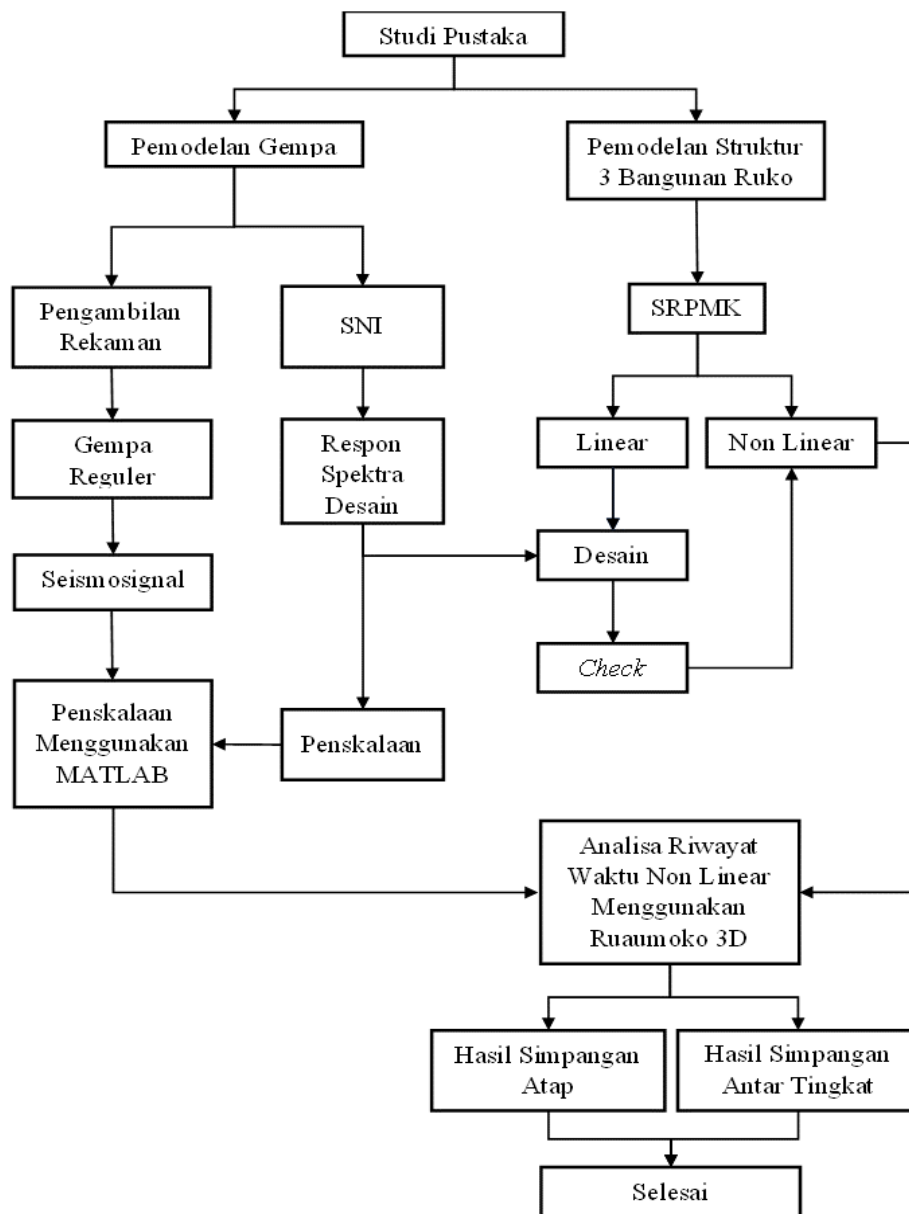


Gambar 2.3: Mekanisme runtuh pada portal terbuka.

**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 RUAUMOKO. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir 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* RUAMOKO, untuk didapatkan nilai dimpangan 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:

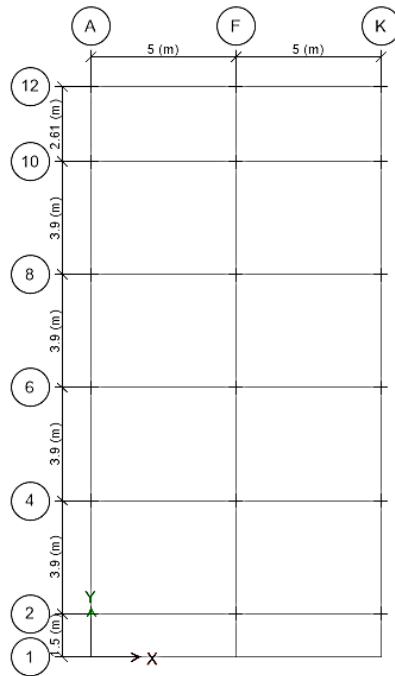
#### 1. Model 1



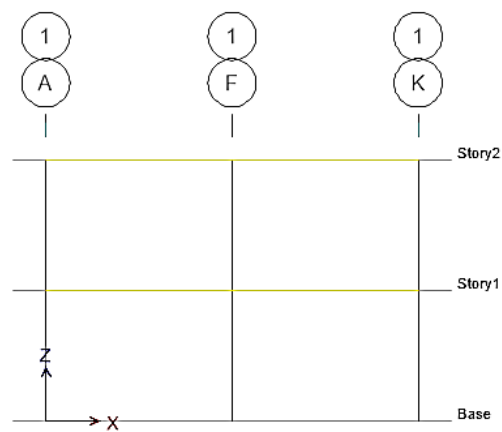
Gambar 3.2: Survey lokasi model ruko 1.

- 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.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)

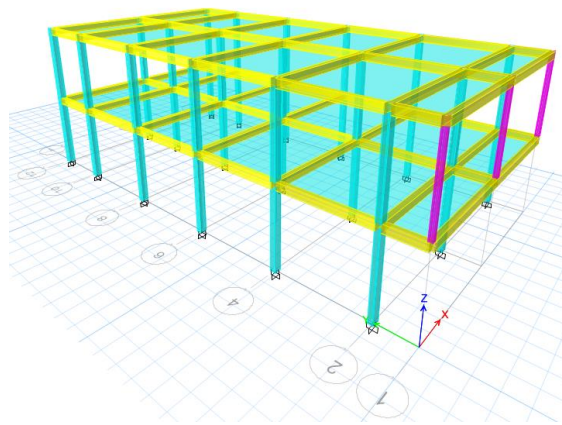
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.3: a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2, c) Geometri ruko model 1.

Tabel 3.1: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.

Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	3,50	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,50	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		

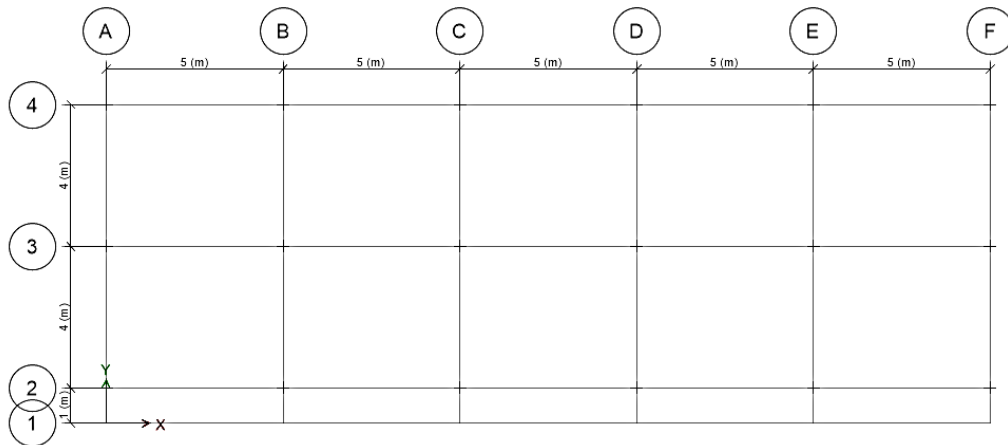
## 2. Model 2



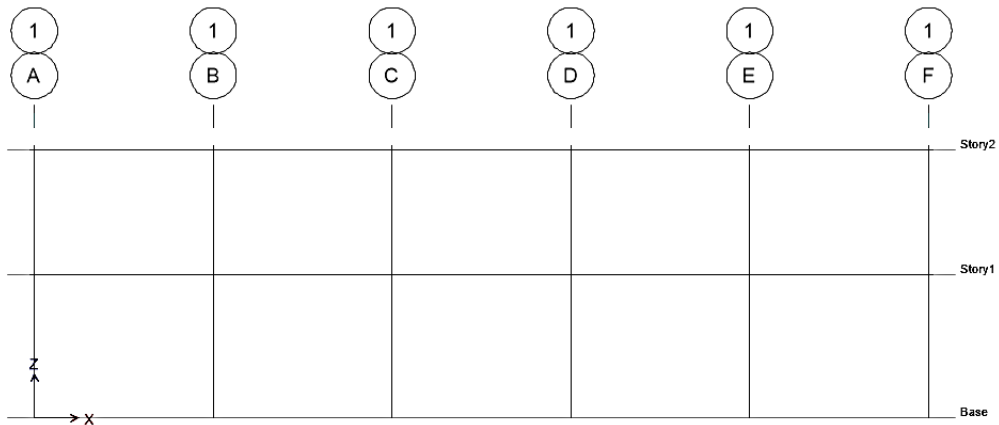
Gambar 3.4: Survey lokasi model ruko 2.

- Rumah Toko model 5 pintu.
- Ukuran rumah toko 9 m x 5 m.

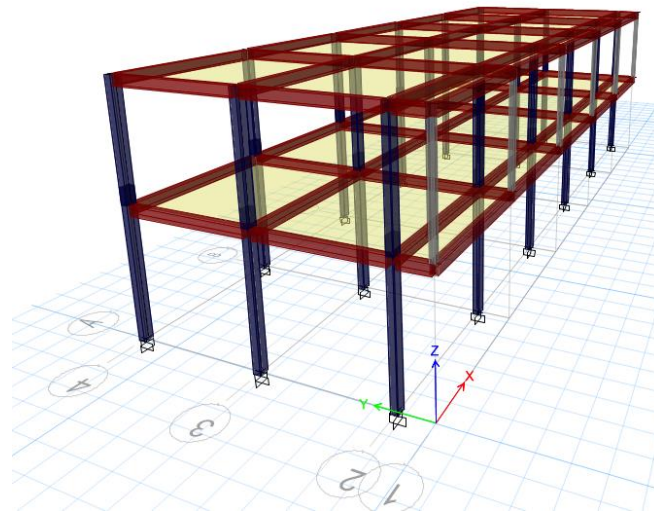
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5: a) Denah struktur model 3, b) Proyeksi bangunan model 3, c) Geometri ruko model 2.

Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.

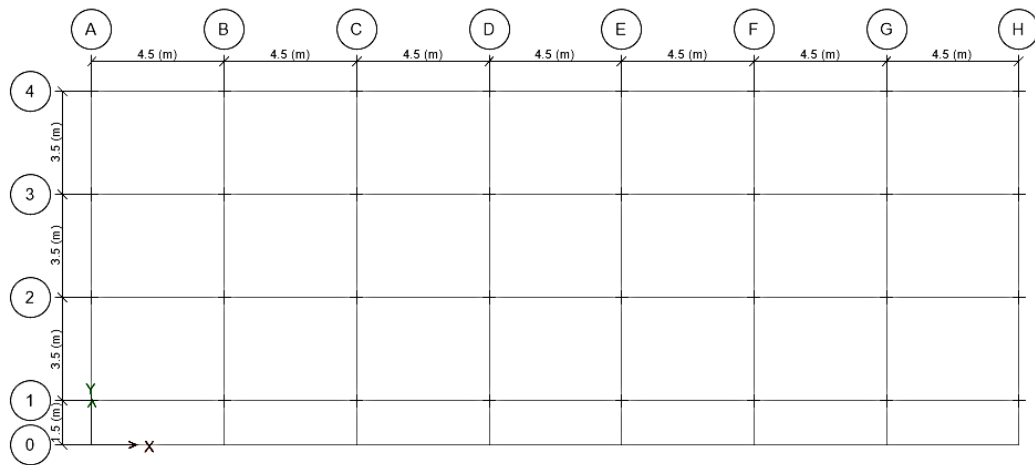
Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	4,00	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,50	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		

### 3. Model 3

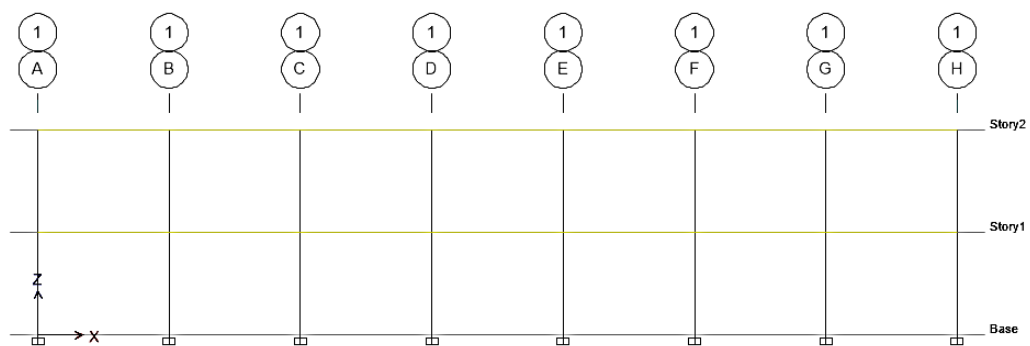


Gambar 3.6: Survey lokasi model ruko 3.

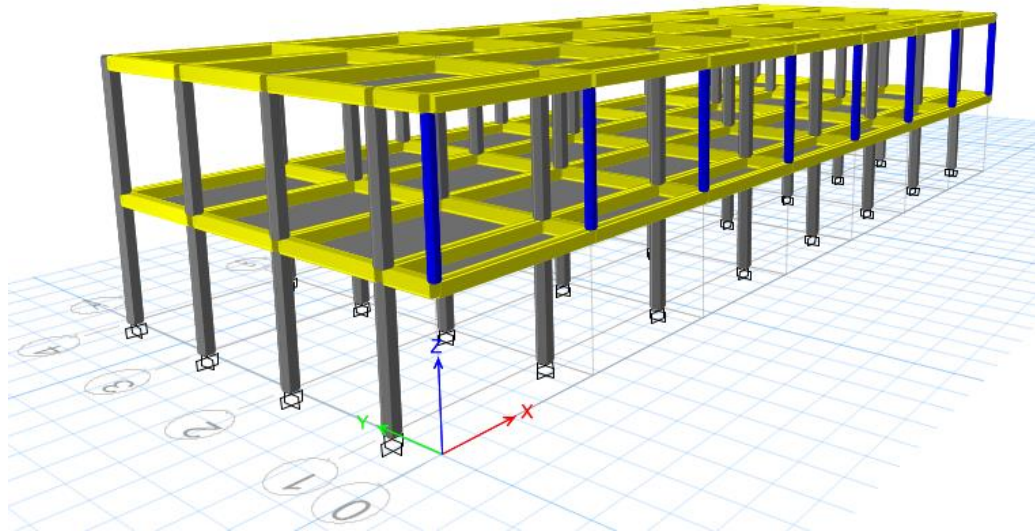
- Rumah Toko model 7 pintu.
- Ukuran rumah toko 12 m x 4.5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.7: a) Denah struktur model 5, b) Proyeksi bangunan model 5, c) Geometri ruko model 3.

Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 5.

Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	3,50	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,50	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		

### 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.

#### 3.3.2 . 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 3.4 dan 3.5.

Tabel 3.4: 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 3.5: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Tangga	1,33 kN/m <sup>2</sup>
Penggangan Tangga	0,89 kN/m <sup>2</sup>
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 computer dengan memasukan faktor reduksi 0,54 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load case*).

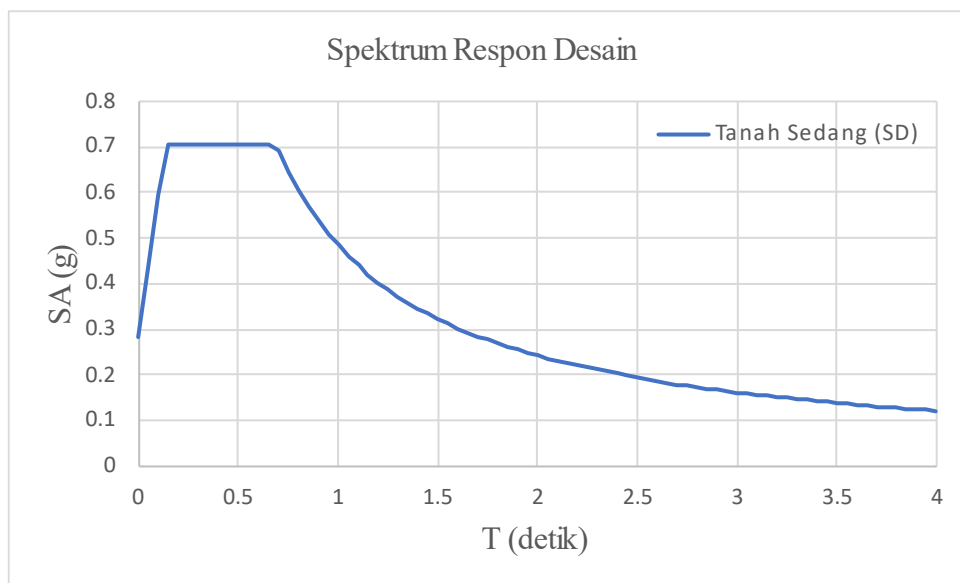
### 3.3.3 . Respon Spektrum Desain Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah lunak 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:



- $PGA = 0,4130 \text{ g}$
- $S_s = 0,9459 \text{ g}$
- $S_I = 0,4759 \text{ g}$
- Nilai  $F_a = 1,122$
- Nilai  $F_v = 1,524$
- $S_{MS} = 1,061 \text{ g}$
- $S_{MI} = 0,725 \text{ g}$
- $S_{DS} = 0,707 \text{ g}$
- $S_{DI} = 0,484 \text{ g}$
- $T_0 = 0,137 \text{ detik}$
- $T_I = 0,684 \text{ detik}$

Respon Spektrum untuk periode max ( $T_{max}$ ) 4 detik diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.12. Respon Spektrum untuk kelas situs SD digunakan untuk semua model ruko.



Gambar 3.8: 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.

### 3.3.4 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 seismic pada kombinasi 3 dan 4 ditentukan sesuai persamaan berikut.

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

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

Dimana :

$$E = \text{Beban gempa}$$

$$E_h = \text{Beban gempa horizontal}$$

$$E_v = \text{Beban gempa vertical}$$

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:

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

Dimana :

- 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> = 0,708516 untuk tanah lunak, untuk Faktor R = 8 nilai ρ = 1.3 yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai S<sub>DS</sub> = 0,721349 untuk tanah keras, untuk Faktor R= 8 nilai ρ = 1.3 yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai S<sub>DS</sub> = 0,541012 untuk Tanah Batuan, untuk faktor R=8, Tabel 3.6 untuk faktor R=8.

Tabel 3.6: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai  $\rho = 1.3$   $S_{DS} = 0.707306184$ .

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (Ex)	Koefisien (Ey)
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
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 Envelope	Nilai absolute dari seluruh kombinasi			

Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 10 yaitu kombinasi dengan tipe *linear add*, sementara Kombinasi Maximum 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 (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

### 3.4. 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.

### 3.4.1 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 *Station*, *Date*, dan *Magnitude* agar terdapat korelasi antara data gempa yang diambil dari *website* tersebut dengan data gempa dari bangunan yang berada di Kota Parapat.

Tabel 3.7: Rekaman getaran gempa Tunggal dari PEER NGA.

No	Nama <i>Groundmotion</i>	Nama Station	Tahun	Magnitude
1	Northridge-01	LA - Hollywood Stor FF	1944	6.7
2	Northridge-01	LA - Obregon Park	1994	6.7
3	Northridge-01	Moorpark - Fire Sta	1994	6.7

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 gempa vertikal arah Y, karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 3 dimensi (3D).

Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum

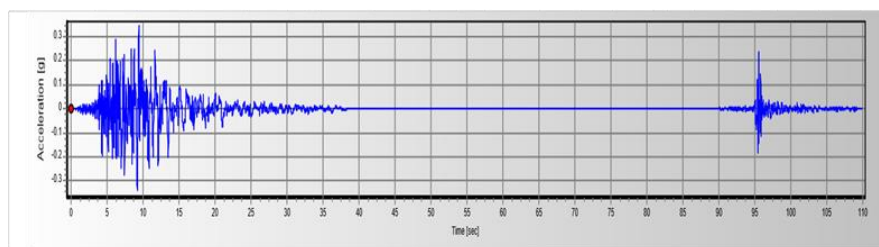
desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Prapat untuk tanah lunak, Kota Prapat untuk tanah keras, dan Kota Prapat untuk tanah batuan. Selain itu, rentang perioda alami ( $T$ ) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail.

Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai *input* pada *software* RUAUMOKO . untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

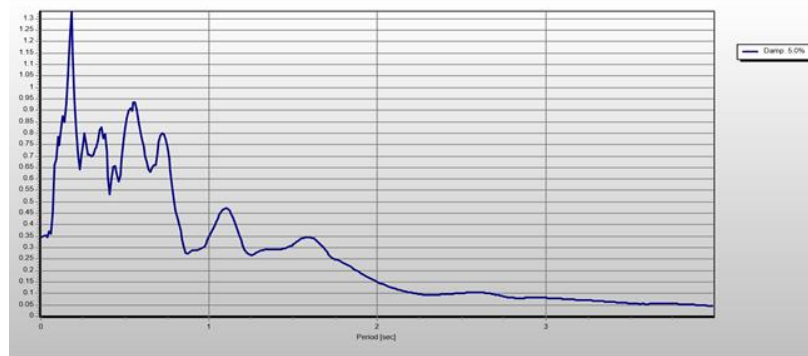
### 3.4.2 Analisa Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara tiga dimensi (3D). Alat bantu *software* yang digunakan adalah RUAUMOKO Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.8 dan table 3.9.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.

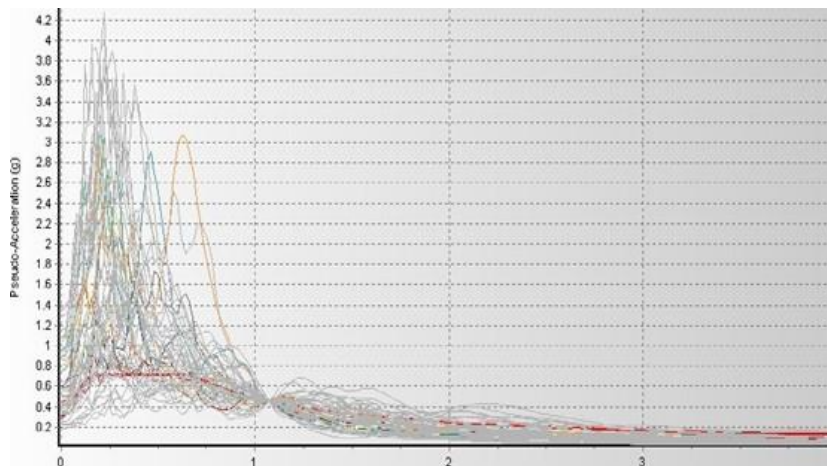


Gambar 3.9: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.



Gambar 3.10: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum.

- c. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



Gambar 3.11: Respon spektrum dengan 25 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Kota Prapat.

Data- data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan MATLAB akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO 3D.

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
- $K_o$  : Kekauan 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. Syarat :

$$\text{SRSS} > 15\% , \text{CQC} < 15\%$$

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

Model	Arah Gempa	$V$ (kN)	$V_t$ (kN)
1	X	279,808	260,164
	Y	279,808	236,627
2	X	320,423	308,516
	Y	320,423	215,847
3	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.6.

#### 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:

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	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
2	X	320,423	308,516	Tidak Oke
	Y	320,423	215,847	Tidak Oke
3	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 ( $V_t$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen.

#### 4.2.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe 1a atau 1b pada Tabel 10 (SNI 1726-2019), simpangan antar lantai desain, ' $\Delta$ ', harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur.

Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.

#### **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 diatasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya. Pada hasil control ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan di atas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan (*tidak*) mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A.8.

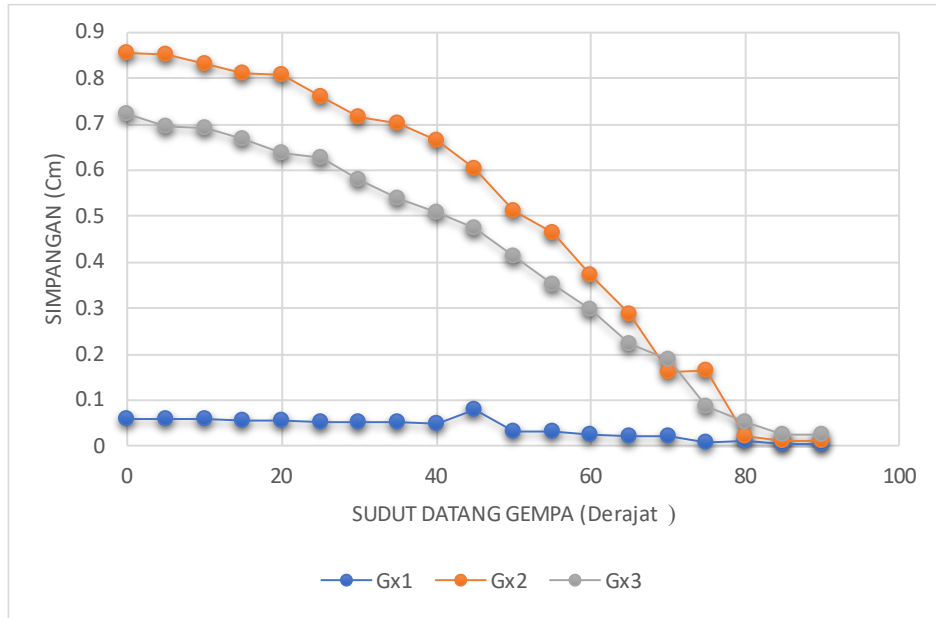
#### **4.2.7 Pengaruh Efek P - Delta**

Berdasarkan SNI 1726:2012, 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.

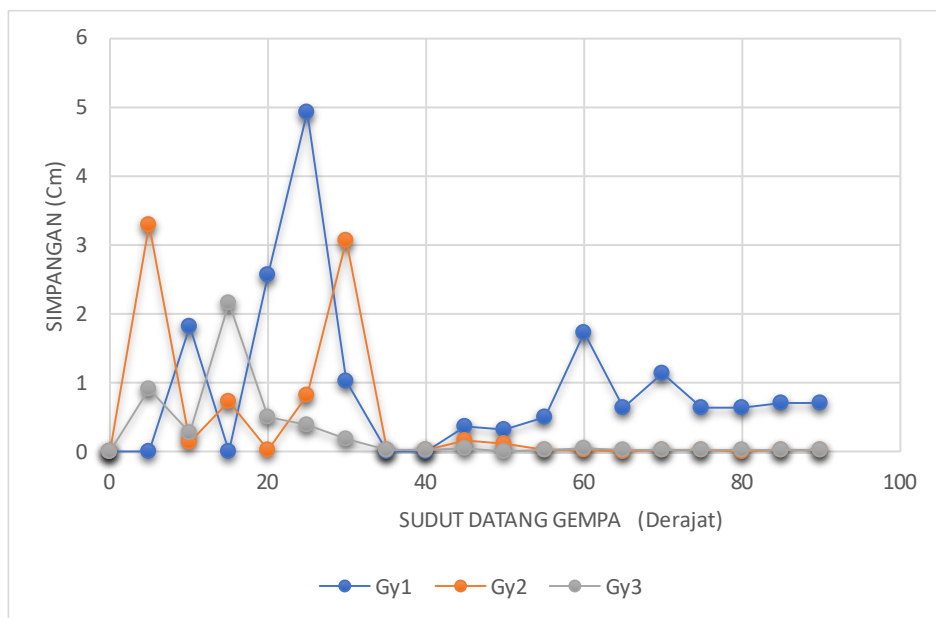
Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.9.

### **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 Gambar 4.6 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *story drift* dengan pada beberapa rekaman gempa. Pada grafik *inter story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa sudut datang gempa. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model.

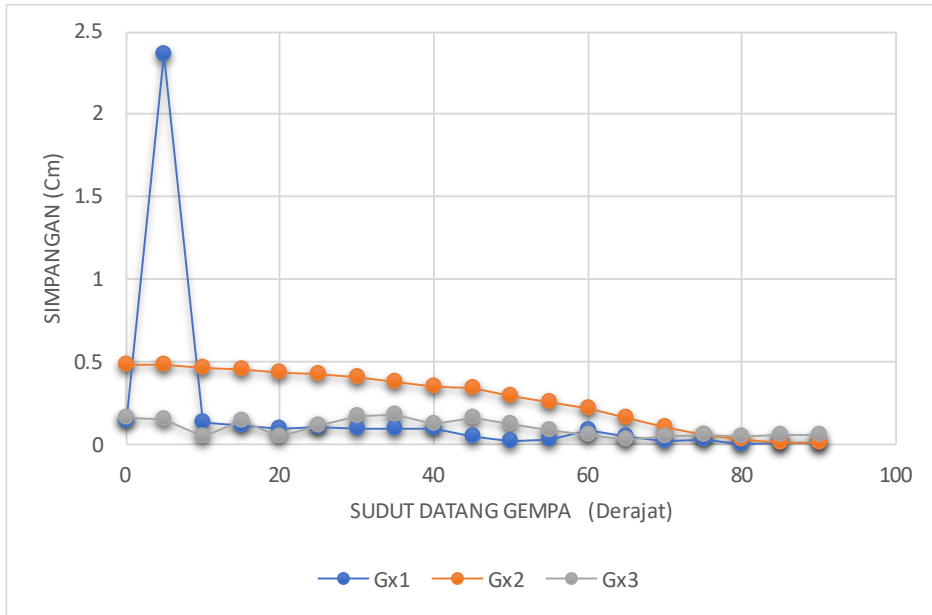


Gambar 4.1: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 1.

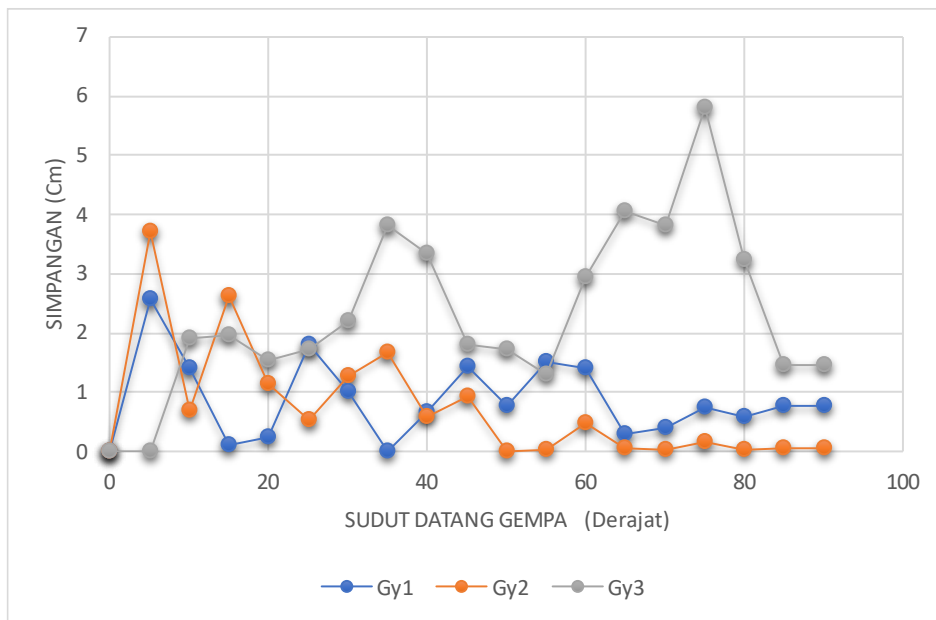


Gambar 4.2: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 1.

Pada Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 1. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $0^\circ$  pada *groundmotion* kedua dengan nilai arah x sebesar 0,855m dan arah y terdapat pada sudut  $25^\circ$  pada *groundmotion* pertama sebesar 4,942m.

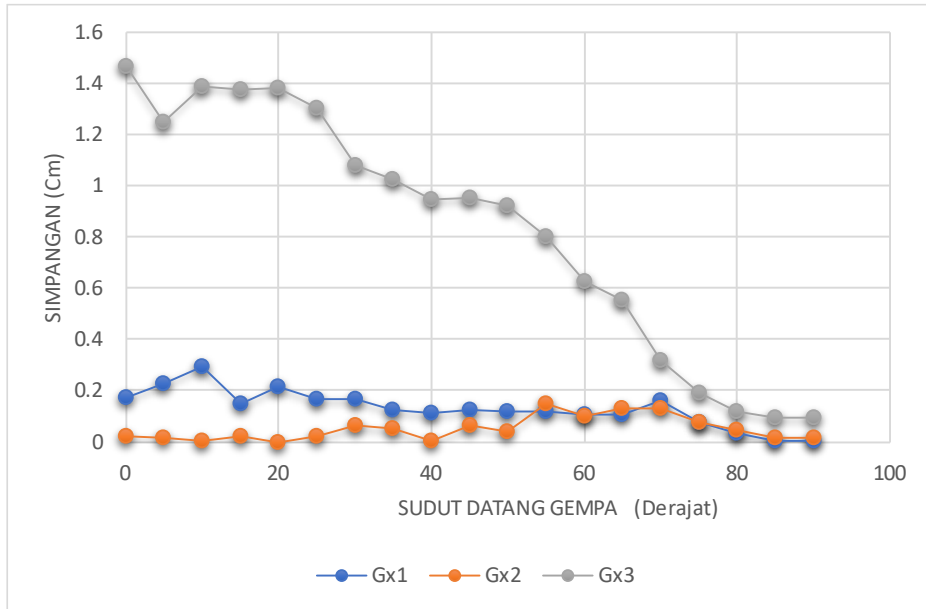


Gambar 4.3: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 2.

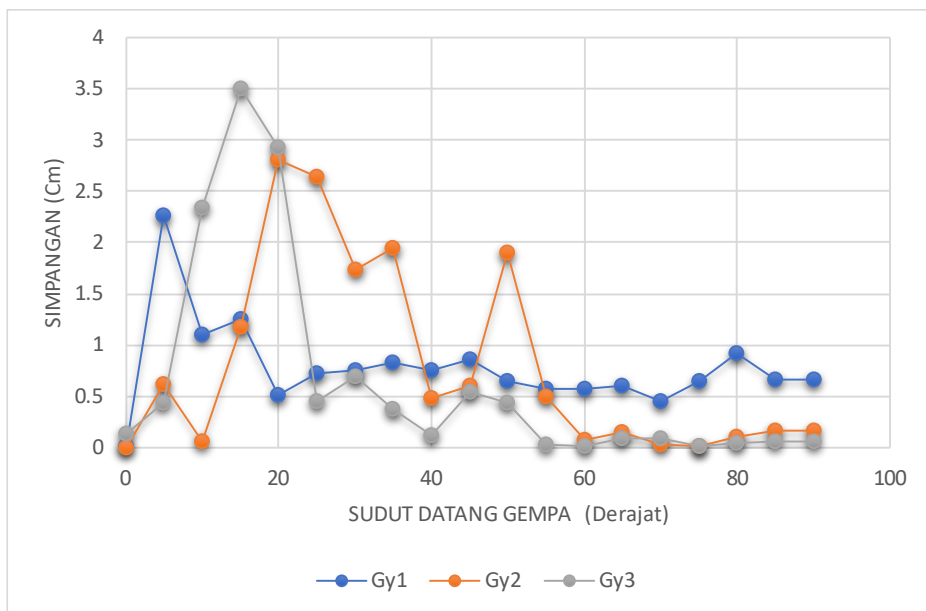


Gambar 4.4: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 2.

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 2. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $5^\circ$  pada *groundmotion* pertama dengan nilai arah x sebesar 2,365m dan arah y terdapat pada sudut  $75^\circ$  pada *groundmotion* ketiga sebesar 5,809m.



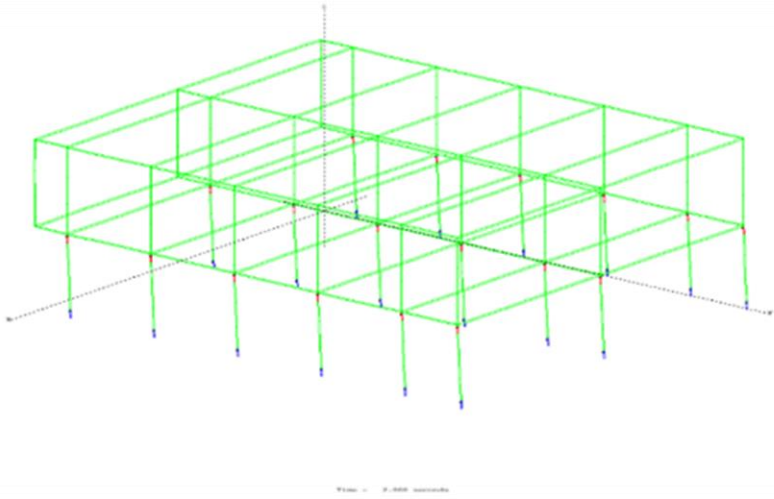
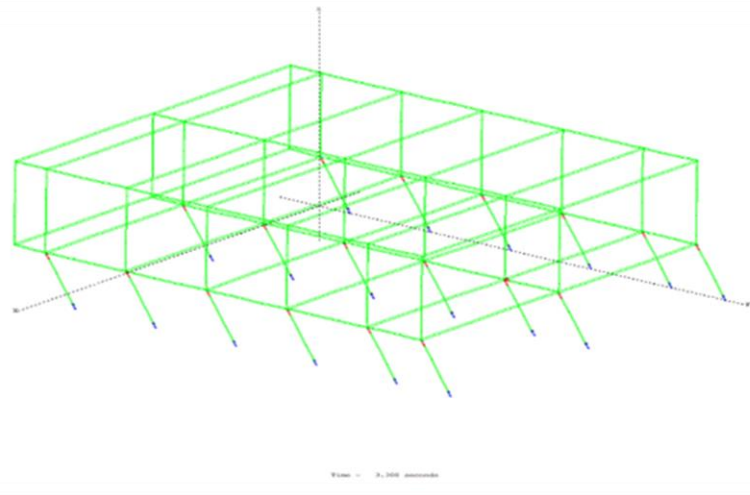
Gambar 4.5: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 3.



Gambar 4.6: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 3.

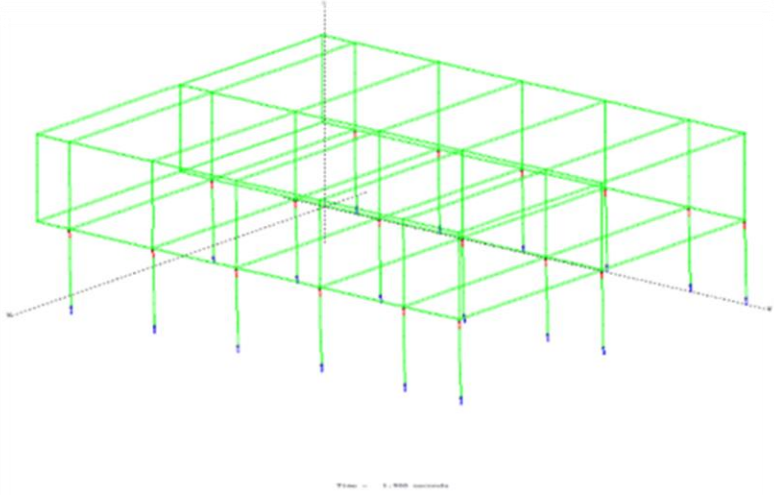
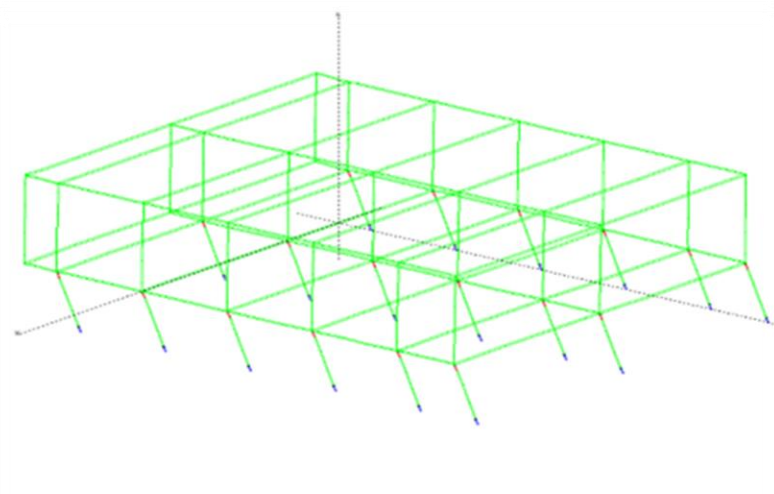
Pada Gambar 4.5 dan 4.6 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 3. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $0^\circ$  pada *groundmotion* ketiga dengan nilai arah x sebesar 1,46m dan arah y terdapat pada sudut  $25^\circ$  pada *groundmotion* ketiga sebesar 3,502m.

Tabel 4.3: Pola Keruntuhan untuk Model 1 *Groundmotion 1*.

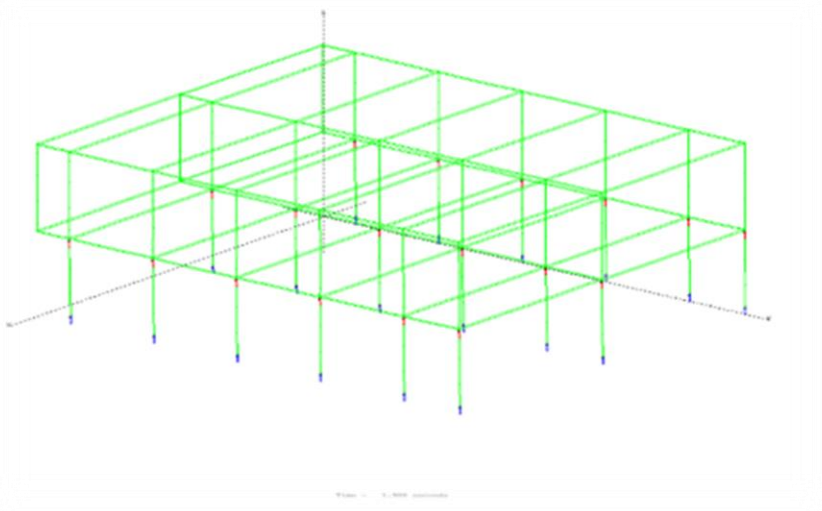
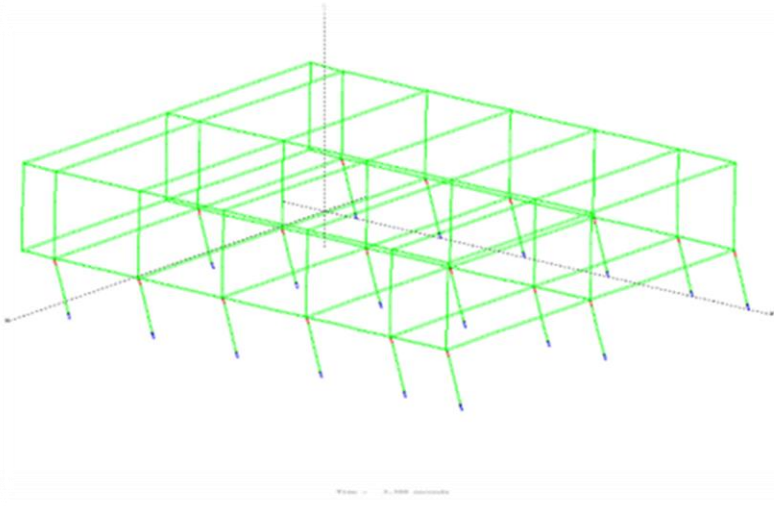
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,00
	<p>Gambar</p> 				
35	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3,30
	<p>Gambar</p> 				



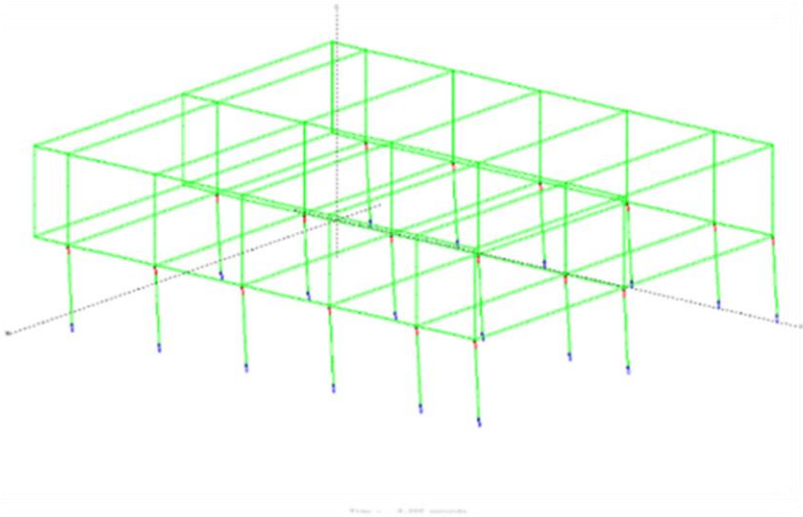
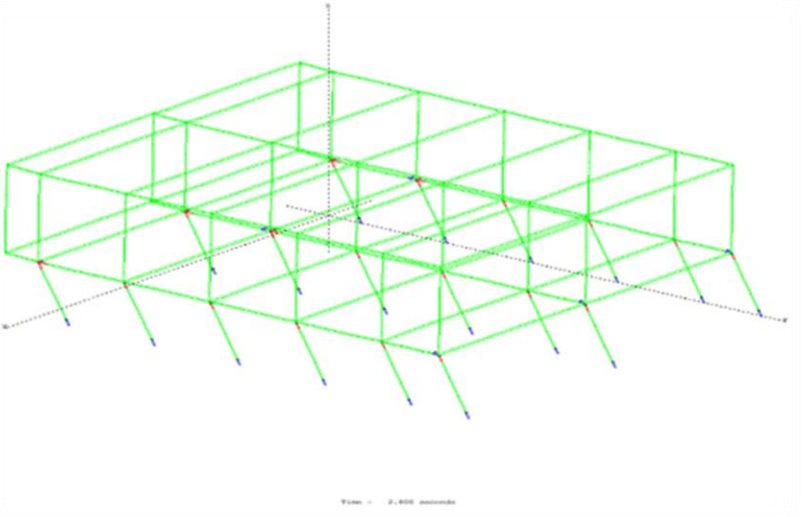
Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar				
					
40	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3,30
	Gambar				
					

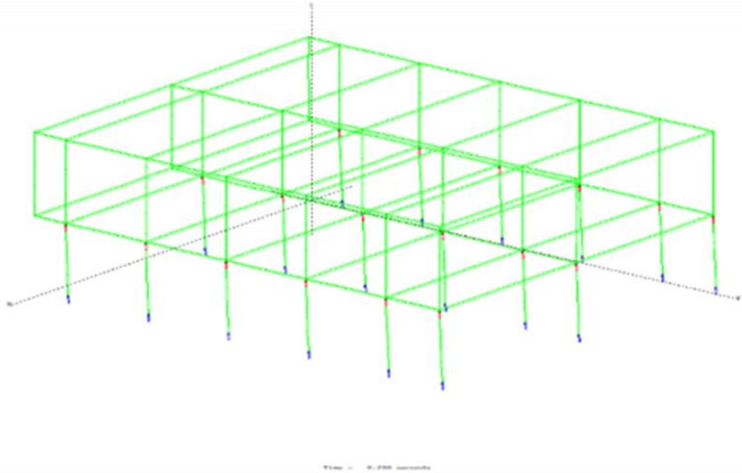
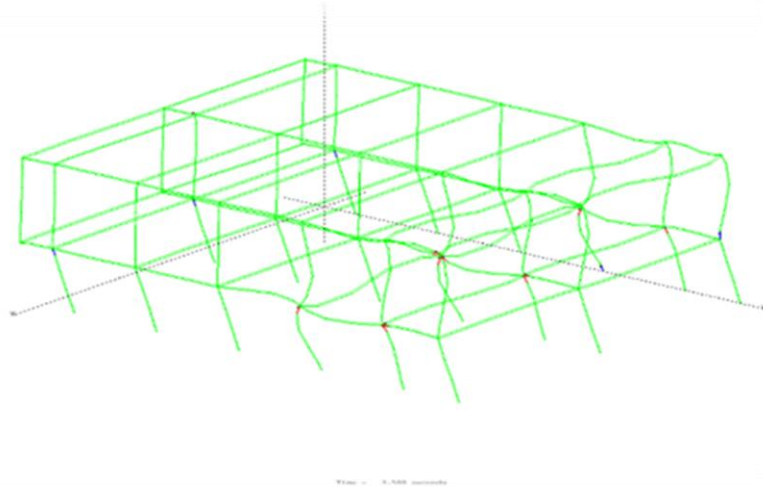
Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,90
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a multi-story building frame. The structure is rendered in green. Red dots are placed at the base of each column, indicating the location of plastic hinges. The model is shown from an isometric perspective, with a vertical dashed line representing the center of mass or a similar axis.</p>				
45	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3,30
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a multi-story building frame, similar to the one above. It is rendered in green. The model illustrates a soft story mechanism, where the ground floor is significantly stiffer than the upper floors. The structure is shown from an isometric perspective with a vertical dashed line.</p>				

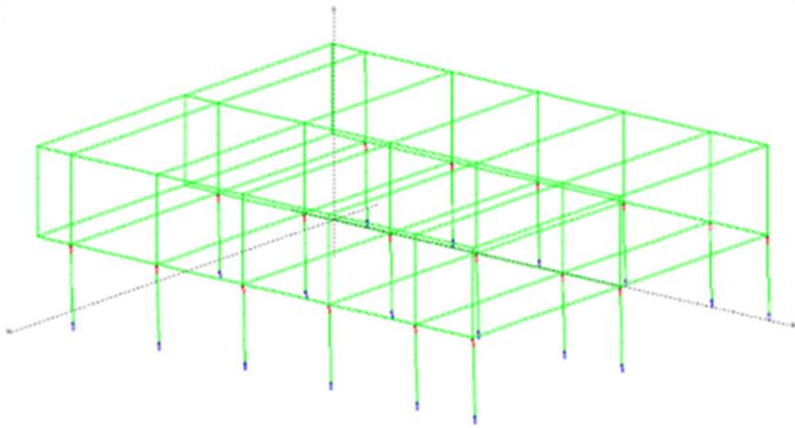
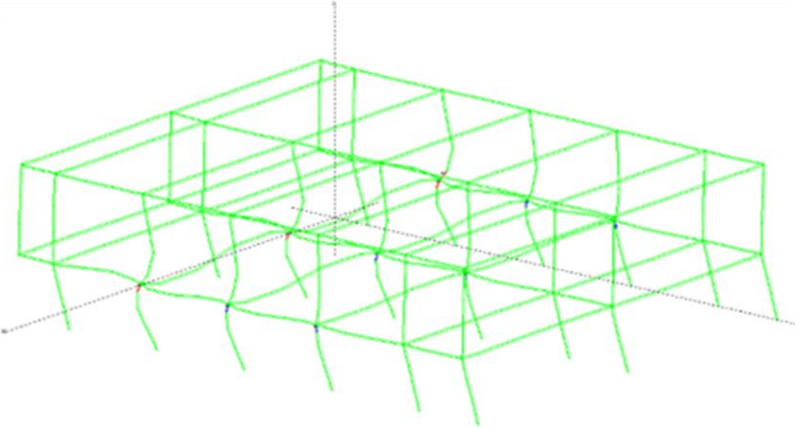
Tabel 4.4: Pola Keruntuhan untuk Model 1 *Groundmotion 2*.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
35	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2,00
	Gambar 				

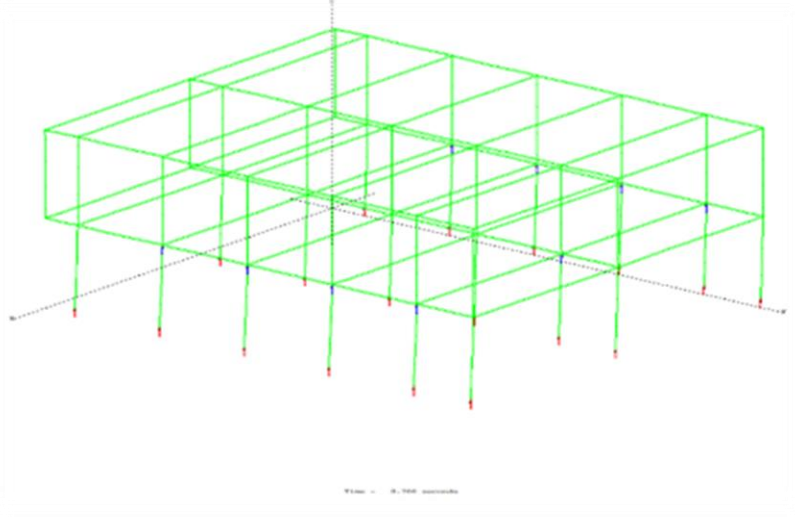
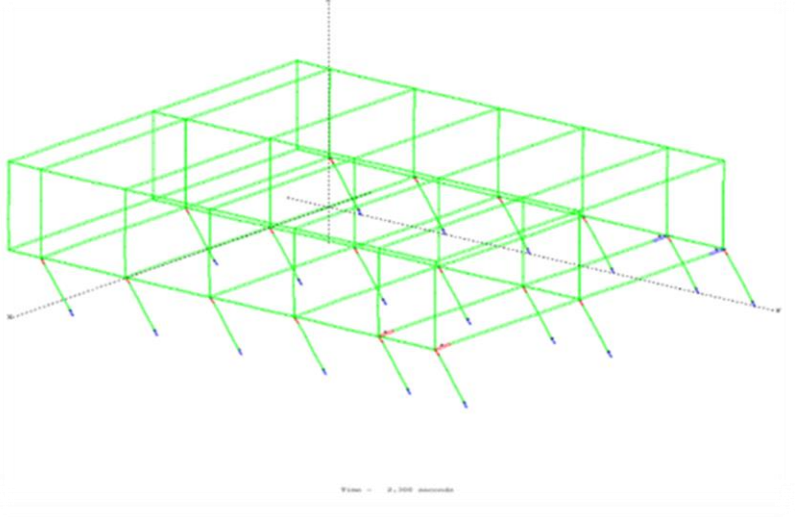
Tabel 4.4: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	<p>Gambar</p> 				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	3,50
	<p>Gambar</p> 				

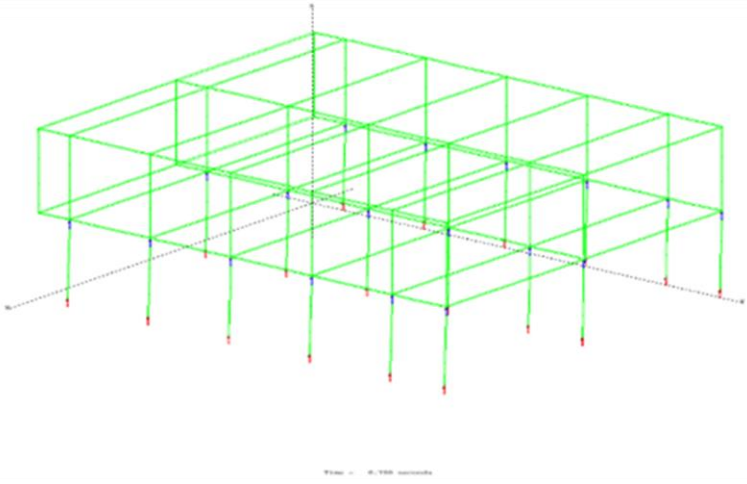
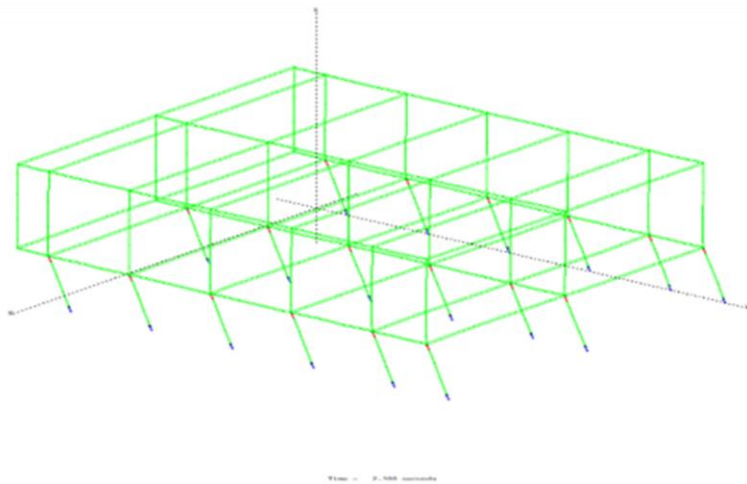
Tabel 4.4: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar				
					
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,80
	Gambar				
					

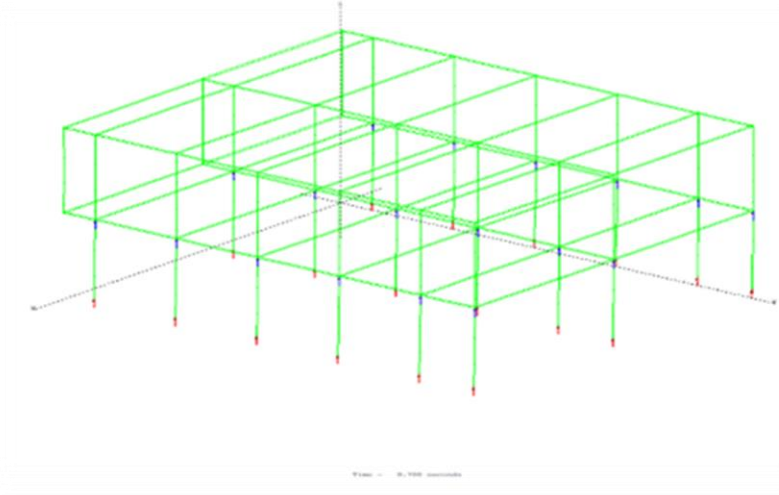
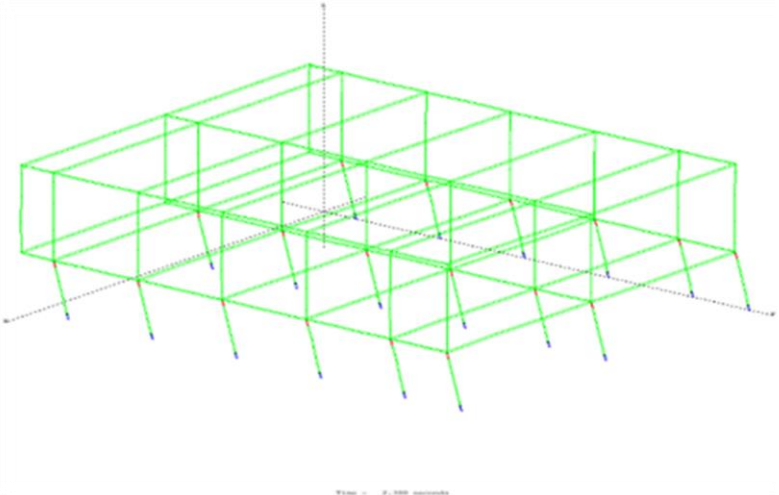
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 1 *Groundmotion 3*.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	Gambar				
					
35	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2,20
	Gambar				
					

Tabel 4.5: *Lanjutan.*

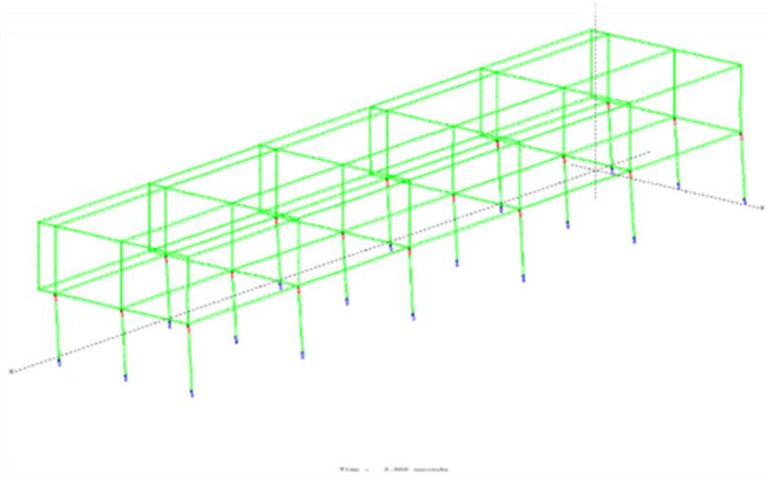
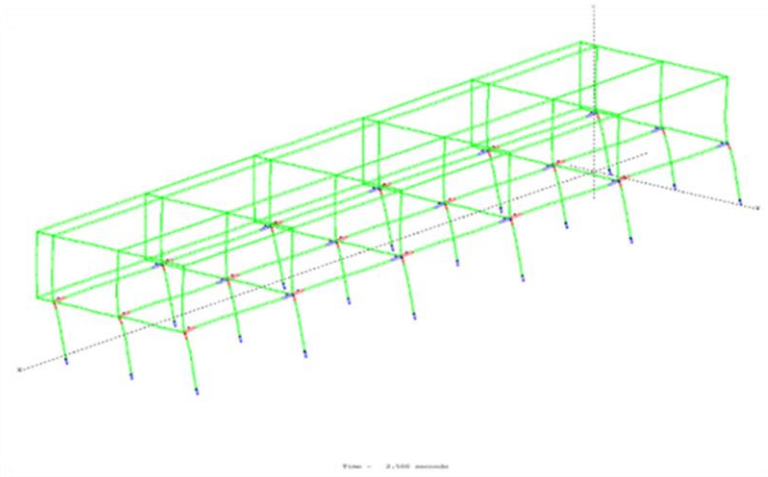
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	<p>Gambar</p> 				
40	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2,20
	<p>Gambar</p> 				

Tabel 4.5: *Lanjutan.*

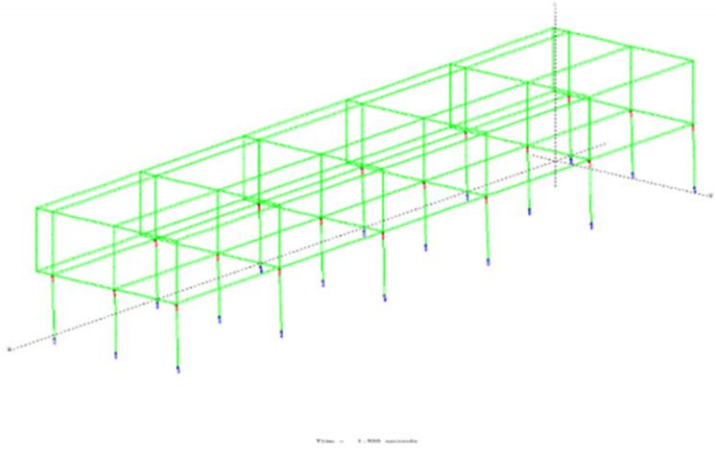
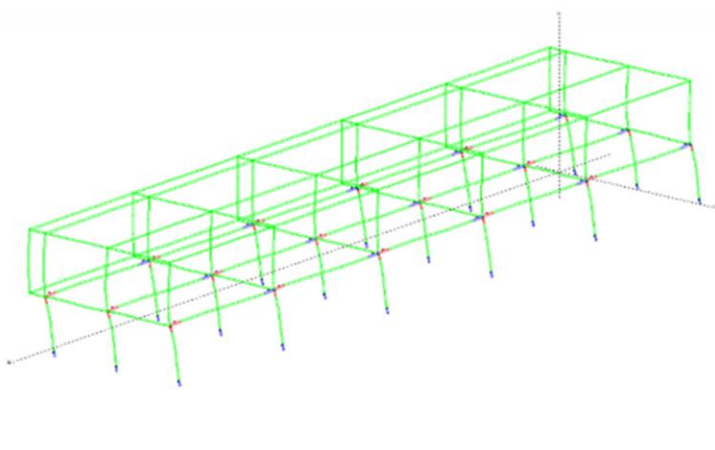
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	Gambar 				
45	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2,30
	Gambar 				



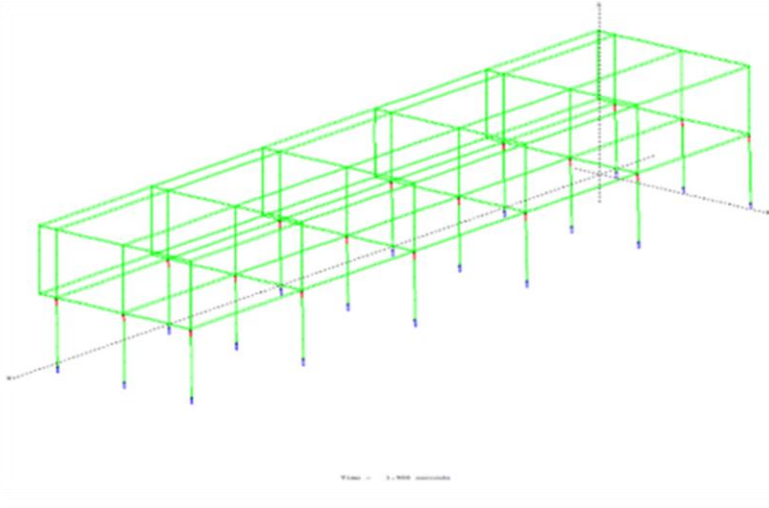
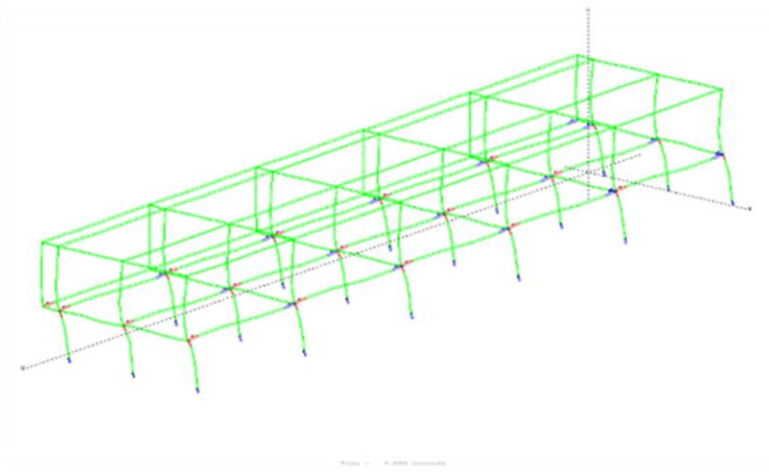
Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 2 *Groundmotion* 1.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,00
	Gambar 				
35	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,50
	Gambar 				

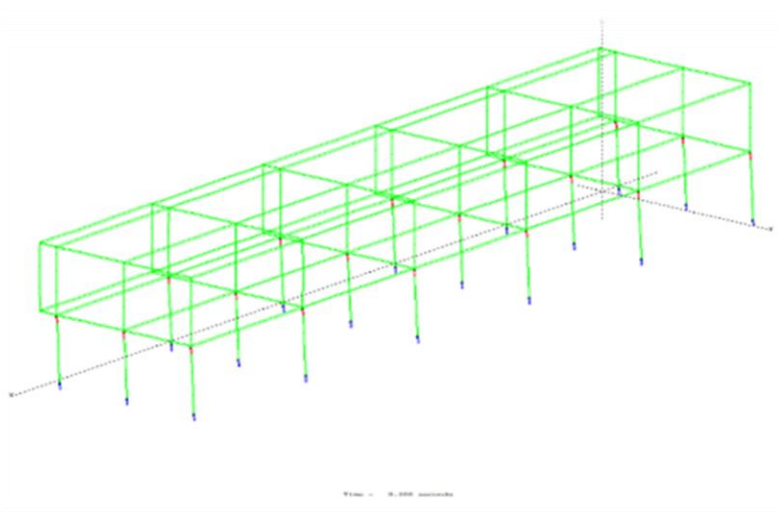
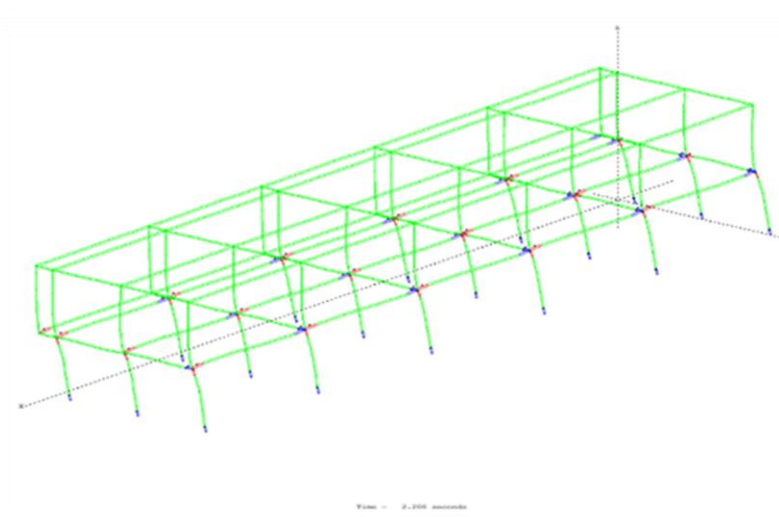
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,90
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a multi-story building frame. The structure is rendered in green lines. Red dots are placed at the base of each column, indicating the location of plastic hinges. The model is shown from a perspective view, highlighting the base and the first few floors.</p>				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,50
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a multi-story building frame, similar to the one above. However, there are no red dots at the base of the columns, indicating that no plastic hinges formed at the base under the given conditions.</p>				

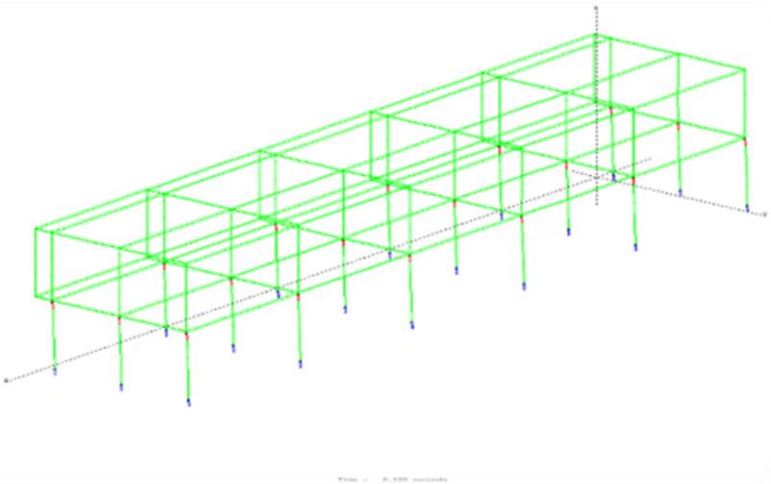
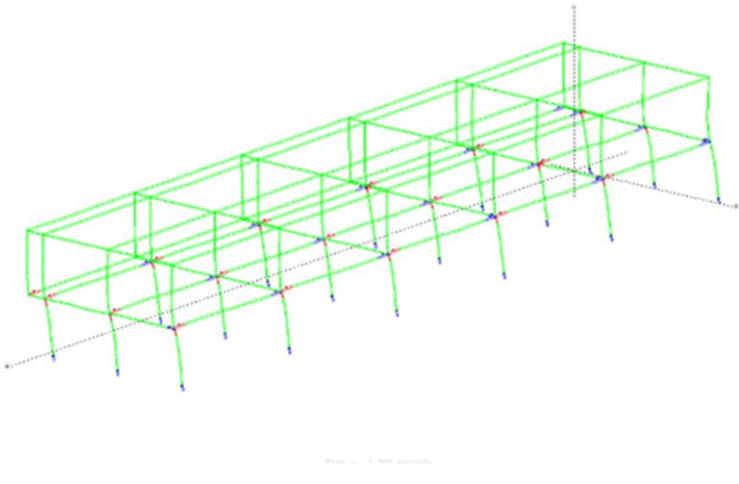
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	3,00
	Gambar 				

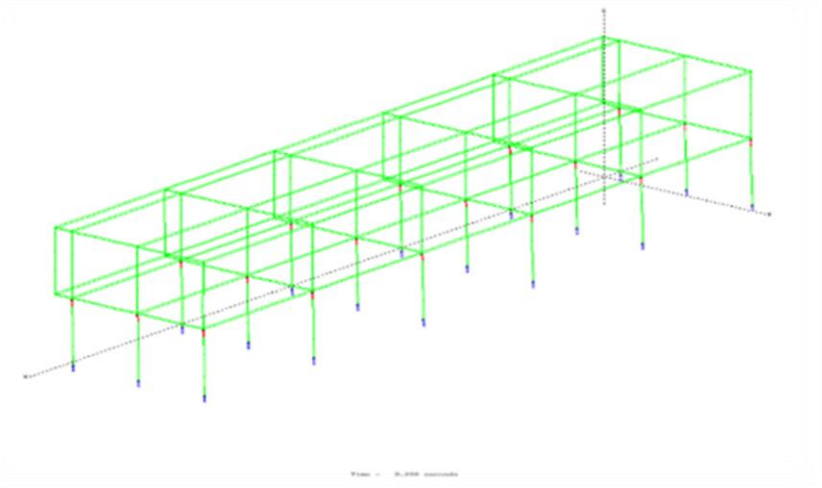
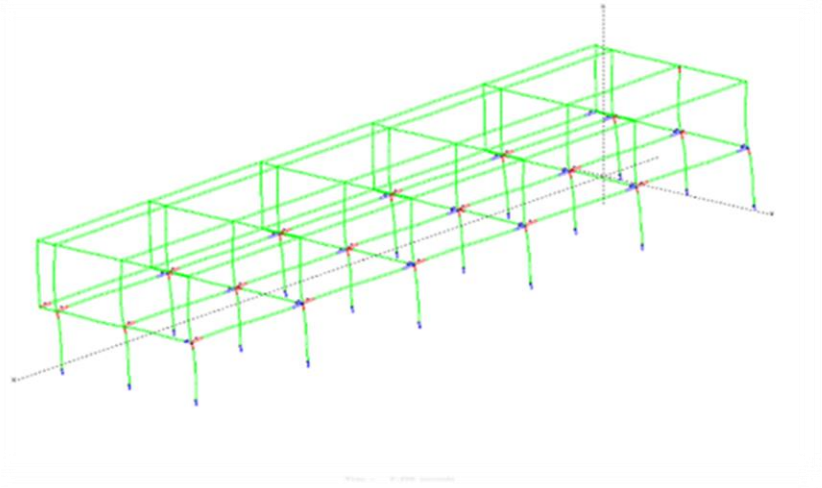
Tabel 4.7: Pola Keruntuhan untuk Model 2 *Groundmotion 2*.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
35	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,20
	Gambar 				

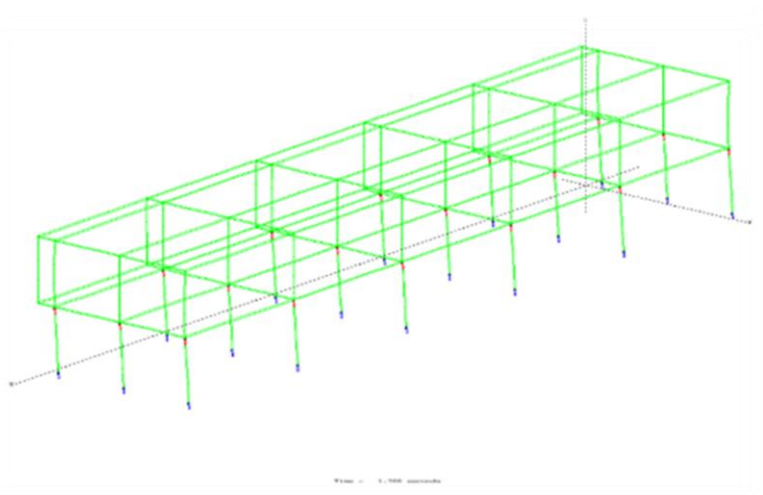
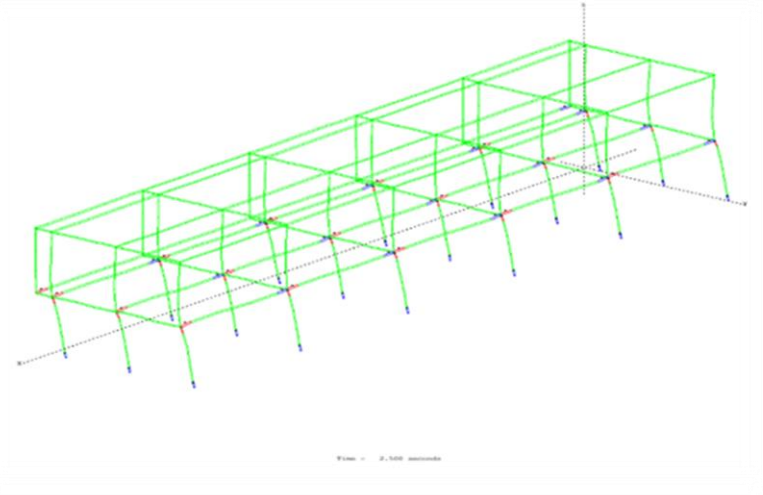
Tabel 4.7: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar 				

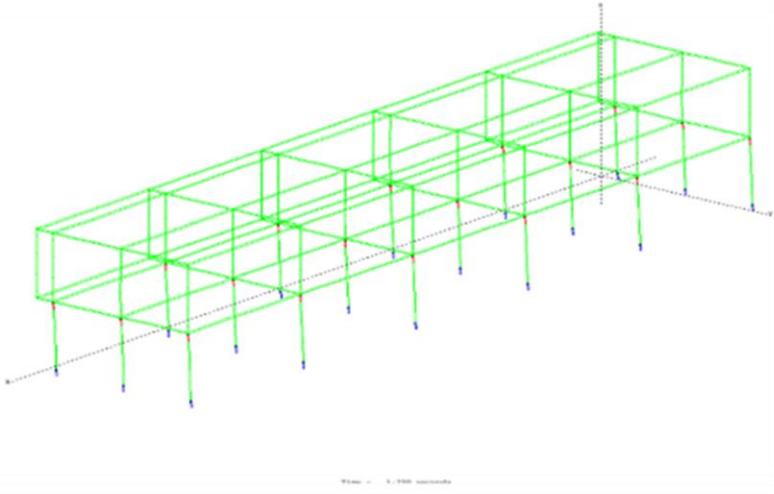
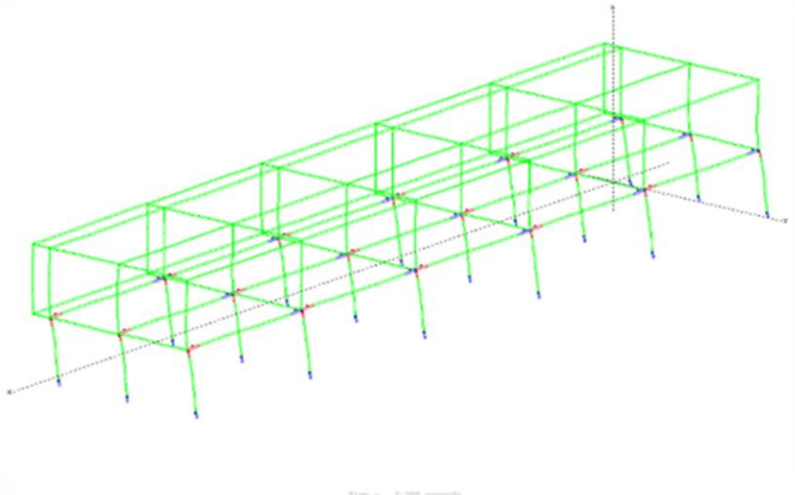
Tabel 4.7: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,20
	Gambar 				

Tabel 4.8: Pola Keruntuhan untuk Model 2 *Groundmotion 3*.

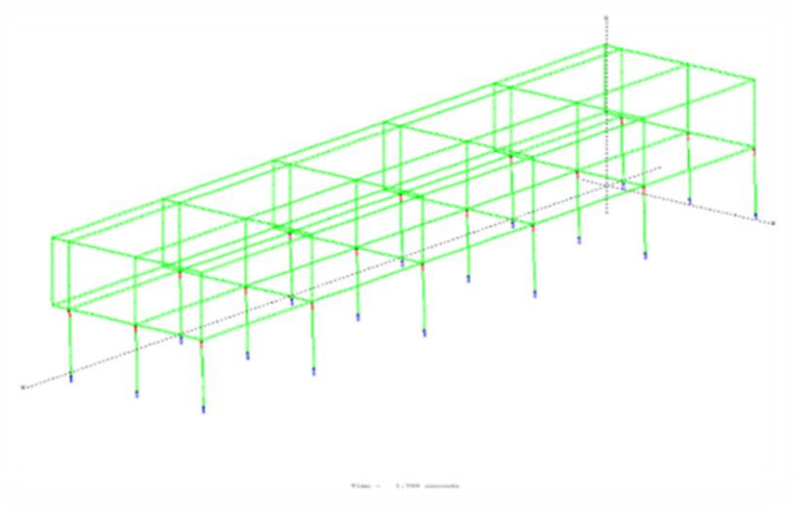
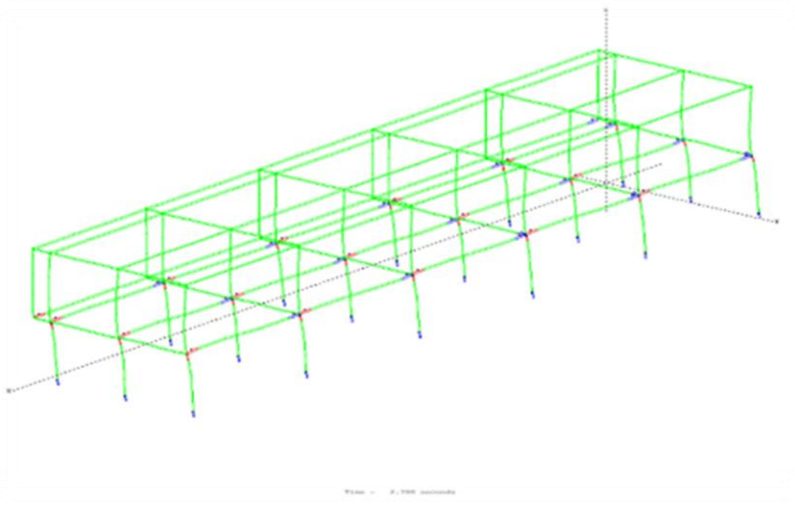
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,70
	Gambar 				
35	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,50
	Gambar 				

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

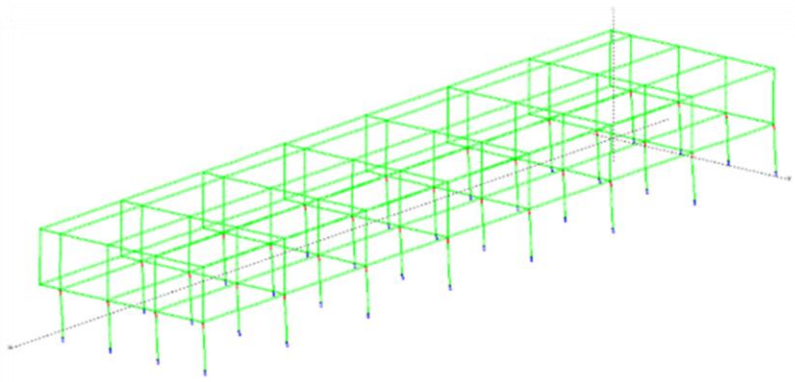
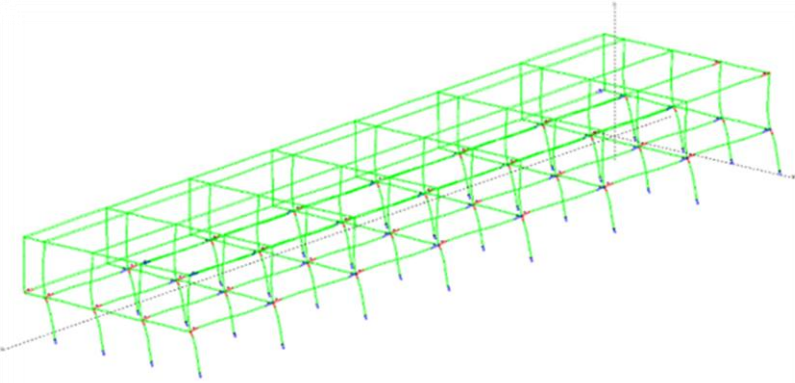
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,70
	Gambar 				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,30
	Gambar 				



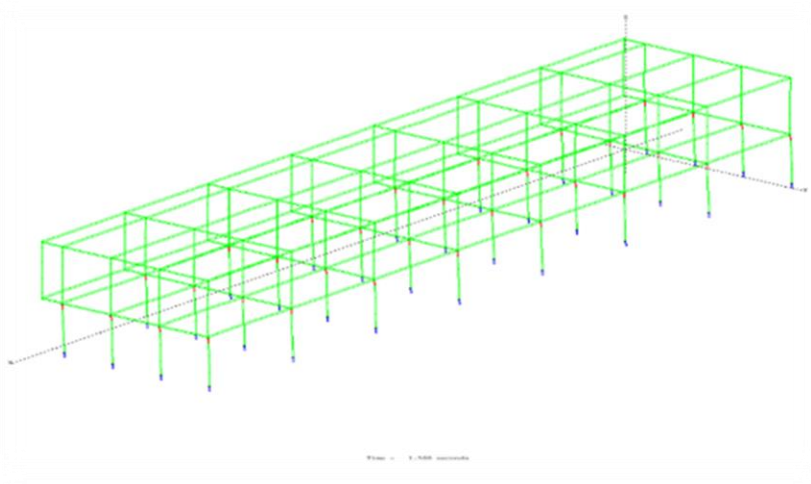
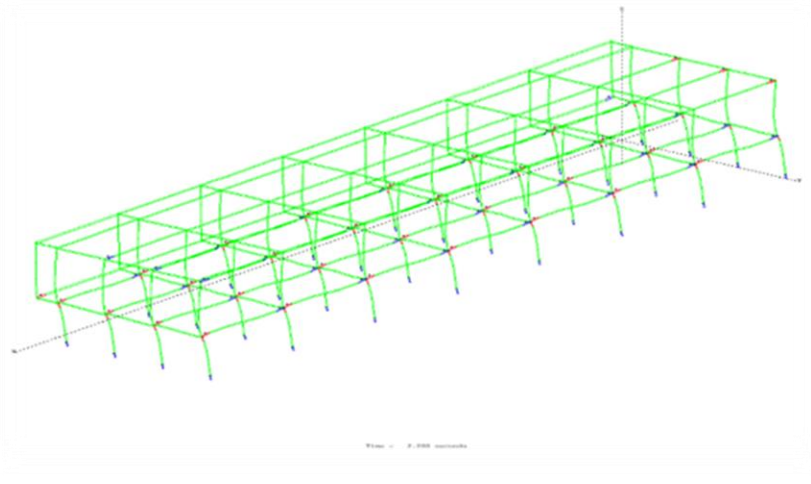
Tabel 4.8: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,70
	Gambar 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,70
	Gambar 				

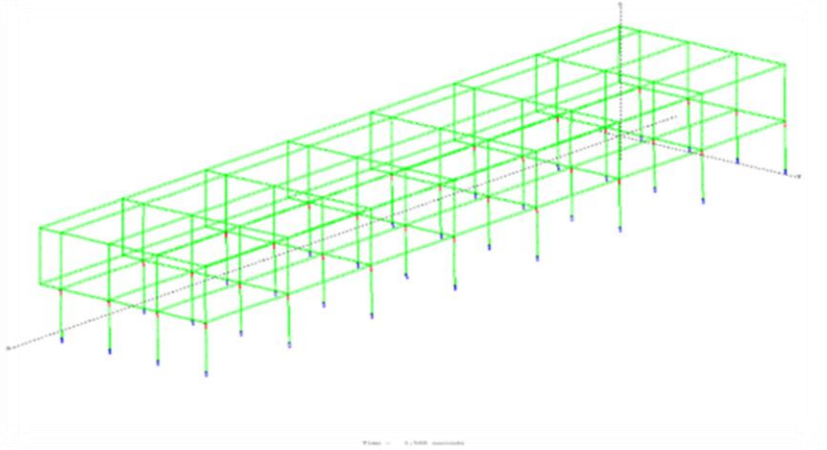
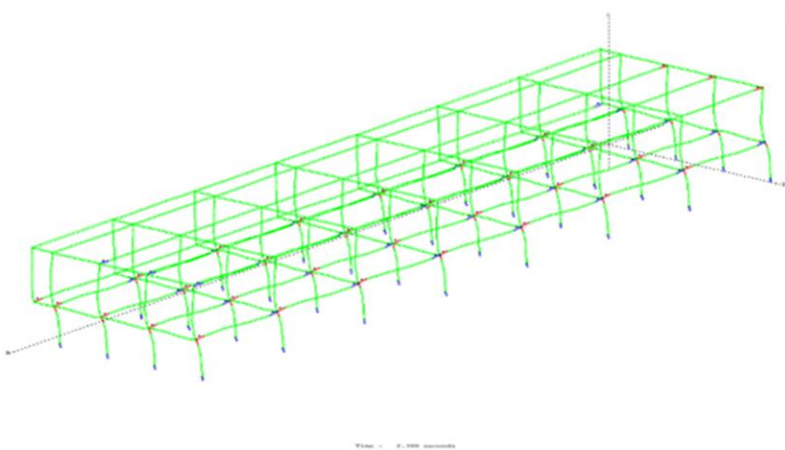
Tabel 4.9: Pola Keruntuhan untuk Model 3 *Groundmotion 1*.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,50
	<p>Gambar</p> 				
35	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,10
	<p>Gambar</p> 				

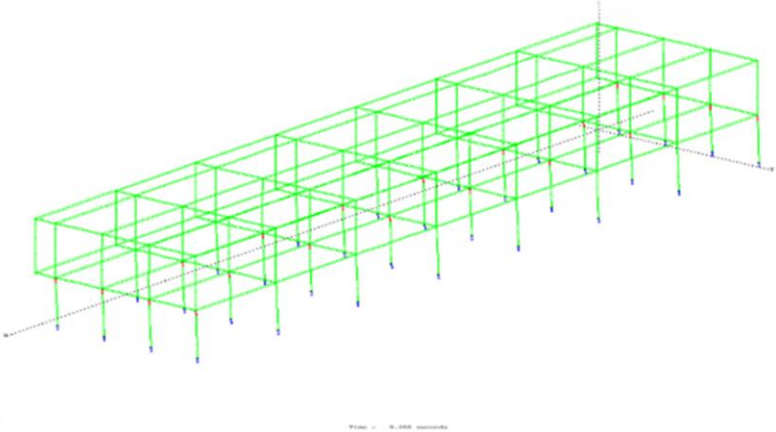
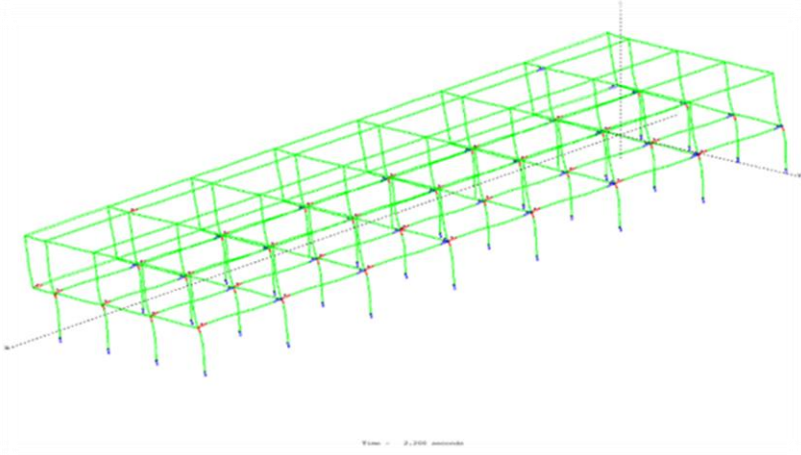
Tabel 4.9: Lanjutan.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,50
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a building frame with multiple stories and columns. Red markers are placed at the base of the columns, indicating the location of plastic hinges. The frame is rendered in green lines.</p>				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,20
	<p>Gambar</p>  <p>The image shows a 3D wireframe model of a building frame similar to the one above. In this case, there are no red markers at the base of the columns, indicating that no plastic hinges formed at the base. The frame is rendered in green lines.</p>				

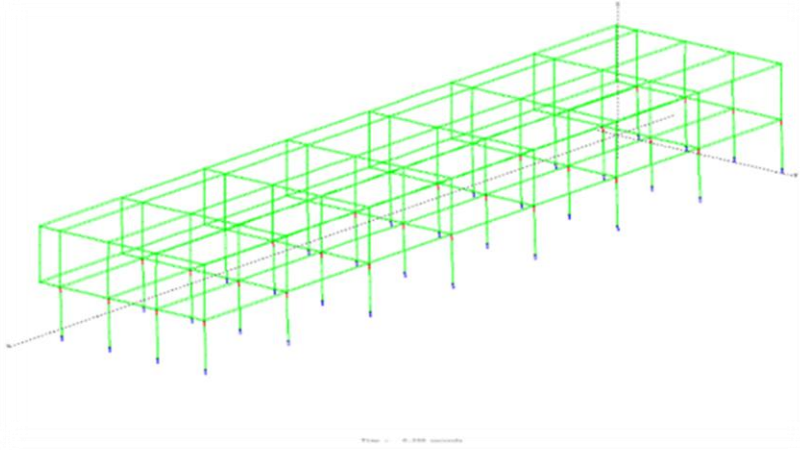
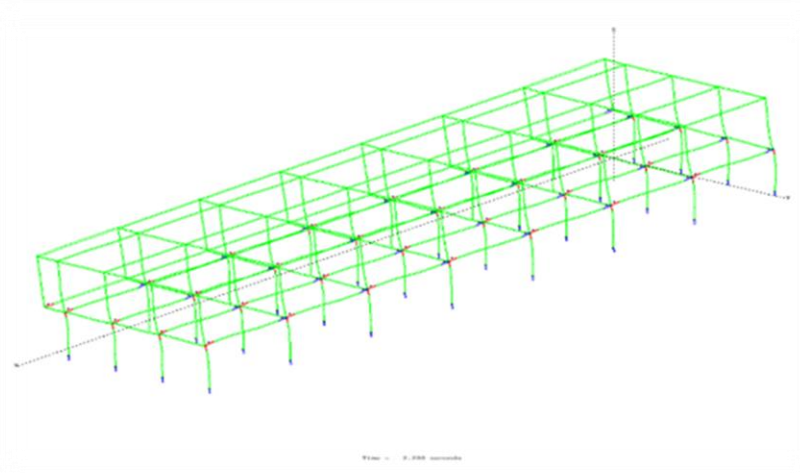
Tabel 4.9: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,50
	<p>Gambar</p> 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,30
	<p>Gambar</p> 				

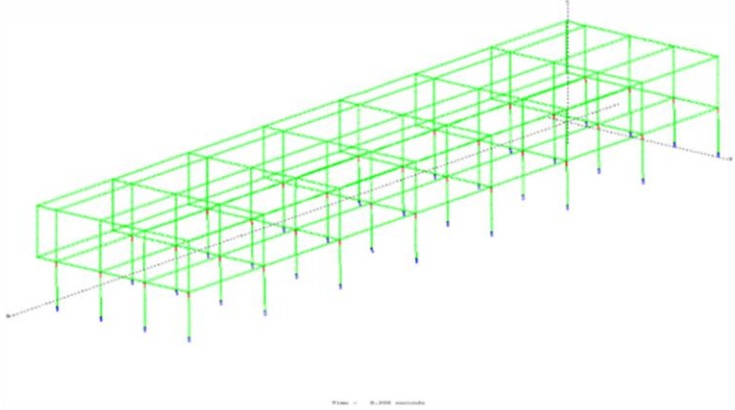
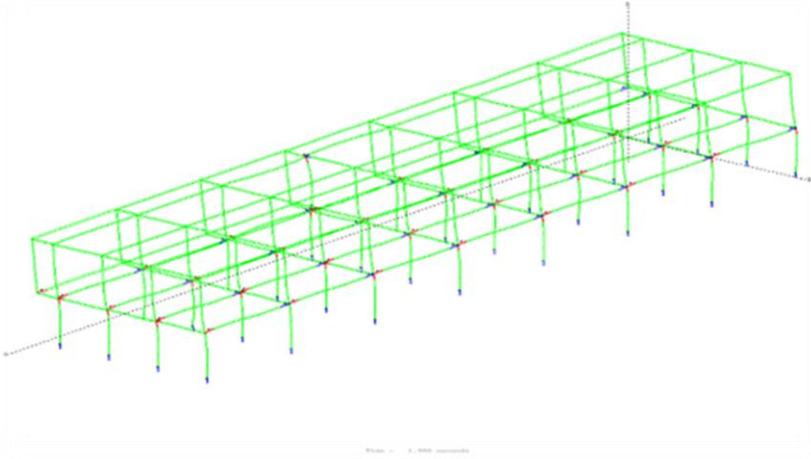
Tabel 4.10: Pola Keruntuhan untuk Model 3 *Groundmotion 2*.

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
35	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2,20
	Gambar 				

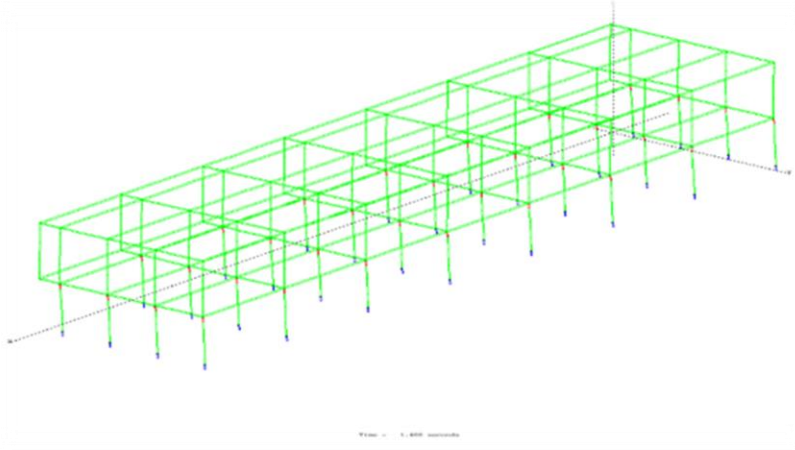
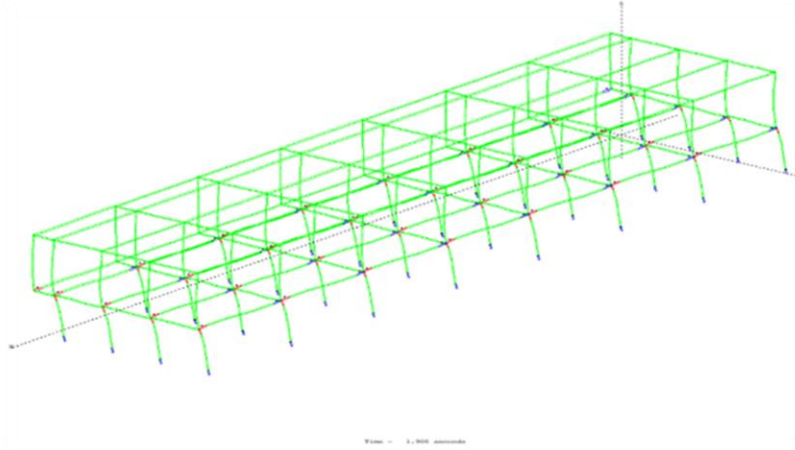
Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,20
	Gambar 				

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

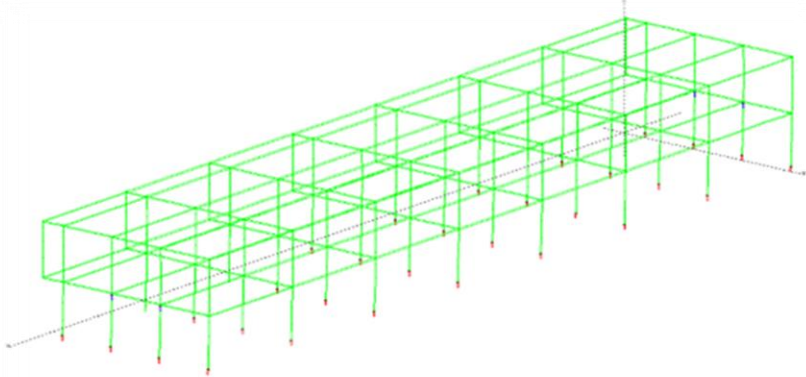
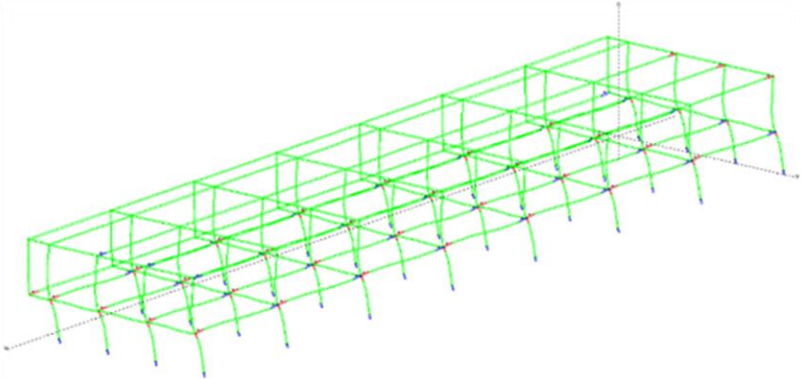
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar 				

Tabel 4.11: Pola Keruntuhan untuk Model 3 *Groundmotion 3*.

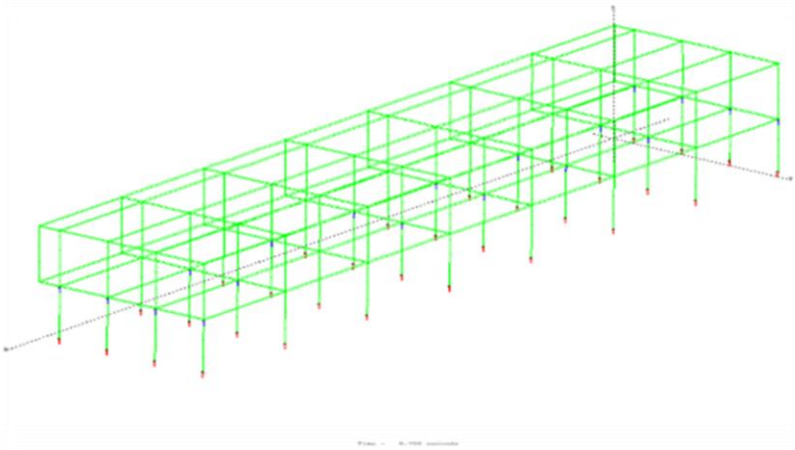
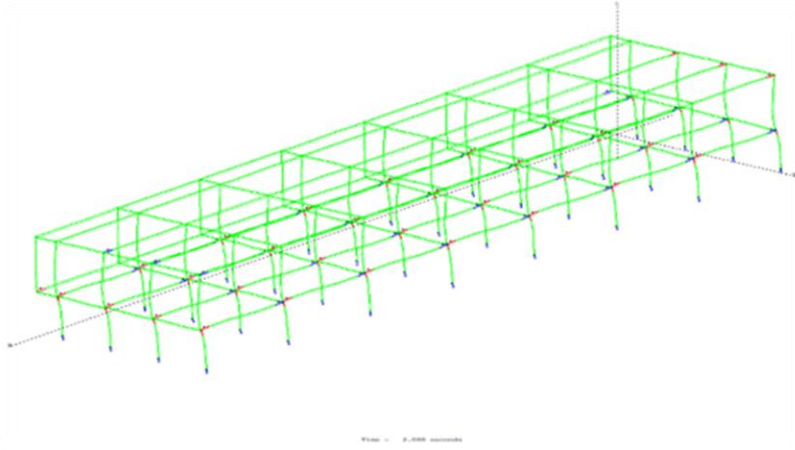
Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,40
	Gambar 				
35	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar 				



Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	Gambar 				
40	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,00
	Gambar 				

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Sudut Datang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	<p>Gambar</p> 				
45	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	2,00
	<p>Gambar</p> 				

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. Untuk data terdapat pada lampiran A.10.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Beberapa model struktur telah mencapai sendi plastis, yaitu *Soft Story*. Bila terkena gempa tunggal.
2. Arah sudut datang getaran gempa yang lemah dari ketiga model struktur rumah toko yaitu :
  - a) Terhadap struktur rumah toko model 1 adalah  $0^\circ$  untuk arah x terjadi pada getaran gempa kedua dan  $25^\circ$  untuk arah y terjadi pada getaran gempa pertama.
  - b) Terhadap struktur rumah toko model 2 adalah  $5^\circ$  untuk arah x terjadi pada getaran gempa pertama dan  $75^\circ$  untuk arah y terjadi pada getaran gempa ketiga.
  - c) Terhadap struktur rumah toko model 3 adalah sudut  $0^\circ$  untuk arah x pada getaran gempa ketiga dan  $25^\circ$  untuk arah y pada getaran gempa ketiga.

#### **5.2. Saran**

1. Dalam tugas akhir ini hanya menevaluasi 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

- Aprillianto, S., Santosa, B. J., & Sunardi, B. (2016). *Ground Motion Modeling Wilayah Sumatera Selatan Berdasarkan Analisis Bahaya Gempa Probabilistik. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 5*, 2337-3520.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja tulangan beton (SNI 2052:2017). *Standar Nasional Indonesia*, 15.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Honarto, R. J., Handono, B. D., & Pandaleke, R. (2019, Februari). *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Manado. Jurnal Sipil Statik, Vol. 7*, 201-208.
- [Http://peer.berkeley.edu/](http://peer.berkeley.edu/), diakses 14 Februari 2021.
- [Http://puskim.pu.go.id/](http://puskim.pu.go.id/), diakses 14 Februari 2021.
- Kariso, P. H., Dapas, S., & Pandaleke, R. (2018, Juni). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Jurnal Sipil Statik, Vol. 6*.
- Lukiyono, & Almufid. (2015). Daktilitas Pada Struktur Balok Di Bangunan Tinggi Pada Daerah Rawan Gempa Sesuai Dengan Peraturan Sni 1726:2012. *Jurnal Teknik, 4*(2).
- Nelwa, I. T., E. Wallah, S., & O. Dapas, S. (2018, Maret). *Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan. Jurnal Sipil Statik, Vol. 6*, 175-188.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar (Anggota IKAPI).

- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018, April 1). *Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang*. *Portal Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 10.
- Putri, A. S., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2018, Januari s/d Juni). *Analisis Perilaku Portal Baja Dengan Kekakuan Tingkat Lunak (Soft Story)*. *Jom FTeknik*, Vol. 5.
- Shakeri, K., Khansoltani, E., & Pessiki, S. (2018). Ground Motion Scaling For Seismic Response Analysis By Considering Inelastic Response And Contribution Of The Higher Modes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 70-85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.04.007>.
- Zhang, Y., Chen, J., & Sun, C. (2017). Damage-Based Strength Reduction Factor For Nonlinear Structures Subjected To Sequence-Type Ground Motions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 298-311. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.10.002>.

## 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>
B.	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 : 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.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	0,269	0,376	1,072	0,376	Oke
Y	0,269	0,376	0,850	0,376	Oke

Berdasarkan Tabel L.2, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode maksimum yaitu 0,376 karena nilai periode pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

### 2. Model 2

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.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	0,286	0,4	1,375	0,4	Oke
Y	0,286	0,4	0,129	0,4	Oke

Berdasarkan Tabel L.3, 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.

### 3. Model 3

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.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	0,269	0,376	0,84	0,376	Oke
Y	0,269	0,376	0,85	0,376	Oke

Berdasarkan Tabel L.4, 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.5 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.5: Hasil *output* *Modal Participating Mass Ratios* struktur model 1.

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

Tabel L.6: 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

#### 2. Model 2

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 2.

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.8 untuk Model 2, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.8: 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

### 3. Model 3

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 3.

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.10 untuk Model 3, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.10: 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.11: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 2.

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

Dapat dilihat pada Tabel L.18 bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 322935,9 kN.

##### 2. Model 2

Tabel L.12: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 3.

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

Dapat dilihat pada Tabel L.12 bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 369811,15 kN.

### 3. Model 3

Tabel L.13: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 5.

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

Dapat dilihat pada Tabel L.13 bahwa berat total struktur untuk Model 3 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.14.

Tabel L.14: 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
$C_{s\ min} = 0.044S_{DS} \cdot I_e \geq 0.01$	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.14 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 1 adalah 279,8078349.

Tabel L.15: *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.15, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 260,1643 untuk arah X dan 236,6275 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.16.

Tabel L.16: 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.16 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 2 adalah 320,4228988.

Tabel L.17: *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.17, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 308,5158 untuk arah X dan 215,8471 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.18.

Tabel L.18: 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.18 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 3 adalah 418,2840246.



Tabel L.19: *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.19, 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.6.2. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 1

Tabel L.20: 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	146,034	97,93	Oke
1	260,164	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.20 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.21: 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	127,3402	97,93	Oke
1	236,6275	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.21 setiap lantai telah memenuhi syarat.

### A.6.3. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* untuk Model 2

Tabel L.22: 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	94,9902	112,15	Tidak Oke
1	132,746	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.22 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 2.

Tabel L.23: 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	166,9801	112,15	Oke
1	308,5158	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.23 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Tabel L.24: 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	255,15	146,40	Oke
1	460,345	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.24 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.25: 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	260,2335	146,40	Oke
1	465,5191	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.25 setiap lantai telah memenuhi syarat.

## A.7. Nilai Simpangan Gedung

### A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

Tabel L.26: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 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	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.26, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.27: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 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	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.27, 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 2

Tabel L.28: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 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	26,288	9,441	51,9255	3500	87,5	Oke
1	X	16,847	16,847	92,6585	4000	100	Oke

Berdasarkan Tabel L.28, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.29: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\delta_{xe}$ ( $\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$ )	$\Delta_x$ ( $\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e}$ )	$h_{sx}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ ( $0.025 h_{sx}$ )	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.29, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari  $\Delta_{ijin}$ .

### A.7.5. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 3

Tabel L.30: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah X.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\delta_{xe}$ ( $\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$ )	$\Delta_x$ ( $\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e}$ )	$h_{sx}$ (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.30, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari  $\Delta_{ijin}$ .

Tabel L.31: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah Y.

Story	Arah	$\delta_{ex}$	$\delta_{xe}$ ( $\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$ )	$\Delta_x$ ( $\delta_{xe} \frac{C_{dx}}{I_e}$ )	$h_{sx}$ (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.31, 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.8.2. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 1**

abel L.32: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

Story	Stiffness X (kN/m)	Cek	Stiffness Y (kN/m)	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 2**

Tabel L.33: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

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

#### **A.8.5. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak untuk Model 3**

Tabel L.34: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

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

## A.9. Pengaruh Efek P-Delta

### A.9.2. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 1

Tabel L.35: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\frac{\theta_x}{\left(\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}\right)}$	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.36: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

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

### A.9.3. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 2

Tabel L.37: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	$\Delta x$	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\frac{\theta_x}{\left(\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}\right)}$	Cek
2	367,20	51,93	1	94,99	3500	5,50	0,010	P- $\Delta$ dapat diabaikan
1	1164,23	92,66	1	132,75	3500	5,50	0,042	P- $\Delta$ dapat diabaikan

Tabel L.38: 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	367,20	55,89	1	166,98	3500	5,50	0,006	P-Δ dapat diabaikan
1	1164,23	131,6	1	308,52	3500	5,50	0,026	P-Δ dapat diabaikan

### A.9.5. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 3

Tabel L.39: 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	2485,15	55,32	1	255,15	3500	5,50	0,028	P-Δ dapat diabaikan
1	4866,14	72,54	1	460,34	3500	5,50	0,039	P-Δ dapat diabaikan

Tabel L.40: 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	2485,15	50,52	1	260,23	3500	5,50	0,025	P-Δ dapat diabaikan
1	4866,14	69,23	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. Story Drift

#### 1. Model 1

Tabel L.41: *Inter Story Drift* untuk Model 1 arah x

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
0	1,056	3,233	2,691
5	1,052	3,222	2,656
10	1,04	3,173	2,627
15	1,02	3,11	2,564
20	0,9908	3,043	2,483
25	0,9579	2,914	2,408
30	0,9163	2,773	2,284
35	0,8675	2,648	2,158
40	0,8105	2,488	2,022
45	0,7681	2,283	1,866
50	0,675	2,039	1,675
55	0,6057	1,827	1,484
60	0,5251	1,561	1,28
65	0,4428	1,29	1,054
70	0,3617	0,9734	0,8618
75	0,2674	0,7802	0,5975
80	0,1842	0,4349	0,3944
85	0,09367	0,2183	0,196
90	0,09367	0,2183	0,196

Tabel L.42: *Inter Story Drift* untuk Model 1 arah y

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
0	1E-18	4,1E-05	5,9E-05
5	0,09178	1,512	0,473
10	0,7516	0,4006	0,4264
15	0,2526	0,8233	2,192
20	1,187	0,8381	0,9718
25	2,299	1,387	1,029
30	0,7324	2,949	1,145
35	0,5743	1,376	1,333
40	0,9412	1,568	1,444
45	0,7003	1,835	1,623
50	0,7242	1,984	1,79
55	0,7977	2,007	1,824
60	1,11	2,141	1,95
65	0,8649	2,222	2,018
70	0,8978	2,314	2,097
75	0,9576	2,375	2,156
80	1,004	2,445	2,199
85	1,029	2,449	2,224
90	1,029	2,449	2,224

Tabel L.43: *Inter Story Drift* untuk Model 2 arah x

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
0	1,547	2,509	1,141
5	1,537	2,498	1,137
10	1,526	2,466	1,101
15	1,482	2,419	1,098
20	1,438	2,348	1,049
25	1,386	2,268	1,012
30	1,322	2,164	0,9812
35	1,245	2,043	0,9396
40	1,155	1,908	0,8594
45	1,053	1,761	0,8224
50	0,9354	1,595	0,7163
55	0,841	1,421	0,6203
60	0,7456	1,23	0,5197
65	0,6186	1,026	0,425

Tabel L.43: Lanjutan

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
70	0,4894	0,8136	0,3116
75	0,3676	0,6008	0,2161
80	0,2436	0,3957	0,1557
85	0,1259	0,1949	0,0881
90	0,1259	0,1949	0,0881

Tabel L.44: *Inter Story Drift* untuk Model 2 arah y

0	0,00245	0,001	0,00108
5	0,1372	1,439	0,3501
10	0,5205	0,6216	0,7866
15	0,3613	1,408	0,5468
20	2,347	1,293	1,124
25	1,162	1,306	1,111
30	0,8664	1,772	1,435
35	1,137	2,039	2,191
40	1,016	1,818	1,793
45	1,113	2,147	1,94
50	1,209	1,893	1,659
55	1,281	2,03	1,408
60	1,364	2,453	1,988
65	1,41	2,366	2,366
70	1,458	2,325	2,413
75	1,509	2,537	3,038
80	1,55	2,5	2,224
85	1,573	2,513	1,436
90	1,573	2,513	1,436

Tabel L.45: *Inter Story Drift* untuk Model 3 arah x

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
0	3,035	1,537	3,136
5	2,996	1,529	3,112
10	2,944	1,516	3,063
15	2,923	1,506	3
20	2,814	1,438	2,963
25	2,765	1,416	2,89
30	2,614	1,371	2,618

Tabel L.45: *Lanjutan*

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
35	2,501	1,285	2,402
40	2,315	1,177	2,245
45	2,147	1,12	2,204
50	1,937	1,004	2,03
55	1,717	0,9838	1,787
60	1,479	0,8381	1,488
65	1,214	0,7311	1,293
70	0,9336	0,6214	0,9333
75	0,7284	0,4444	0,6646
80	0,5409	0,2919	0,4379
85	0,2536	0,1425	0,2439
90	0,2536	0,1425	0,2439

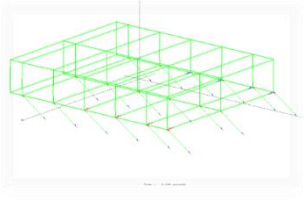
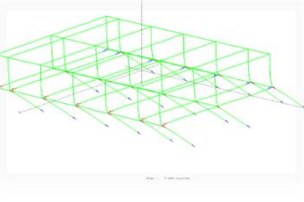
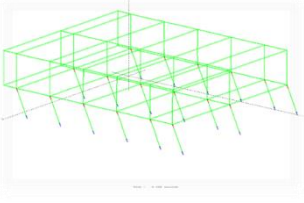
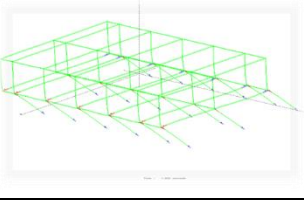
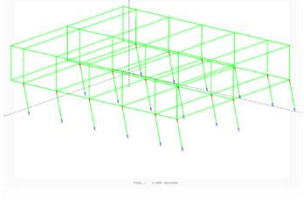
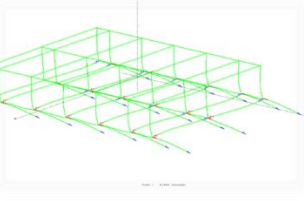
Tabel L.46: *Inter Story Drift* untuk Model 3 arah y

Sudut Derajat	<i>Groundmotion</i>		
	1	2	3
0	0,02401	0,00314	0,2497
5	2,346	2,271	0,539
10	1,593	0,977	5,271
15	3,005	3,251	7,648
20	2,206	6,628	6,664
25	2,098	6,343	2,179
30	2,308	4,835	1,268
35	2,09	5,143	1,474
40	2,468	2,476	1,717
45	2,485	2,397	1,714
50	2,379	4,046	1,987
55	2,511	2,167	1,837
60	2,672	1,778	1,897
65	2,799	1,736	1,979
70	2,841	2,096	2,13
75	3,015	1,941	2,132
80	3,162	1,917	2,195
85	3,087	1,907	2,232
90	3,087	1,907	2,232

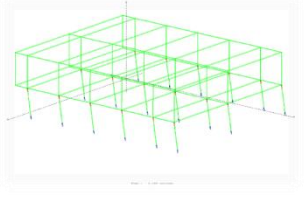
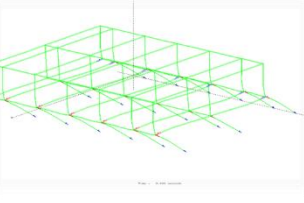
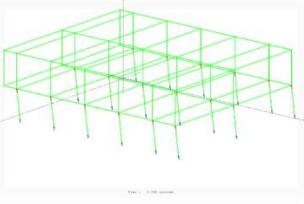
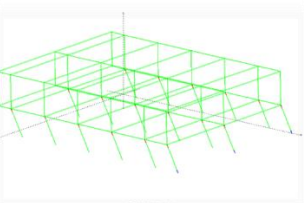
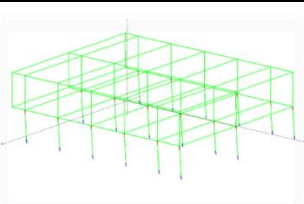
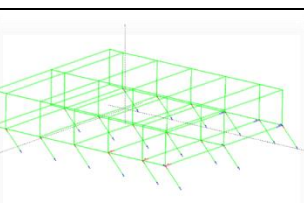
### A.10.2. Pola Keruntuhan

#### 1. Model 1

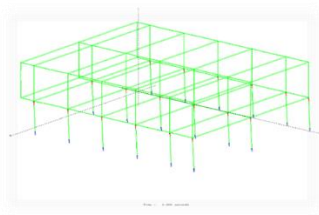
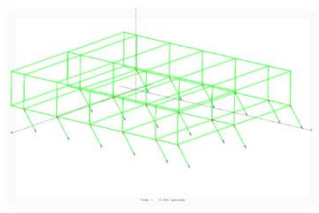
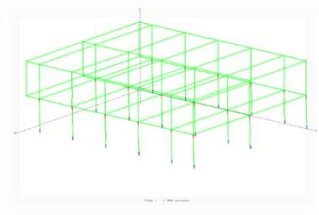
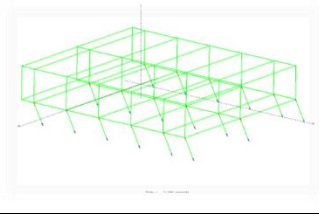
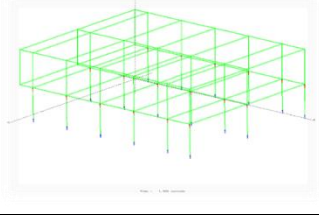
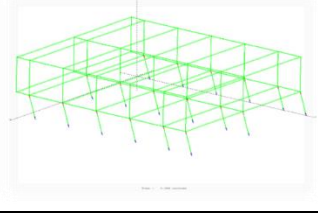
Tabel L.47: Pola Keruntuhan untuk model 1 *Groundmotion 1*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	7.8	
10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7.8	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	8.4	

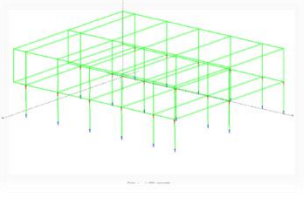
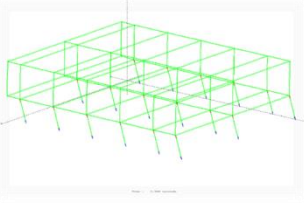
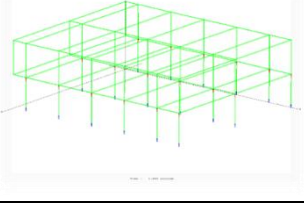
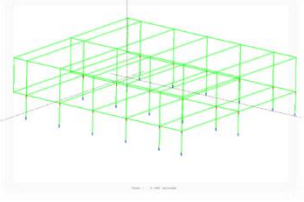
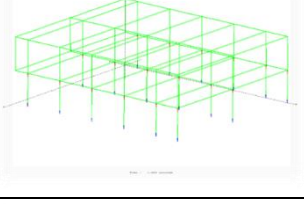
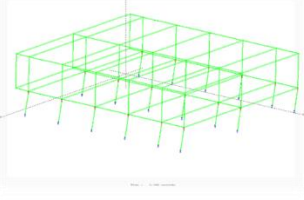
Tabel L.47: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	8.0	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	2.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	5.8	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3.3	

Tabel L.47: Lanjutan.

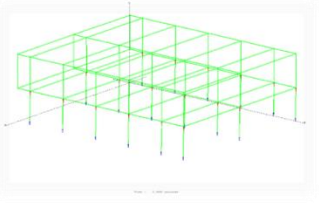
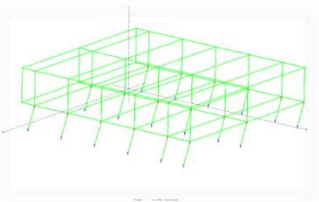
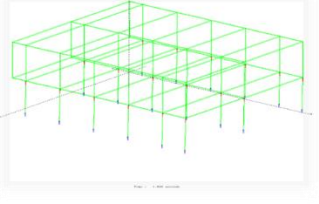
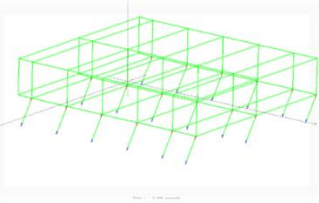
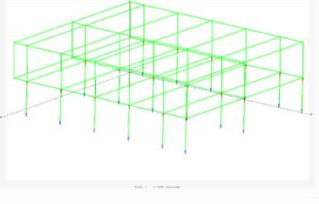
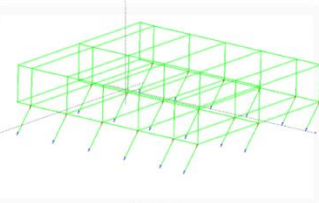
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3.3	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3.3	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3.3	

Tabel L.47: Lanjutan.

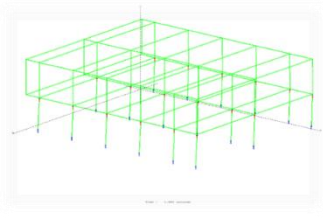
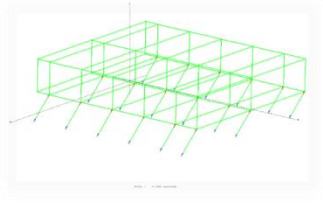
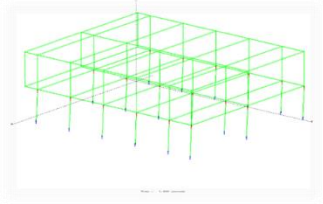
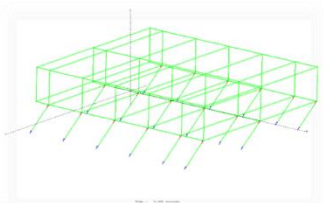
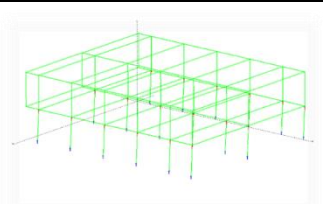
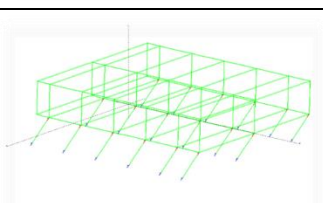
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3.3	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.3	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	



Tabel L.47: *Lanjutan.*

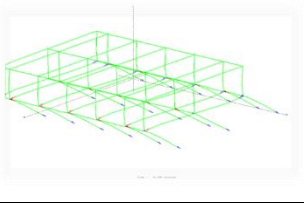
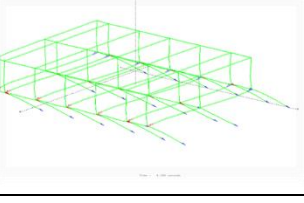
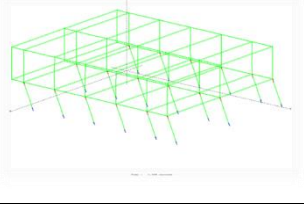
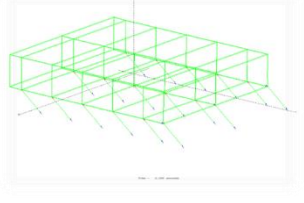
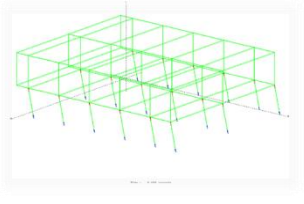
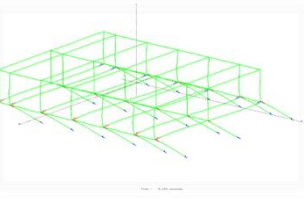
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	-	-	Samping	3.3	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	

Tabel L.47: *Lanjutan.*

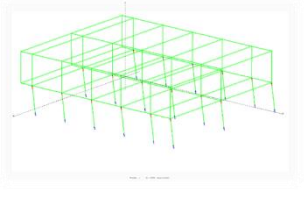
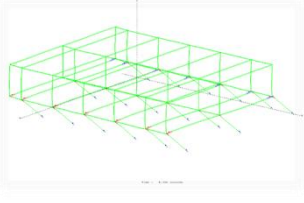
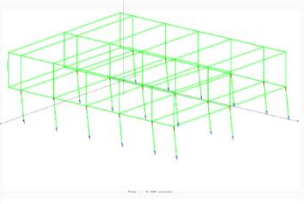
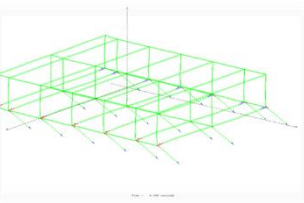
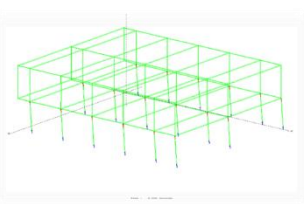
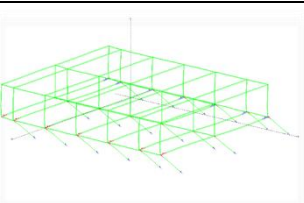
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	-	-	Samping	3.3	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	

2. Model 1

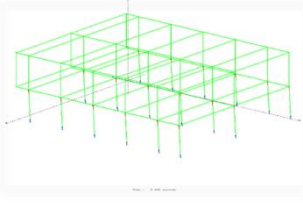
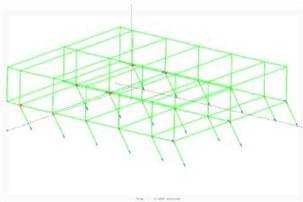
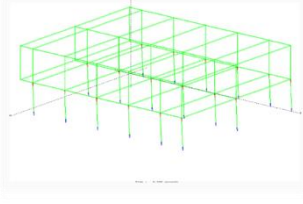
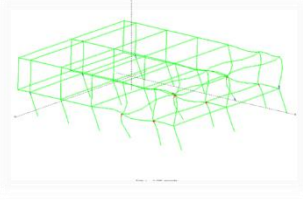
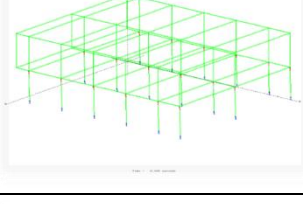
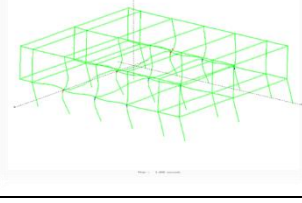
Tabel L.48: Pola Keruntuhan untuk model 1 *Groundmotion 2*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4.3	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4.3	
10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4.3	

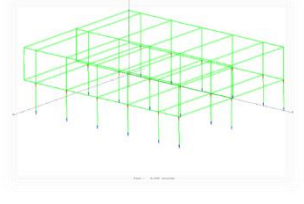
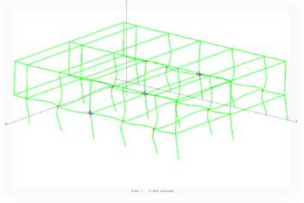
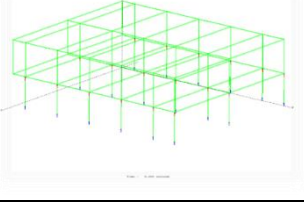
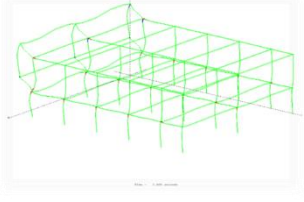
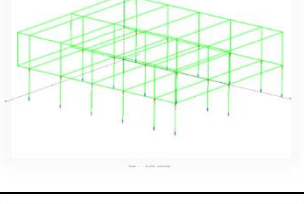
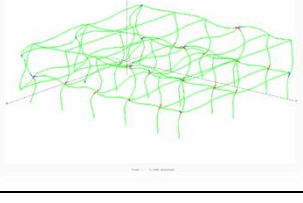
Tabel L.48: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.3	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	4.3	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.3	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4.3	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4.3	

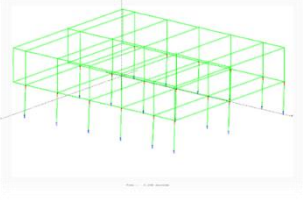
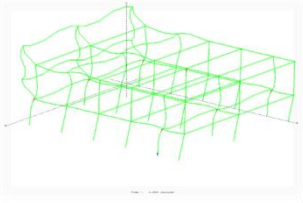
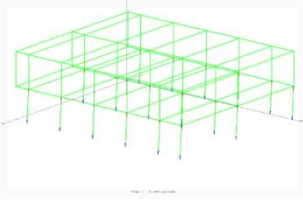
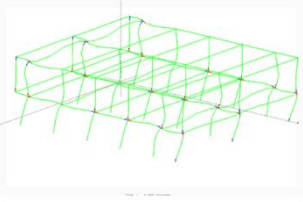
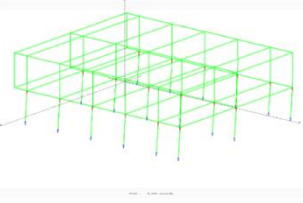
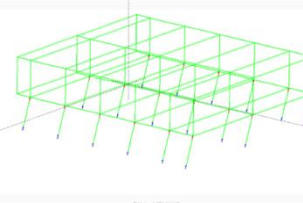
Tabel L.48: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.8	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.5	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.8	

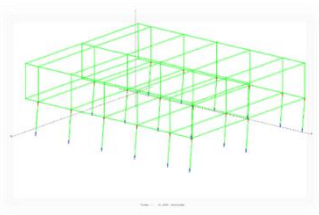
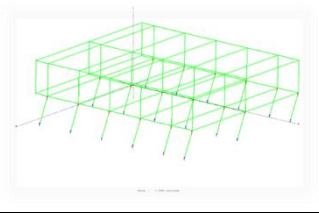
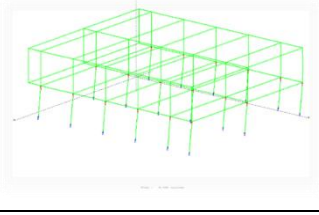
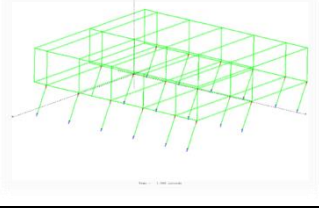
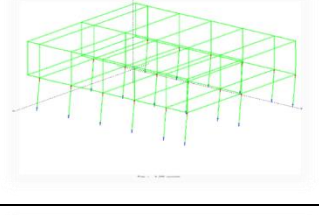
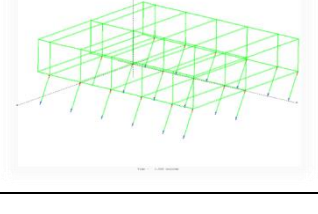
Tabel L.48: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.1	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.1	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.1	

Tabel L.48: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.8	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	2.6	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.5	

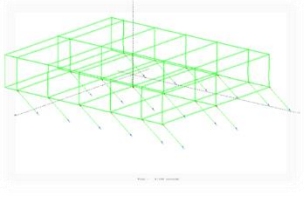
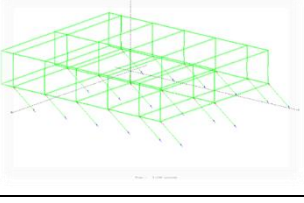
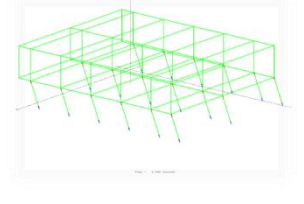
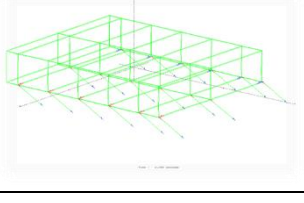
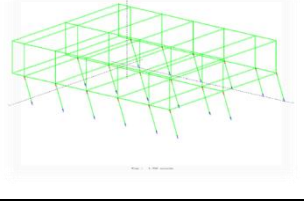
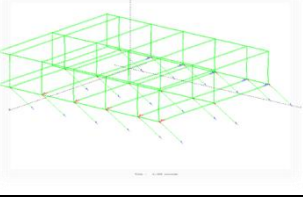
Tabel L.48: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1.5	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	-	-	Samping	1.5	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1.5	

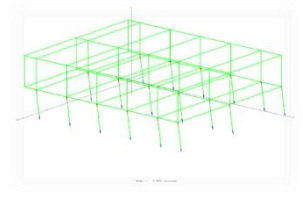
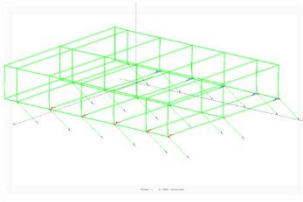
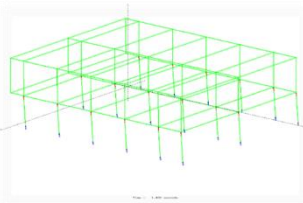
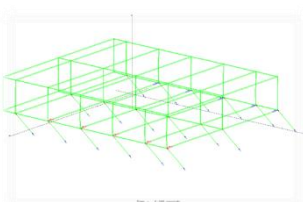
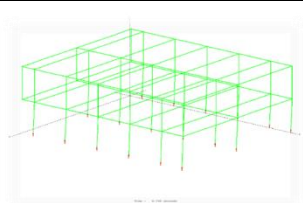
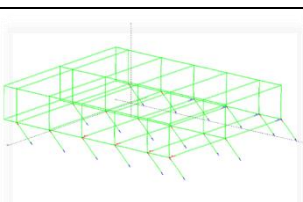


3. Model 1

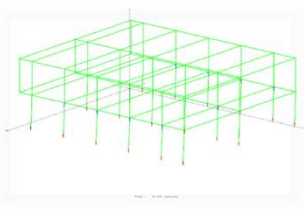
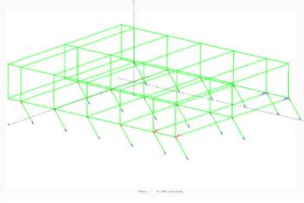
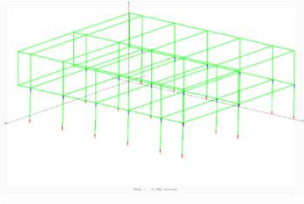
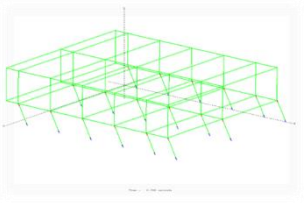
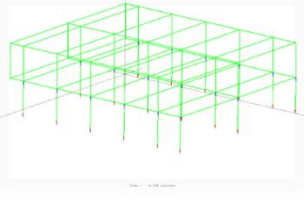
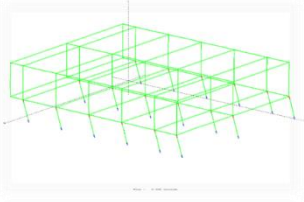
Tabel L.49: Pola Keruntuhan untuk model 1 *Groundmotion 3*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.1	
10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

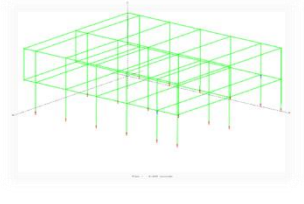
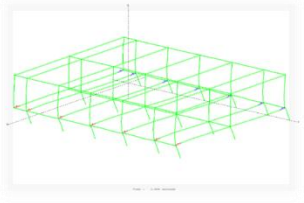
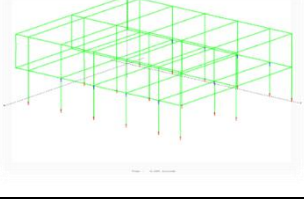
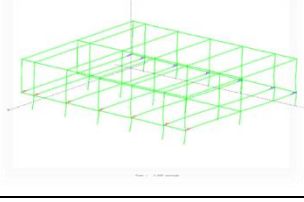
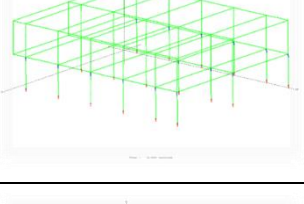
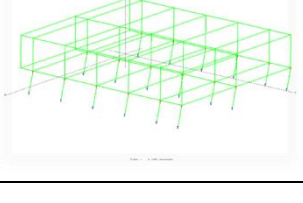
Tabel L.49: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

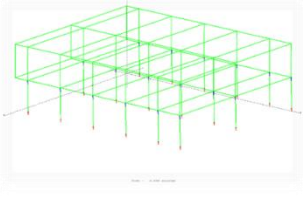
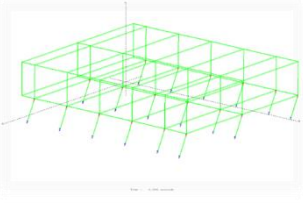
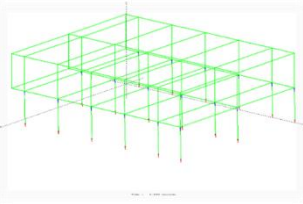
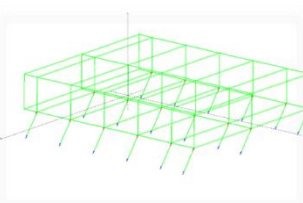
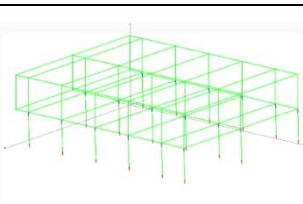
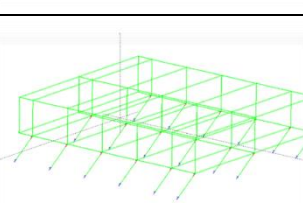
Tabel L.49: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

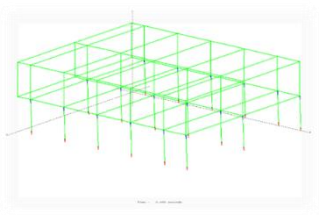
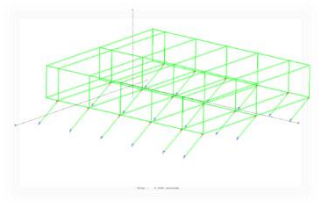
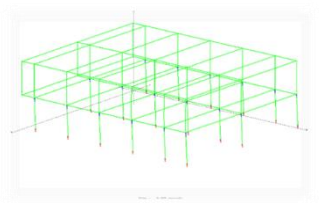
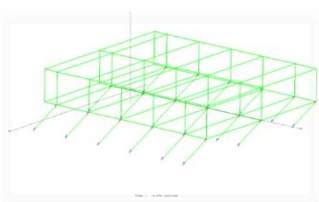
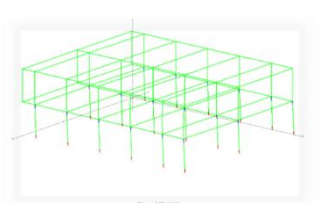
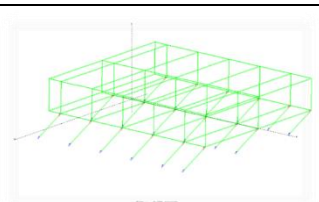
Tabel L.49: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.6	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.0	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.0	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.3	

Tabel L.49: *Lanjutan.*

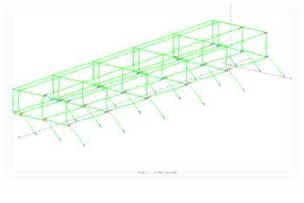
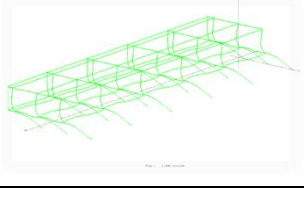
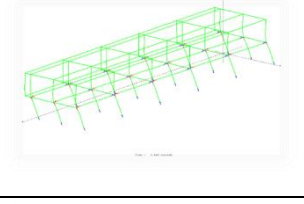
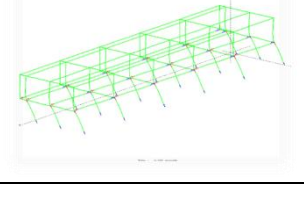
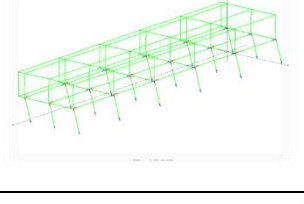
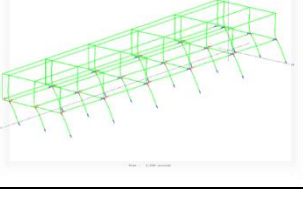
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.3	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	-	-	Samping	2.3	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	

Tabel L.49: *Lanjutan.*

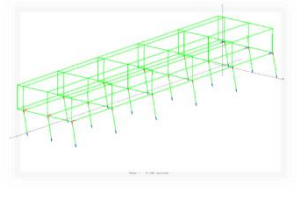
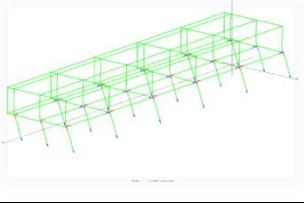
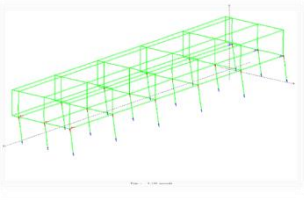
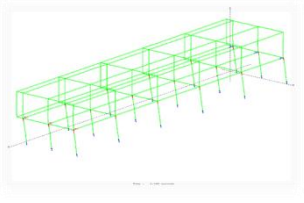
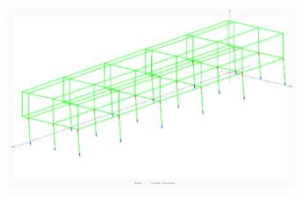
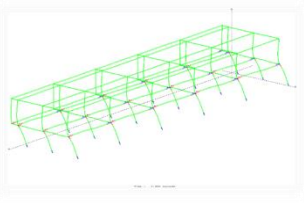
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	-	-	Samping	2.5	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	

4. Model 2

Tabel L.50: Pola Keruntuhan untuk model 2 *Groundmotion 1*.

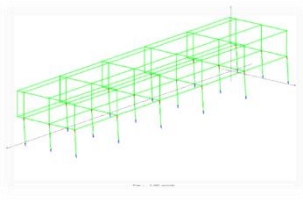
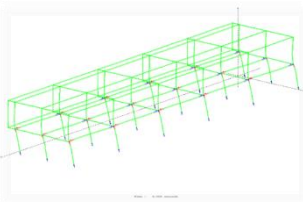
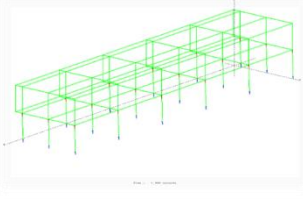
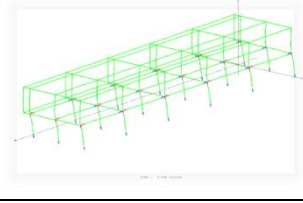
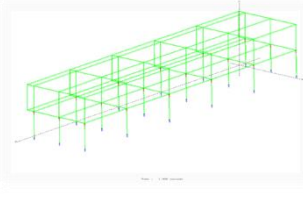
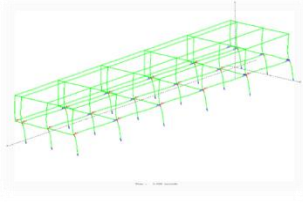
Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.8	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.4	
10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	24	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	

Tabel L.50: *Lanjutan.*

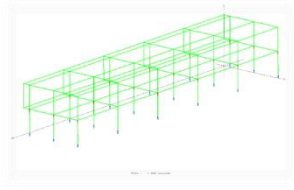
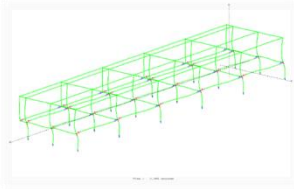
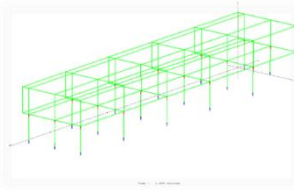
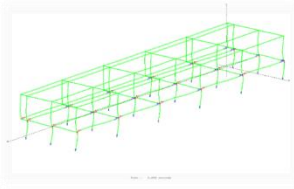

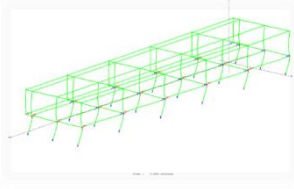
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.4	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	2.1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.6	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.8	



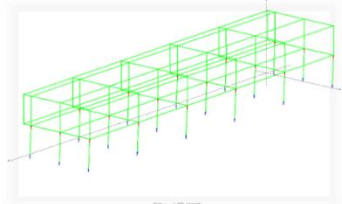
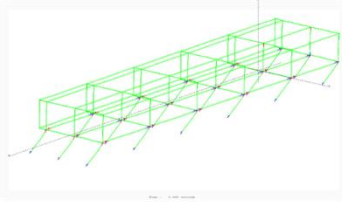
Tabel L.50: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.0	

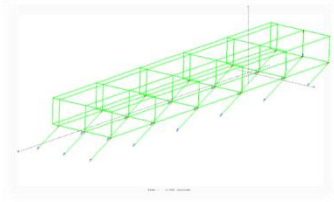
Tabel L.50: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.3	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.2	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.2	

Tabel L.50: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.0	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	-	-	Samping	3.2	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	

Tabel L.50: Lanjutan.

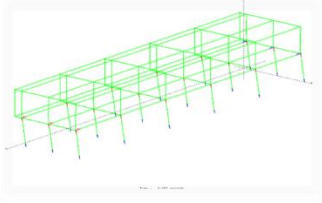
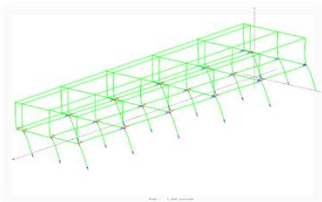
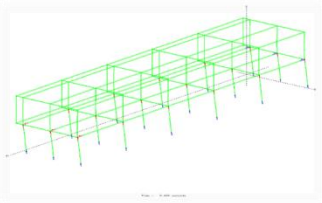
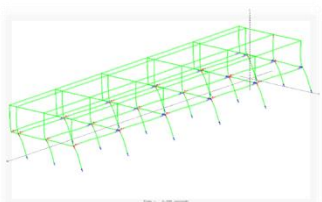
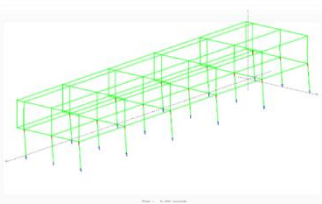
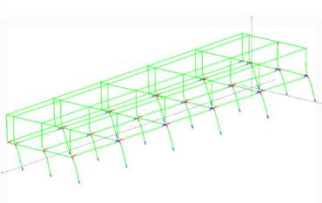
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	-	-	Samping	3.3	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	

5. Model 2

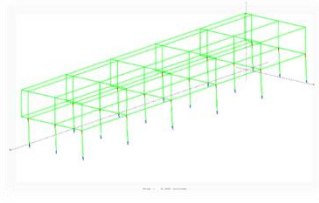
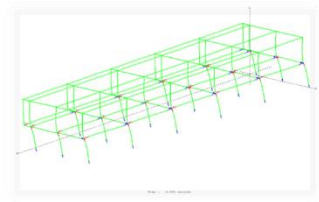
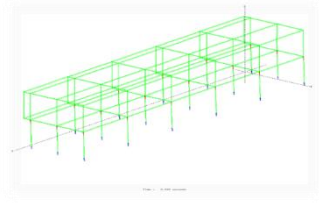
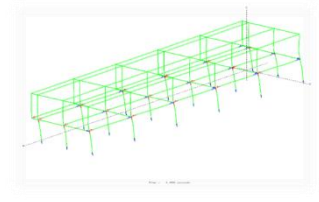
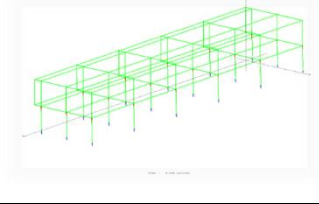
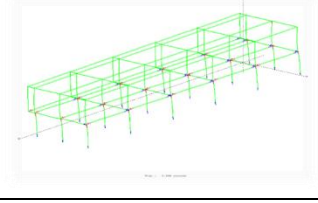
Tabel L.51: Pola Keruntuhan untuk model 2 *Groundmotion 2*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
10	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	-	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	

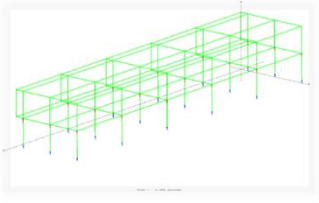
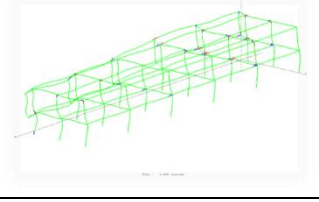
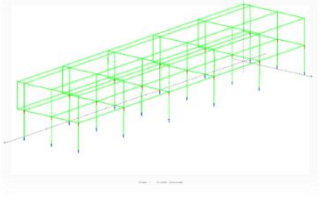
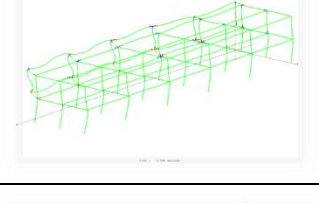
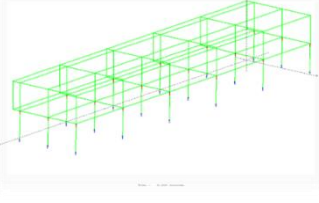
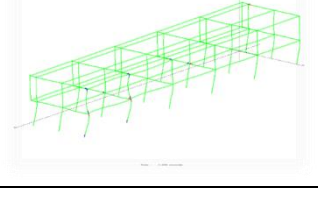
Tabel L.51: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1.9	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.3	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	

Tabel L.51: *Lanjutan.*

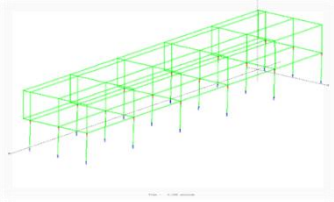
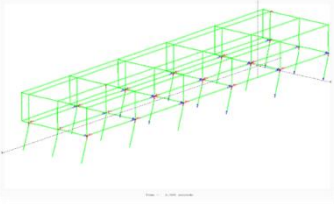

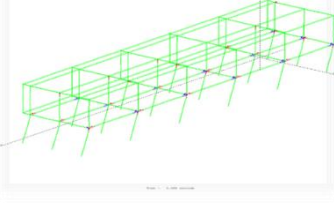
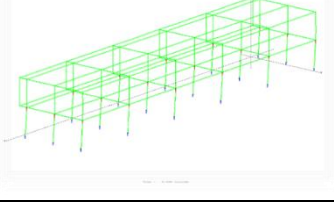
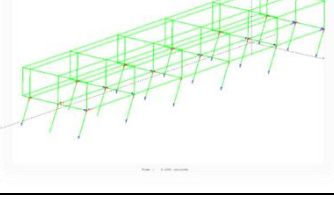
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1.9	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	

Tabel L.51: *Lanjutan.*

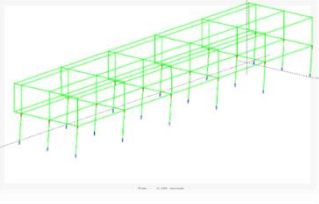
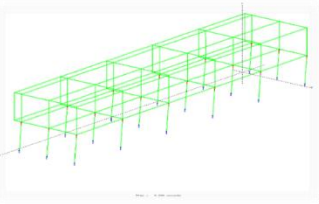
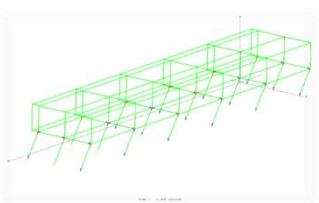
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.8	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.5	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.0	



Tabel L.51: *Lanjutan.*

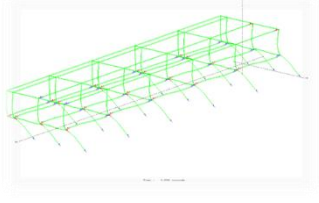
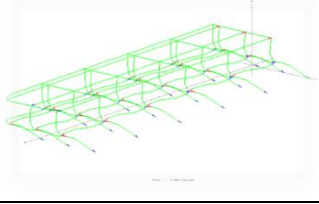
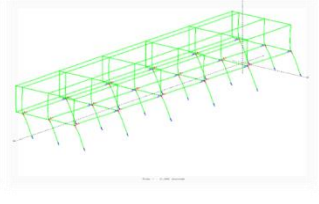
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	-	-	Samping	2.5	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.2	

Tabel L.51: *Lanjutan.*

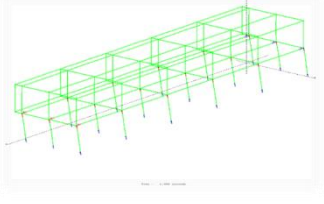
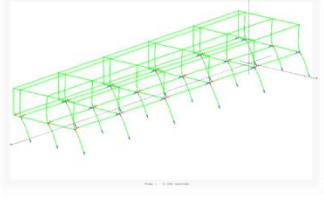
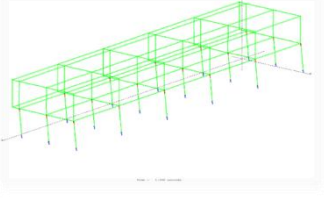
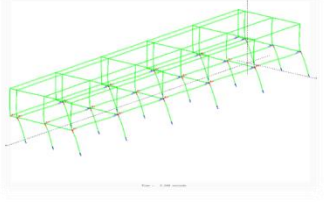
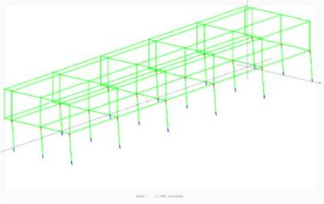
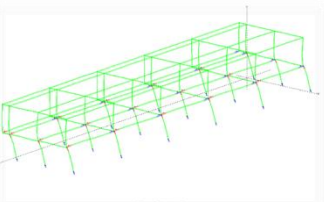
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.2	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	-	-	Samping	2.2	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.2	

6. Model 2

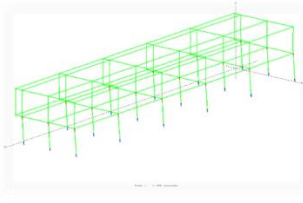
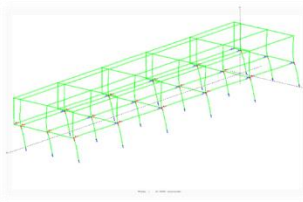
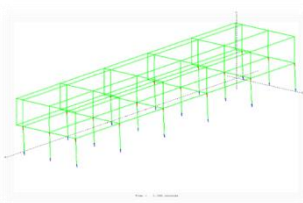
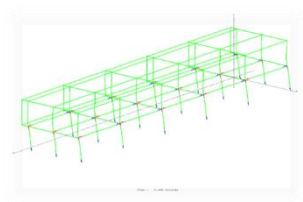
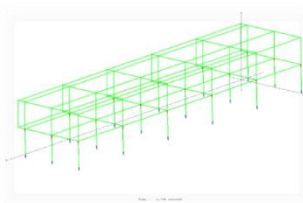
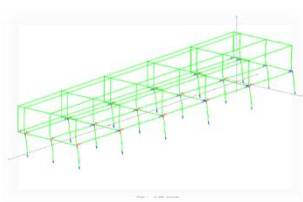
Tabel L.52: Pola Keruntuhan untuk model 2 *Groundmotion 3*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	2.3	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.7	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

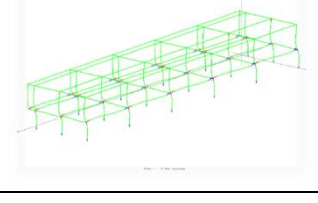
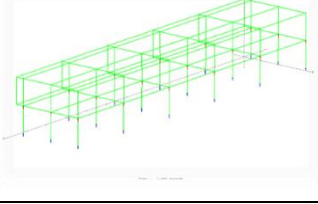

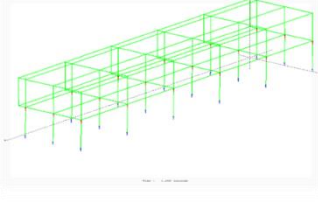
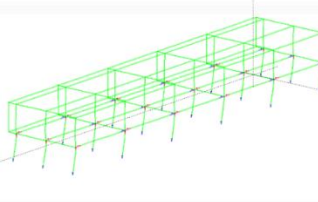
Tabel L.52: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.9	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	

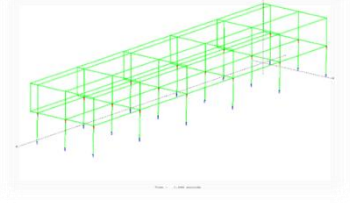
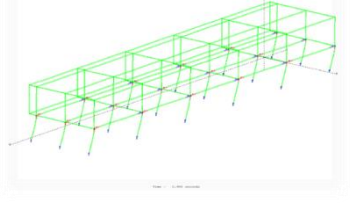
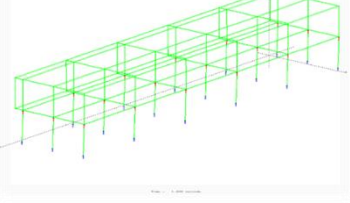
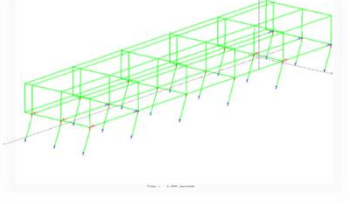
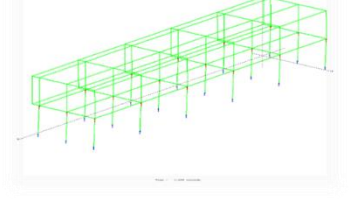
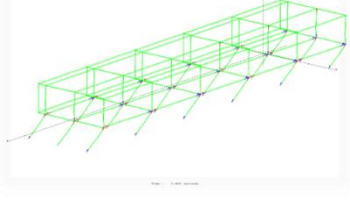
Tabel L.52: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.7	

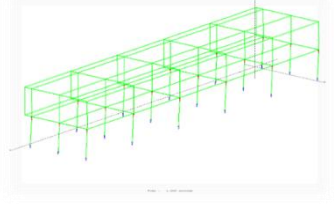
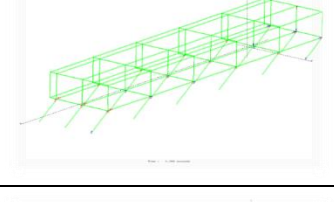
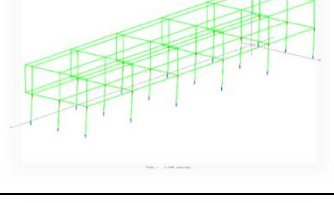
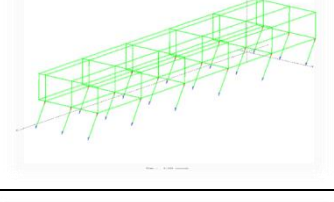
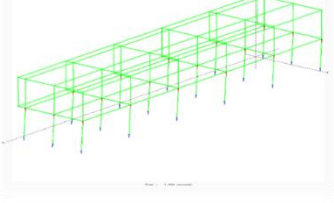
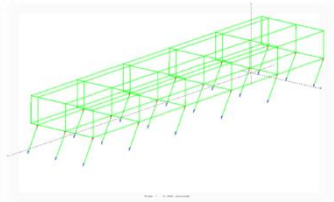
Tabel L.52: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.7	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.3	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	3.1	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.8	

Tabel L.52: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.9	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	-	-	Samping	2.8	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.4	

Tabel L.52: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3.3	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	-	-	Samping	2.5	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	

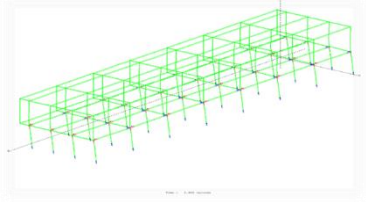
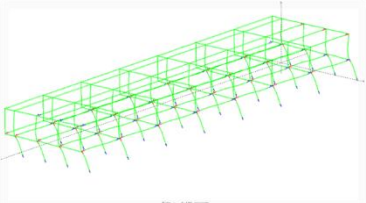
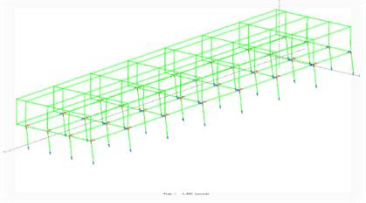
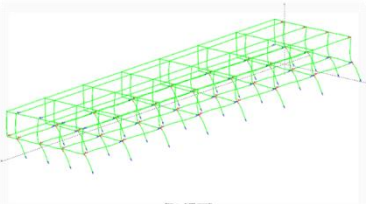
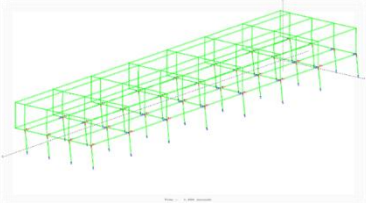
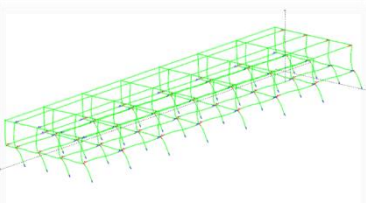


7. Model 3

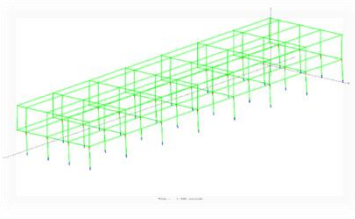
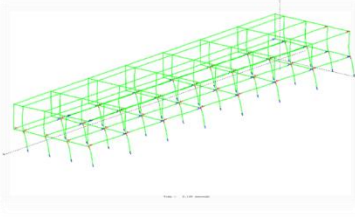
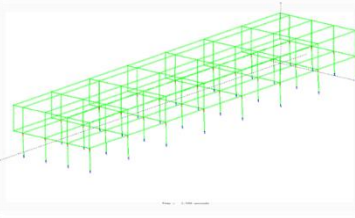
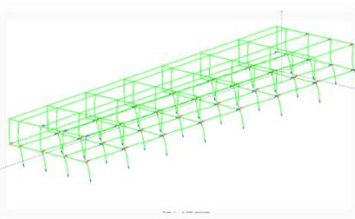
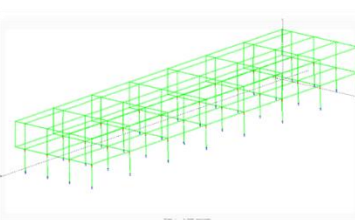
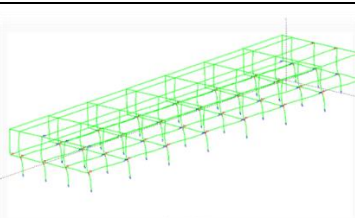
Tabel L.53: Pola Keruntuhan untuk model 3 *Groundmotion 1*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
10	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.4	

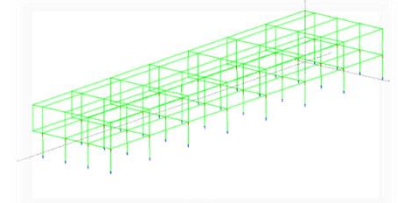
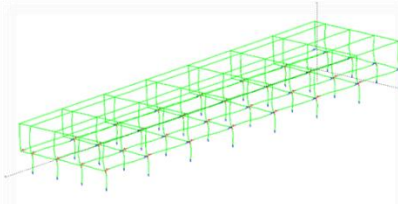
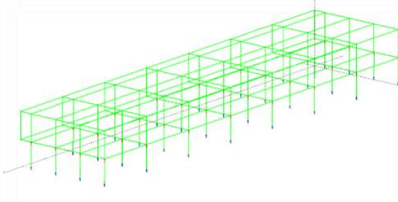
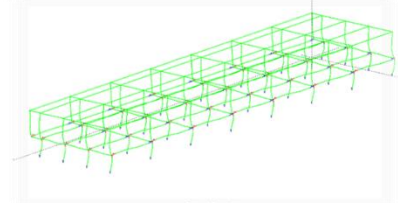
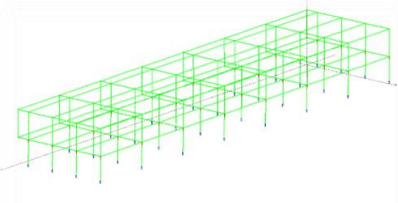
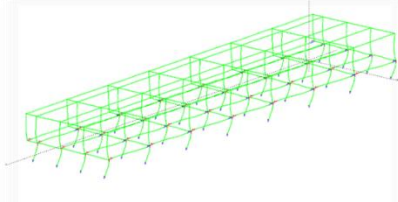
Tabel L.53: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.1	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

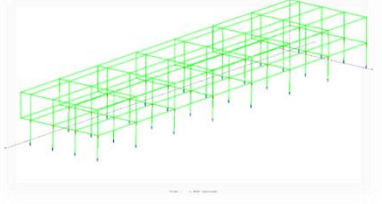
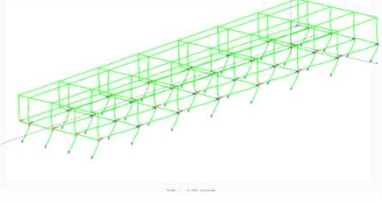
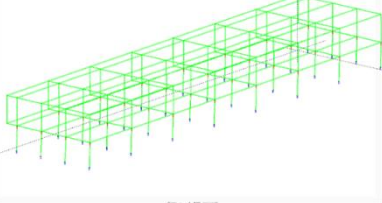
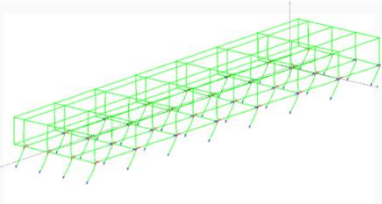
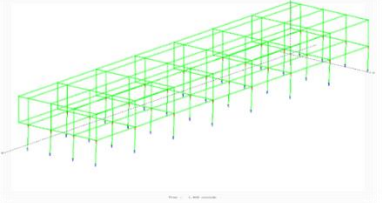
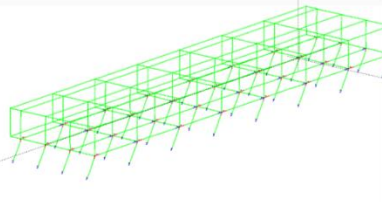
Tabel L.53: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.1	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

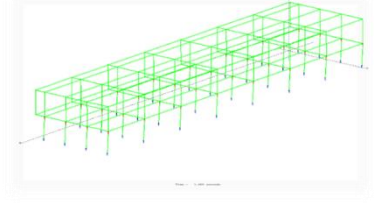
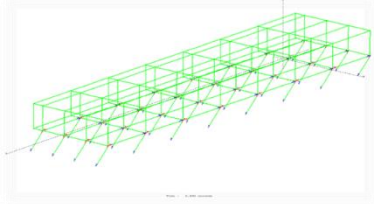
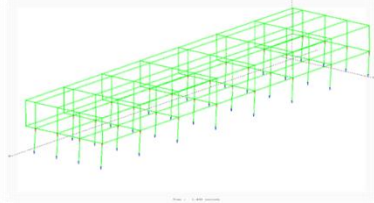
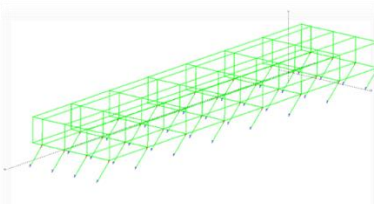
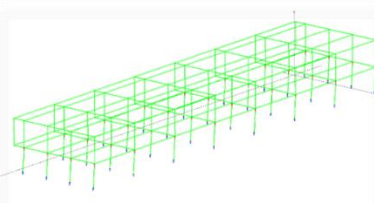
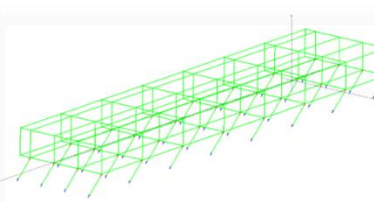
Tabel L.53: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.4	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.5	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	2.5	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	-	-	2.5	

Tabel L.53: *Lanjutan.*

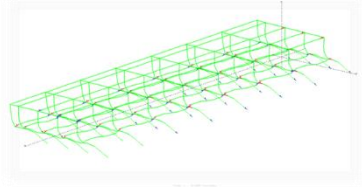
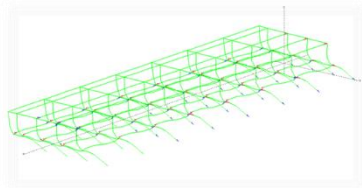
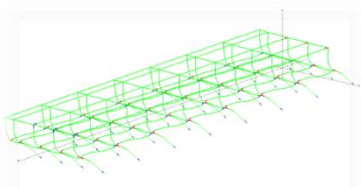
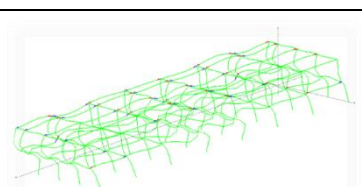

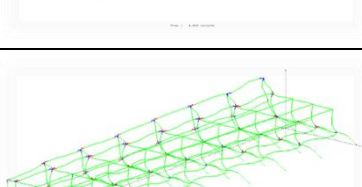
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.5	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	-	-	Samping	2.4	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.2	

Tabel L.53: *Lanjutan.*

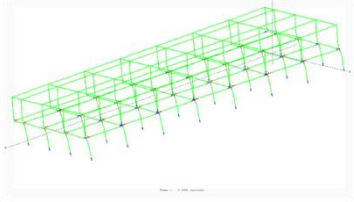
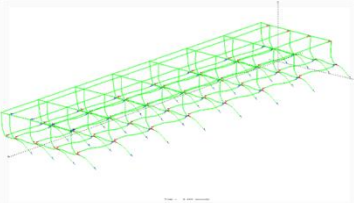
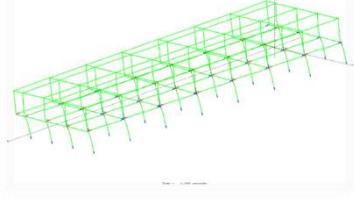
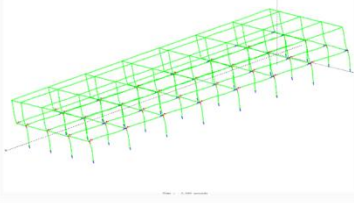
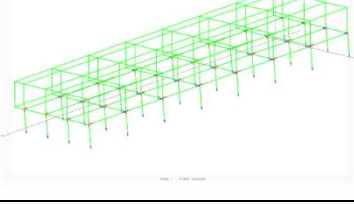
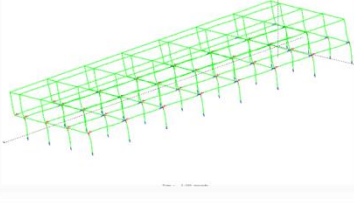
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.4	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	-	-	Samping	2.4	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.4	

8. Model 3

Tabel L.54: Pola Keruntuhan untuk model 3 *Groundmotion 2*.

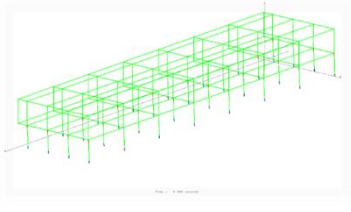
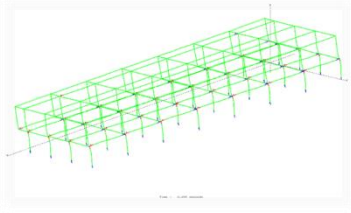
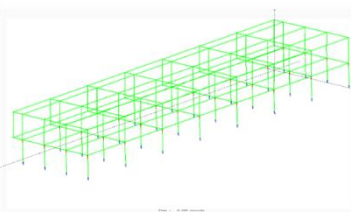
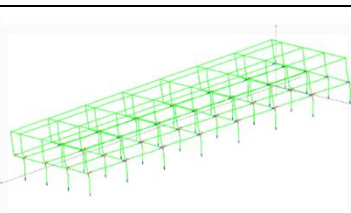
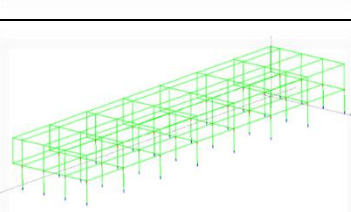
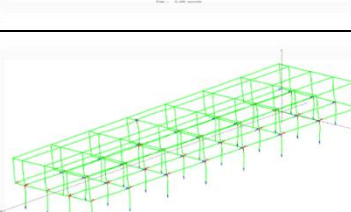
Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
10	Tidak Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4.4	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2.0	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	4.7	

Tabel L.54: *Lanjutan.*

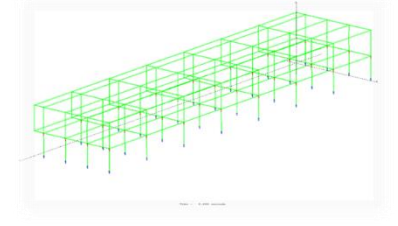
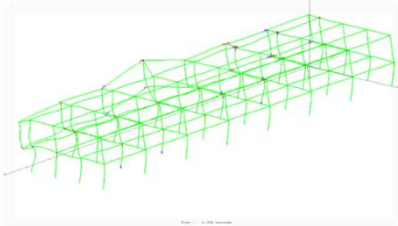
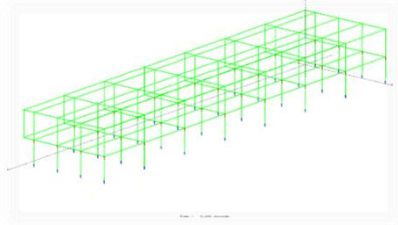
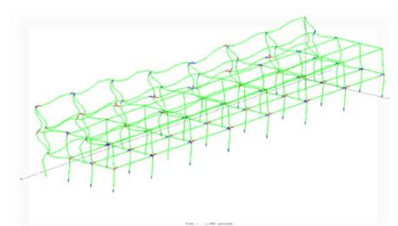
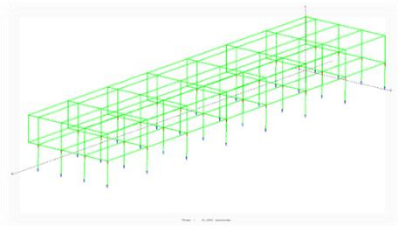
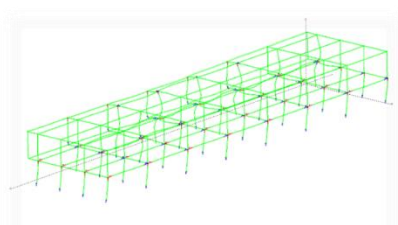
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4.4	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.5	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.5	



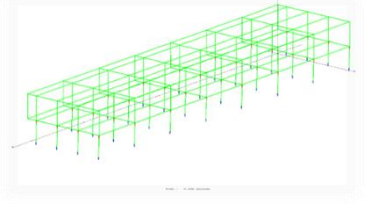
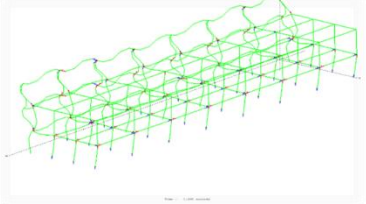
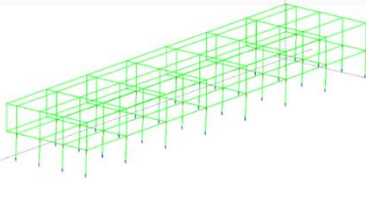
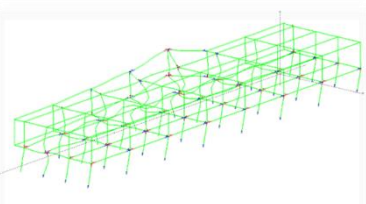
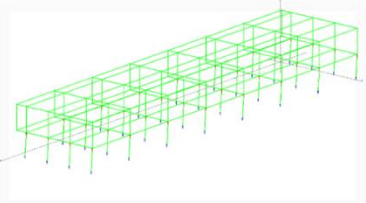
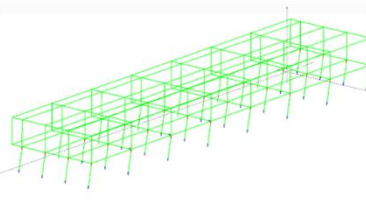
Tabel L.54: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1.9	

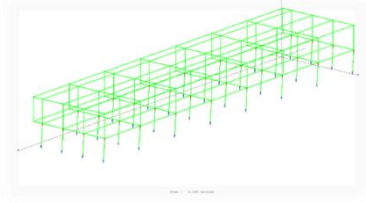
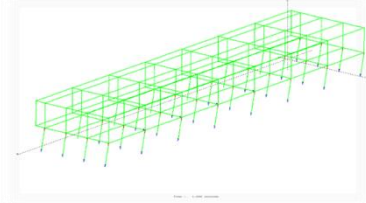
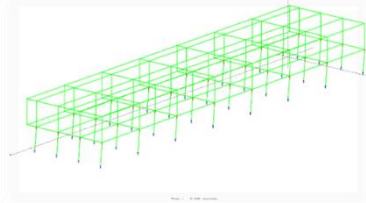
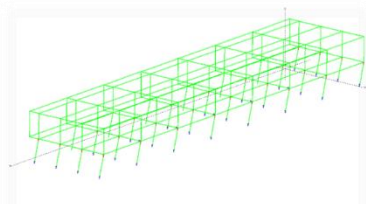
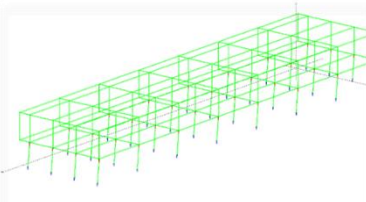
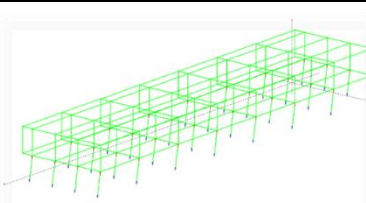
Tabel L.54: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.7	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	1.9	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	-	-	1.5	

Tabel L.54: *Lanjutan.*

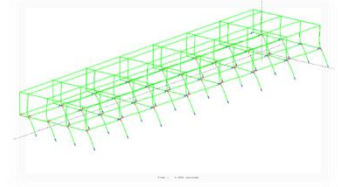
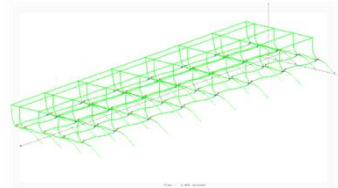
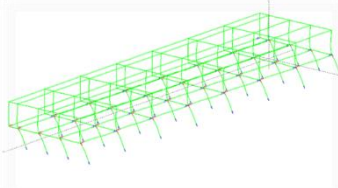
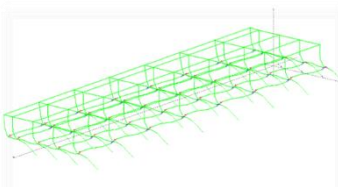
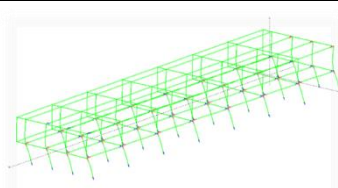
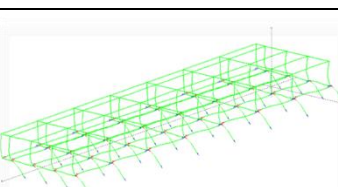
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	-	-	1.5	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	1.5	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1.0	

Tabel L.54: *Lanjutan.*

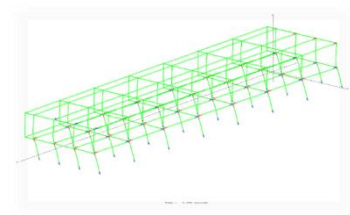
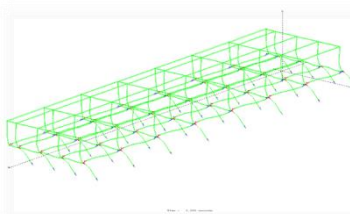
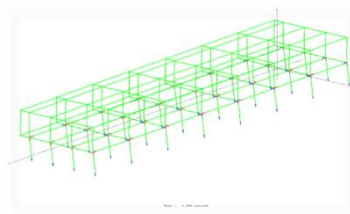
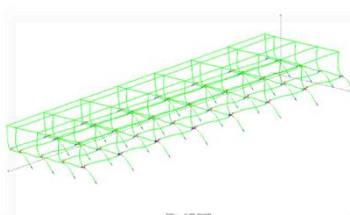
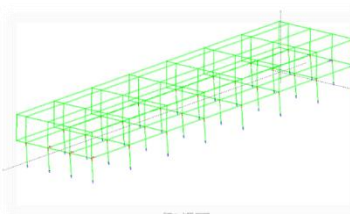
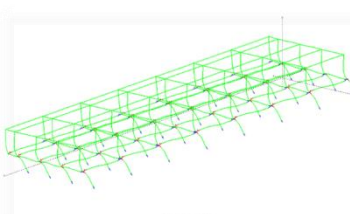
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1.0	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	-	-	Samping	1.0	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.2	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1.0	

9. Model 3

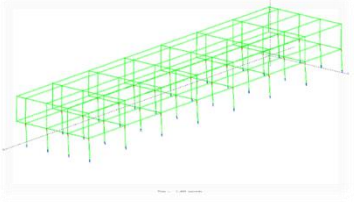
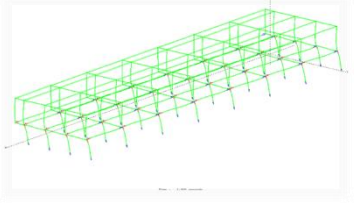
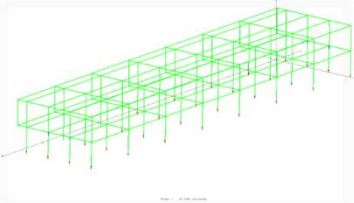
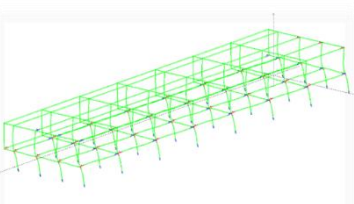
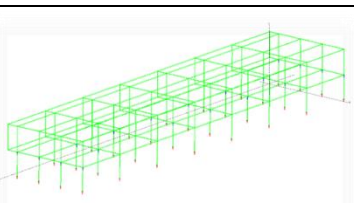
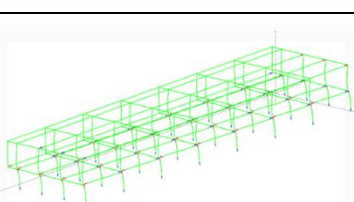
Tabel L.55: Pola Keruntuhan untuk model 3 *Groundmotion 3*.

Sudut Datang Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
5	Tidak Mengalami Sendi Plastis	-	-	-	-	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	-	
10	Tidak Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.8	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	2.4	
15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	-	-	-	2.1	

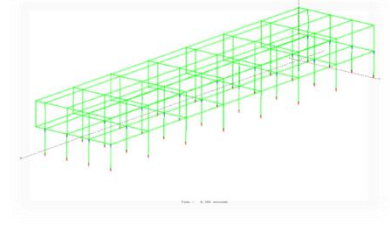
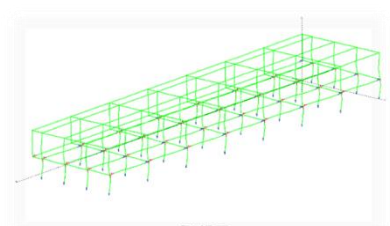
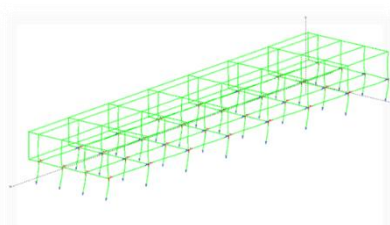
Tabel L.55: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.2	
25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	1.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	
30	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.3	

Tabel L.55: *Lanjutan.*

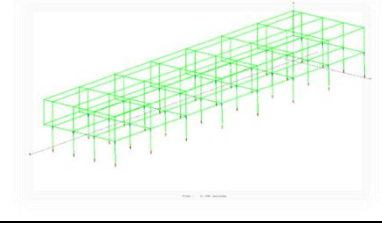
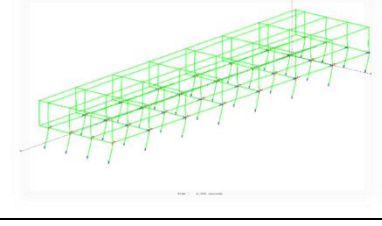
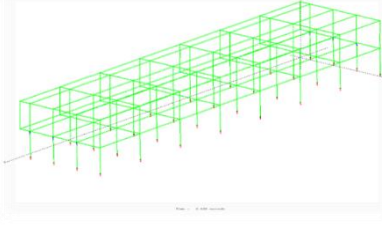
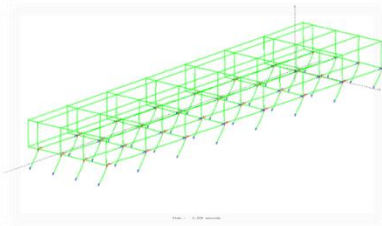
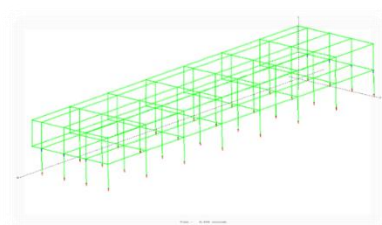
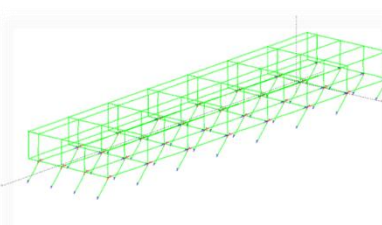
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
35	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1.4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1.9	
40	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.0	
45	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	2.0	

Tabel L.55: *Lanjutan.*

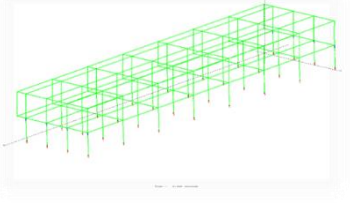
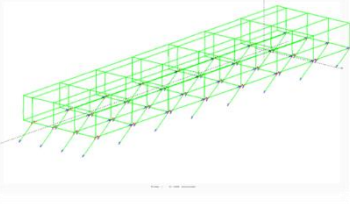
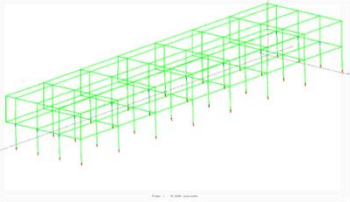
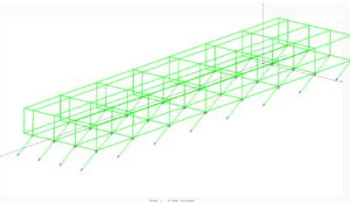
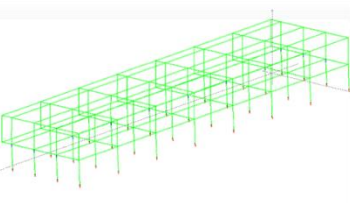
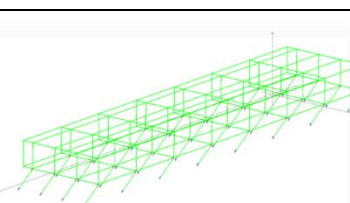
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
50	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.7	
	Tidak Terjadinya Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.2	
55	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Tidak Terjadinya Soft Story	-	-	-	2.1	
60	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	-	-	2.0	



Tabel L.55: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
65	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.7	
	Soft Story	Kolom	-	-	2.0	
70	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	-	-	-	2.2	
75	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.2	

Tabel L.55: Lanjutan.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
80	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.3	
85	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	-	-	Samping	2.3	
90	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0.6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2.3	

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Fiqhi Al Chalif  
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Keliling, 04 November 1998  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jl. Kenanga D. 15 Taman Kw Damai  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
a. Ayah : Asyfi Syukri  
b. Ibu : Diah Pusparini  
No. Hp : 082166218660  
E-Mail : [fiqhialchalif60@gmail.com](mailto:fiqhialchalif60@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD Negeri 053970 Perdamaian	
2	SMP Negeri 1 Kec Binjai	2013
3	SMK Negeri 1 Stabat	2016
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 s/d Selesai