

TUGAS AKHIR
SIMULASI PENGARUH GEMPA BERULANG TERHADAP BANGUNAN
RUMAH TOKO DI KOTA PARAPAT
(STUDI KASUS)

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

Disusun oleh:

MUHAMMAD IHSAN
1707210148



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ihsan
NPM : 1707210148
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Simulasi Pengaruh Gempa Berulang Terhadap Bangunan
Rumah Toko Di Kota Prapat
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 09 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Ade Faisal, ST, MSc, PhD

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ihsan
NPM : 1707210148
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Simulasi Pengaruh Gempa Berulang Terhadap Bangunan
Rumah Toko di Kota Prapat.
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, 09 Februari 2022

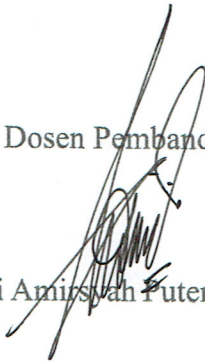
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing




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

Dosen Pembimbing I



Tondi Amirwah Putera, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



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

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 : Muhammad Ihsan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/30 Juli 1999
NPM : 1707210148
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Simulasi Pengaruh Gempa Berulang Terhadap Bangunan Rumah Toko di Kota Prapat (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 orisinil 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, 09 Feburari 2022
Saya yang menyatakan,



Muhammad Ihsan

ABSTRAK

SIMULASI PENGARUH GEMPA BERULANG TERHADAP BANGUNAN RUMAH TOKO DI KOTA PRAPAT (STUDI KASUS)

Muhammad Ihsan

1707210148

Ade Faisal, ST, MSc, PhD

Ada dua sesar di Sumatera Utara yang menjadi penyebab utama terjadinya gempa tektonik, yaitu Sesar geser mendatar (*strike-slip*) Sumatera di sepanjang pegunungan Bukit Barisan dan Sesar lipatan (*subduction*) Sumatera di dasar Samudera Hindia di lepas pantai barat Sumatera. Suatu struktur bangunan dapat mengalami kerusakan yang lebih banyak bila mengalami gempa berulang daripada mengalami gempa tunggal berdasarkan studi-studi yang terkait dengan gempa berulang. Sedangkan pada proses perencanaan, suatu bangunan hanya didesain untuk menahan gempa tunggal yang berasal dari gempa dengan magnitudo terkuat yang pernah terjadi sebelumnya. Dalam Tugas Akhir ini akan menganalisa 5 model rumah toko (ruko) dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Analisis ini dilakukan dengan cara linier dan non-linier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui simpangan tingkat, simpangan atap, dan pola keruntuhan yang terjadi dari ke lima model ruko yang terdapat di Kota Prapat. Berdasarkan hasil dan analisis non linier bila mengalami gempa berulang, rata-rata nilai simpangan tingkat (*story drift*) pada kelima model ruko melewati nilai batas izin simpangan tingkat. Untuk simpangan atap (*top displacement*) maksimum terjadi pada struktur Model 2 pada arah x, dengan nilai rata-rata simpangan 16,838 cm, dan Model 3 pada arah y, dengan nilai rata-rata simpangan 36,896 cm. Serta analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke lima model ruko yang ditinjau terjadi di kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke lima ruko tersebut.

Kata Kunci: Gempa berulang, analisis linier dan non-ninier, rumah toko.

ABSTRACT

SIMULATION OF THE EFFECT TO REPEAT EARTHQUAKES ON SHOP HOUSE BUILDING IN PRAPAT CITY (CASE STUDY)

Muhammad Ihsan

1707210148

Ade Faisal, ST, MSc, PhD

There are two faults in North Sumatra that are the main causes of tectonic earthquakes, namely the Sumatran strike-slip fault along the Bukit Barisan mountains and the Sumatran subduction fault at the bottom of the Indian Ocean off the west coast of Sumatra. A building structure can suffer more damage when experiencing repeated earthquakes than experiencing a single earthquake based on studies related to repeated earthquakes. Whereas in the planning process, a building is only designed to withstand a single earthquake originating from an earthquake with the strongest magnitude that has ever happened before. In this final project will analyze 5 models of shop houses using the Special Moment Bearing Frame System (SRPMK). This analysis was carried out in a linear and non-linear way. The purpose of this study was to determine the level deviation, roof deviation, and failure patterns that occurred from the five shophouse models in Prapat City. Based on the results and non-linear analysis when experiencing repeated earthquakes, the average story drift in the five shophouse models exceeds the allowable level deviation limit value. For the maximum top displacement, the structure of Model 2 occurs in the x direction, with an average value of 16.838 cm, and Model 3 in the y direction, with an average value of 36.896 cm. As well as analysis of the failure pattern, the average of the elements experiencing plastic hinges for the first time in the five shophouse models reviewed occurred in the base column. Which resulted in the occurrence of soft stories in the five shophouses.

Keywords: Repeated earthquakes, linear and non-linear analysis, shophouse.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Simulasi Pengaruh Gempa Berulang Terhadap Bangunan Rumah Toko di Kota Prapat (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:

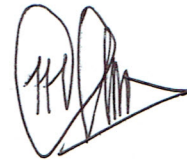
1. Bapak Ade Faisal, ST, MSc, PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, ST, MT selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc selaku Dosen Penguji II dan juga selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil 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 (Alm) Muhammad Thamrin dan Ibunda Yenny, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, serta kakak dan abang 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 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu, yang telah membantu dan memotivasi penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
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, 09 Februari 2022



Muhammad Ihsan

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	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.2. Teori Gempa	5
2.2.1. <i>Ground Motions</i> (Pergerakan Tanah)	6
2.2.2. Gempa Berulang	7
2.3. Struktur Beton Bertulang	7
2.4. Kerusakan Struktur	8
2.4.1. Respon Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Berulang	9
2.4.2. <i>Soft Story</i>	10
2.5. Sistem Rangka Pemikul Momen	11
2.5.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	11
2.6. Perencanaan Struktur Tahan Gempa (SNI 1726:2019)	12
2.7. Analisa Dinamik Struktur Linier	12

2.7.1. Pembebanan	13
2.7.2. Respon Spektrum Desain Gempa	13
2.7.3. Kombinasi Pembebanan	15
2.8. Analisa Dinamik Struktur Nonlinear	18
2.8.1. <i>Groundmotion Records</i> (Data Rekaman Gempa)	18
2.8.2. Analisa Respon Riwayat Waktu	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Umum	23
3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko	24
3.2.2. Model 1 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	25
3.2.3. Model 2 (Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	27
3.2.4. Model 3 (Jl. Pembangunan 1 Kecamatan Ajibata).	29
3.2.5. Model 4 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	30
3.2.6. Model 5 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	32
3.3. Prosedur Analisa	34
3.3.1. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Linear	34
3.3.2. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Nonlinear	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier	38
4.2. Hasil Analisa Ragam	38
4.2.1. Respon Spektrum Ragam	38
4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal	39
4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi	40
4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	40
4.2.5. Nilai Simpangan Antar Lantai	40
4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	41
4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta	41

4.3. Hasil Analisa Non Linier	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	160

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Hubungan antara Magnitude dan Intensitas Gempa.	5
Tabel 2.2: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	13
Tabel 2.3: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.	13
Tabel 2.4: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $SDS = 0.707306184$.	17
Tabel 2.5: Rekaman getaran gempa tanpa Pulse dari PEER NGA.	18
Tabel 3.1: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 1.	25
Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.	27
Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.	29
Tabel 3.4: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 4.	31
Tabel 3.5: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 5.	32
Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt.	39
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.	40
Tabel 4.3: Nilai <i>top displacement</i> arah x untuk setiap model.	47
Tabel 4.4: Nilai <i>top displacement</i> arah y untuk setiap model.	47
Tabel 4.5: Pola keruntuhan model ruko 1.	49
Tabel 4.6: Pola keruntuhan model ruko 2.	52
Tabel 4.7: Pola keruntuhan model ruko 3.	55
Tabel 4.8: Pola keruntuhan model ruko 4.	58
Tabel 4.9: Pola keruntuhan model ruko 5.	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Respons spektra 21 rekaman ground motion dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$.	6
Gambar 2.2:	Mekanisme runtuh pada portal terbuka.	9
Gambar 2.3:	(a) Bangunan tanpa Soft Story; (b) Soft Story lantai 1; (c) Soft Story pada lantai di atasnya.	11
Gambar 2.4:	Respon Spektrum Desain PUSKIM PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	14
Gambar 2.5:	a) Rekaman gempa Main-shock LA Hollywood Stor FF, b) Rekaman gempa After-shock LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.	20
Gambar 2.6:	a) Rekaman gempa Main-shock LA Hollywood Stor FF, b) Rekaman gempa After-shock LA Hollywood Stor FF sesudah diubah menjadi respon spektrum.	21
Gambar 2.7:	Respon spektrum rekaman gempa LA Hollywood Stor FF Main-shock dan After-shock setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Kota Prapat.	22
Gambar 3.1:	Bagan alur penelitian.	23
Gambar 3.2:	Survey lokasi model ruko 1.	25
Gambar 3.3:	a) Denah ruko Model 1, b) Proyeksi ruko Model 1, c) Geometri ruko Model 1.	26
Gambar 3.4:	Survey lokasi model ruko 2.	27
Gambar 3.5:	a) Denah ruko Model 2, b) Proyeksi ruko Model 2, c) Geometri ruko Model 2.	28
Gambar 3.6:	Survey lokasi model ruko 3.	29
Gambar 3.7:	a) Denah ruko Model 3, b) Proyeksi ruko Model 3, c) Geometri ruko Model 3.	29
Gambar 3.8:	Survey lokasi model ruko 4.	30
Gambar 3.9:	a) Denah ruko Model 4, b) Proyeksi ruko Model 4, c) Geometri ruko Model 4.	31
Gambar 3.10:	Survey lokasi model ruko 5.	32
Gambar 3.11:	a) Denah ruko Model 5, b) Proyeksi ruko Model 5, c) Geometri ruko Model 5.	33

Gambar 4.1:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 1.	42
Gambar 4.2:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 1.	42
Gambar 4.3:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 2.	43
Gambar 4.4:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 2.	43
Gambar 4.5:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 3.	44
Gambar 4.6:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 3.	44
Gambar 4.7:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 4.	45
Gambar 4.8:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 4.	45
Gambar 4.9:	Nilai <i>story drift</i> arah x untuk struktur rumah toko model 5	46
Gambar 4.10:	Nilai <i>story drift</i> arah y untuk struktur rumah toko model 5.	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya zaman, ditambah dengan pertumbuhan penduduk, dibutuhkan pembangunan sarana dan prasarana untuk menunjang kehidupan. Akan tetapi pembangunan sarana dan pra-sarana seringkali terkendala dengan minimnya lahan yang tersedia. Untuk menjawab tantangan tersebut, maka Gedung Bertingkat merupakan jawaban untuk meluaskan pembangunan. Akan tetapi, letak geografis Indonesia yang merupakan pertemuan perbatasan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng Australia mengakibatkan Indonesia menjadi daerah yang rawan gempa bumi (Suharjanto, 2013).

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.

Ada dua sesar di Sumatera Utara yang menjadi penyebab utama terjadinya gempa tektonik, yaitu Sesar geser mendatar (strike-slip) Sumatera di sepanjang pegunungan Bukit Barisan dan Sesar lipatan (subduction) Sumatera di dasar Samudera Hindia di 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.

Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk men-simulasikan struktur bangunan rumah toko yang terletak di Kota Parapat dengan data dimensi bangunan yang diambil dilapangan terhadap gempa berulang, untuk mendapatkan nilai simpangan dan pola keruntuhan pada struktur bangunan rumah toko yang ditinjau.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku perpindahan (*displacement*) rumah toko di Kota Parapat akibat gempa berulang.
2. Bagaimana pola keruntuhan bangunan rumah toko di Kota Parapat akibat gempa berulang.

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 Khusus (SRPMK) 3 dimensi pada rumah toko yang terdiri dari 2 lantai yang difungsikan sebagai tempat usaha atau perkantoran yang terdapat di daerah Kota Parapat.
 - b. Struktur rumah toko dengan dimensi kolom, balok, dan dinding serta penulangan berdasarkan kondisi dilapangan dengan cara survey data lapangan.
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 gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - 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 *Groundmotion Database*, dan PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *Groundmotion* menjadi Respon Spektrum.
 - d. MATLAB, untuk menskalakan *Groundmotion*.
 - e. RUAUMOKO 3D, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu *Non Linier*) yang ditinjau secara 3 dimensi.
4. Parameter yang ditinjau:
- a. *Linier* adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2019.
 - b. *Non Linier*:
 - Simpangan tingkat.
 - Simpangan atap.

1.4. Tujuan

1. Untuk mengetahui perilaku perpindahan (*displacement*) rumah toko di Kota Parapat akibat gempa berulang.
2. Untuk mengetahui pola keruntuhan bangunan rumah toko di Kota Parapat akibat gempa berulang.

1.5. Manfaat Penelitian

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

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 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. Teori Gempa

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecahnya atau slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Bila dua buah lempeng bertumbukan maka daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan yang akan menyebabkan patahan yang menghasilkan gelombang pada permukaan bumi (Putri dkk., 2018).

Edwiza (2008), menerangkan bahwa tingkat kerusakan akibat gempa bumi dapat diukur berdasarkan intensitasnya. Intensitas gempa bumi adalah derajat kerusakan akibat gempa bumi pada suatu daerah dan dilihat dari efek akibat getaran gempa. Besarnya intensitas sangat bergantung dari besarnya magnitudo, jarak dari sumber gempa, kondisi geologi, dan struktur bangunannya. Intensitas tinggi biasanya terjadi pada daerah yang dekat sumber gempa. Tingkat intensitas gempa bumi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Hubungan antara Magnitude dan Intensitas Gempa (Edwiza, 2008).

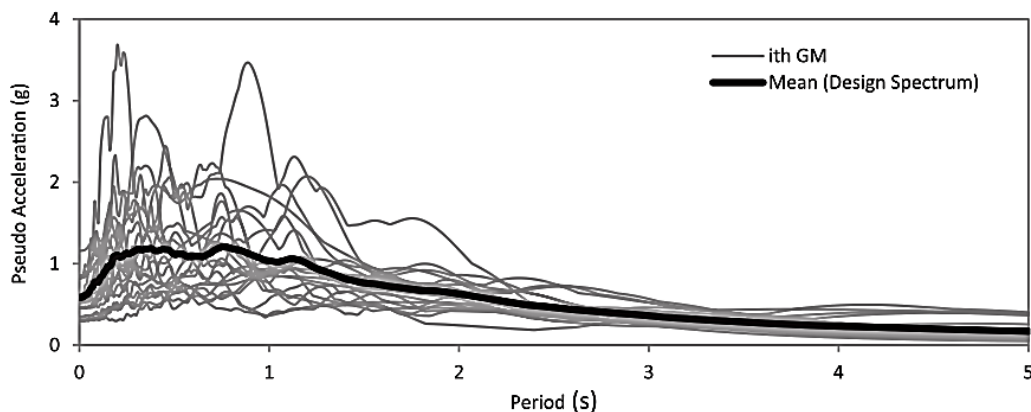
Magnitude (<i>Richter</i>)	Intensitas (MMI)	Pengaruh Terhadap Tipikal
< 2	I-II	Pada umumnya tidak terasa
3	III	Terasa di dalam rumah, tidak ada kerusakan
4	IV-V	Terasa oleh orang banyak, barang barang bergerak tidak ada kerusakan struktural

Tabel 2.1: Lanjutan.

Magnitude (Richter)	Intensitas (MMI)	Pengaruh Terhadap Tipikal
5	VI-VII	Terjadi beberapa kerusakan struktural, seperti retak-retak pada dinding
6	VII-VIII	Kerusakan menengah seperti hancurnya dinding
7	IX-X	Kerusakan menengah seperti hancurnya dinding
> 8.0	XI-XII	Rusak total atau hampir hancur total

2.2.1. 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* (Pawirodikromo, 2012). 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).

2.2.2. Gempa Berulang

Menurut statistik, sekitar 88% gempa bumi kuat disertai gempa susulan. Gempa susulan didefinisikan sebagai gempa bumi yang lebih kecil setelah gempa utama, yang merupakan gempa bumi terbesar dalam urutannya. Kerusakan struktural yang disebabkan oleh guncangan utama semakin diperparah di bawah gempa susulan dan bahkan dapat menyebabkan keruntuhan struktural (Zhang dkk., 2017).

Gempa bumi mempunyai sifat berulang. Gempa berulang biasa disebut juga dengan gempa susulan (*after shock*). Menurut Nurdianasari dkk., (2017), suatu Gempa bumi yang terjadi di suatu daerah akan terjadi lagi di masa yang akan datang dalam periode waktu tertentu. Istilah perulangan gempa bumi ini dinamakan siklus gempa bumi. Satu periode siklus gempa bumi ini biasanya berlangsung dalam kurun waktu puluhan sampai ratusan tahun (Shimazaki dkk., 2010)

Suatu struktur bangunan dapat mengalami kerusakan yang lebih banyak bila mengalami gempa berulang daripada mengalami gempa tunggal berdasarkan studi-studi yang terkait dengan gempa berulang. Hal yang sama juga dijelaskan oleh Hatzigeorgiou and Liolios., (2010) dan Faisal dkk., (2013), dimana berbagai jenis bangunan bertingkat yang dimodelkan mengalami gempa berulang akan mengalami kerusakan yang lebih banyak dibanding bila mengalami gempa tunggal.

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 (Nelwan dkk., 2018). 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 pemadatan 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 daribahan-bahan lokal yang relatif murah sepertipasir, kerikil, dan air, dan relatif hanyamembutuhkan sedikit semen dan materialbaja, yang mungkin saja didatangkan daridaerah lain.
7. Keahlian buruh yang dibutuhkan untukmembangun konstruksi beton relatif lebihrendah dibandingkan dengan bahan lainseperti struktur baja.

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

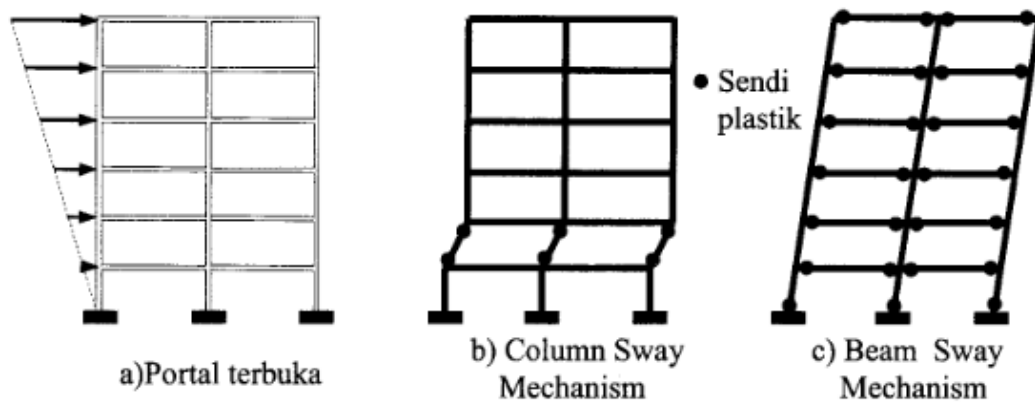
1. Beton memiliki kuat tarik yang relatif sangat rendah.
2. Dalam pembuatan beton, dibutuhkan bekisting untuk menjaga pembentukan beton sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, dibutuhkan penyangga sementara untuk bekisting, disebabkan oleh besarnya berat sendiri dari material beton yang belum mengeras,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

2.4. Kerusakan Struktur

Pawirodikromo (2012), filosofi desain dan perkembangan sudah sampai pada prinsip Desain Kapansitas *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* dsb nya). 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, SCWB*).



Gambar 2.2: Mekanisme runtuh pada portal terbuka.

2.4.1. Respon Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Berulang

Penentuan dari simpangan (*drift*) maksimum sebuah bangunan akibat getaran gempa diperlukan adanya identifikasi dasar simpangan bangunan saat mencapai respon nonelastis (Chandler dan Lam., 2001). Kondisi dari simpangan yang mencapai maksimum ini sangat berguna untuk mengetahui faktor daktilitas simpangan atau yang lebih dikenal dengan faktor daktilitas. Faktor daktilitas

struktur merupakan perbandingan antara simpangan maksimum dengan simpangan saat pertama leleh (*first yield*). Faktor ini sering dikaitkan dengan gaya geser dasar dari sebuah gempa. Untuk Indonesia, menurut Peraturan Gempa untuk Bangunan Indonesia SNI-1726-2003 harga faktor daktilitas struktur, mulai dari elastis penuh sampai dengan daktail penuh, kisaran antara 1,0 sampai 5,3.

Moehle dan Alarcon., 1986, mempelajari respon struktur beton bertulang yang memiliki konfigurasi vertikal tidak beraturan terhadap gerakan dasar kuat uniaksial. Struktur beton bertulang bertingkat dua dinding rangka dibangun dalam skala kecil dan dilakukan simulasi gempa uniaksial di atas meja goyang.

Respon dari kedua bangunan tersebut dihitung dengan menggunakan metode analitik berikut:

1. Analisis respon dinamik tidak elastis.
2. Analisis statik tidak elastis.
3. Analisis spektral modal elastis.
4. Analisis statik elastis.

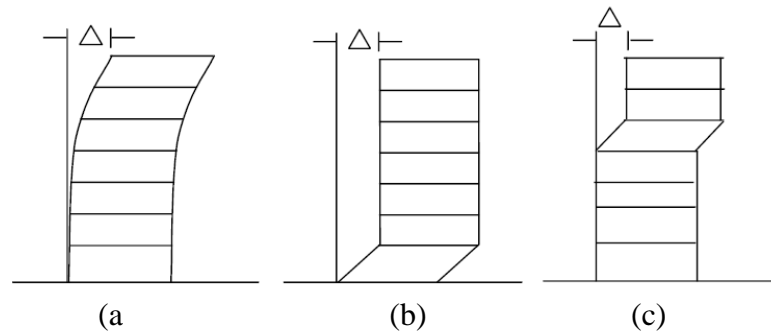
Moehle dan Alarcon., 1986, menyimpulkan bahwa keuntungan utama dari metode dinamik adalah bahwa mereka mampu memperkirakan respon perpindahan maksimum. Yaitu, metode ini memberikan indikasi respons perpindahan maksimum, sedangkan metode statis sendiri umumnya tidak mampu menunjukkan amplitudo perpindahan untuk kejadian seismik tertentu. Mereka juga menyimpulkan bahwa respon inelastis yang dihitung sensitif terhadap perubahan kecil dalam asumsi pemodelan.

2.4.2. *Soft Story*

Menurut Tamara (2011), *Soft story* merupakan fenomena dimana kekakuan lateral suatu tingkat tertentu bangunan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tingkat lainnya. Pada umumnya kondisi ini sering terjadi pada tingkat pertama, dimana karena kebutuhan arsitektural dan komersial, tidak dipasang dinding yang kaku (dinding bata) melainkan dipasang dinding kaca. Disamping itu tingkat tersebut biasanya dibuat lebih tinggi dari tingkat yang di atasnya.

Dinding bata pada suatu tingkat bangunan akan menambah kekakuan *lateral* tingkat tersebut. Dalam tahap disain, kemampuan dinding bata menahan gaya

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



Gambar 2.3: (a) Bangunan tanpa *Soft Story*; (b) *Soft Story* lantai 1; (c) *Soft Story* pada lantai di atasnya (Tamara, 2011).

2.5. 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).

2.5.1. 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).

2.6. 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.

2.7. Analisa Dinamik Struktur Linier

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

2.7.1. Pembebanan

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

Tabel 2.2: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.

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

Tabel 2.3: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Tangga	1,33 kN/m ²
Penggangan Tangga	0,89 kN/m ²
Atap	0,96 kN/m ²
Handrail	0,445 kN/m ²

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*).

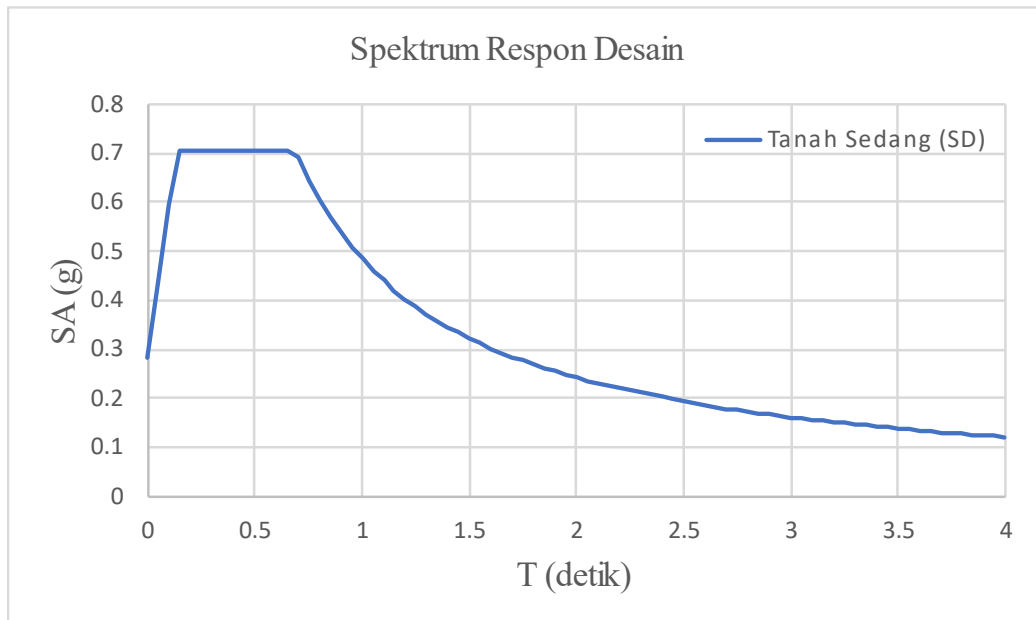
2.7.2. Respon Spektrum Desain Gempa

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 g
- S_s = 0,9459 g
- S_l = 0,4759 g
- Nilai F_a = 1,122
- Nilai F_v = 1,824
- S_{MS} = 1,061 g
- S_{MI} = 0,868 g
- S_{DS} = 0,707 g
- S_{DI} = 0,579 g
- T_0 = 0,164 detik
- T_1 = 0,818 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 2.4: Respon Spektrum Desain PUSKIM 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.

2.7.3. Kombinasi Pembebanan

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

1. Kombinasi pembebanan dasar (Pasal 4.2.2.1 SNI 1726:2019)
 - Kombinasi 1 = 1,4 DL
 - Kombinasi 2 = 1,2 DL + 1,6 LL
2. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik
 - Kombinasi 3 = 1,2 DL + E + 1 LL
 - Kombinasi 4 = 0,9 DL + E

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2.3 pengaruh beban 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 = Beban gempa

E_h = Beban gempa horizontal

E_v = Beban gempa vertical

Beban gempa horizontal (E_h) merupakan hasil perhitungan dengan beberapa metode dan penggunaannya dikalikan dengan faktor redundansi (ρ). 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_h = Beban gempa horizontal
- E_v = Beban gempa vertical
- ρ = Faktor redundansi
- S_{DS} = 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 $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,708516$ untuk tanah lunak, untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,721349$ untuk tanah keras, untuk Faktor $R= 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang

diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,541012$ untuk Tanah Batuan, untuk faktor $R=8$, Tabel 3.8 untuk faktor $R=8$.

Tabel 2.4: 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 Maksimum adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi *linear add*, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

2.8. Analisa Dinamik Struktur Nonlinear

2.8.1. *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 2.5: Rekaman getaran gempa tanpa Pulse dari PEER NGA.

No	Nama Gempa	Nama Stasiun	Magnitude
1	Hosf19940117	LA — Hollywood Stor FF	6,7
			6,1
2	Nfar19940117	LA — N Faring Rd	6,7
			5,3
3	Obre19940117	LA — Obregon Park	6,7
			6,1
4	Wond19940117	LA — Wonderland Ave	6,7
			5,3
5	Cres19940117	La Crescenta — New York	6,7
			5,3
6	Moor19940117	Moorpark — Fire Sta	6,7
			5,9
7	Sant19940117	Santa Monica City Hall	6,7
			5,3
8	Simi19940117	Simi Valley — Katherine Rd	6,7
			5,3
9	Sunv19940117	Sun Valley — Roscoe Blvd	6,7
			5,3
10	Sunl19940117	Sunland — Mt Gleason Ave	6,7
			5,3
11	Arle19940117	Arleta — Nordhoff Fire Sta	6,7
			6,1
12	Beve19940117	Beverly Hills — 12520 Mulhol	6,7
			5,3
13	Bigt19940117	Big Tujunga, Angeles Nat F	6,7
			5,3
14	Burb19940117	Burbank — Howard Rd	6,7
			5,3

Tabel 2,5: *Lanjutan.*

No	Nama Gempa	Nama Stasiun	Magnitude
15	Cast19940117	Castaic — Old Ridge Route	6,7
			5,9
16	Down19940117	Downey — Co Maint Bldg	6,7
			6,1
17	Holl19940117	Hollywood — Willoughby Ave	6,7
			5,3
18	Bald19940117	LA — Baldwin Hills	6,7
			6,1
19	Cent19940117	LA — Century City CC North	6,7
			6,1
20	City19940117	LA — City Terrace	6,7
			6,1
21	Nort19940117	Northridge — 17645 Saticoy St	6,7
			5,3
22	Newh19940117	Newhall — Fire Station	6,7
			6,1
23	Paco19940117	Pacoima Kagel Canyon	6,7
			6,1
24	Rina19940117	Rinaldi Receiving Sta	6,7
			5,3
25	Tarz19940117	Tarzana — Cedar Hill A	6,7
			5,3

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).

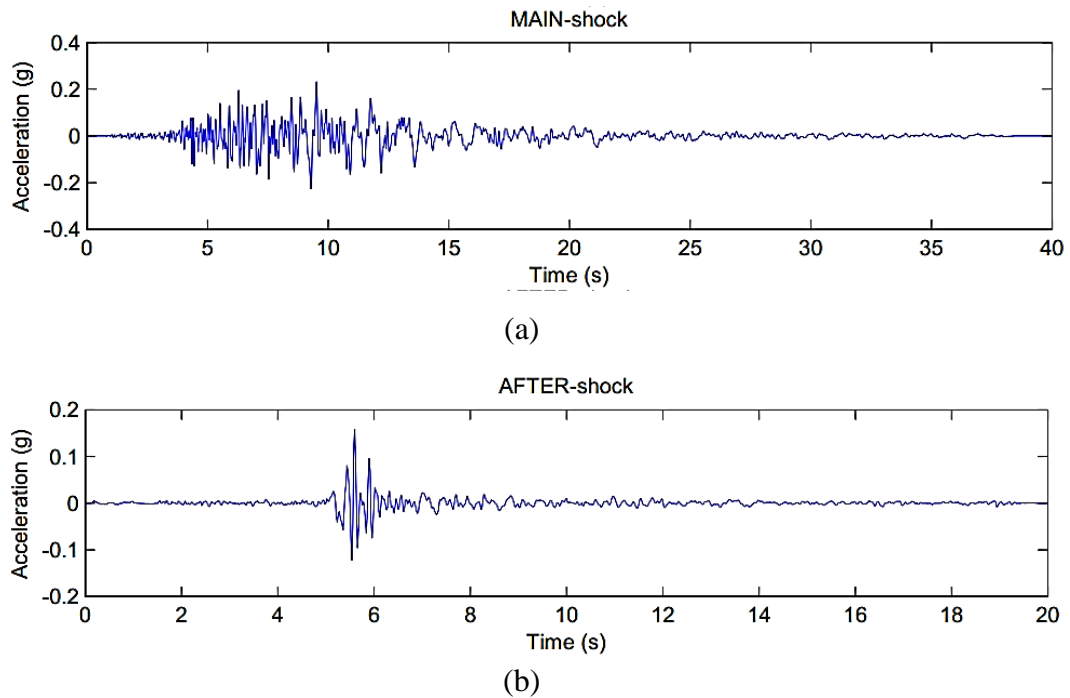
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Prapat untuk tanah lunak, Kota Prapat untuk tanah keras, dan 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 3D. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

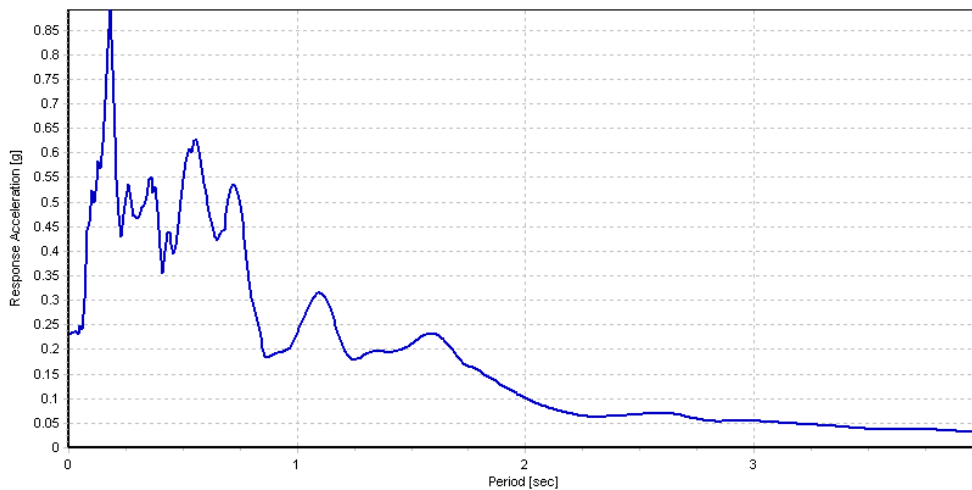
2.8.2. Analisa Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara tiga dimensi (3D), dengan alat bantu *software* yang digunakan adalah RUAUMOKO3D. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO3D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

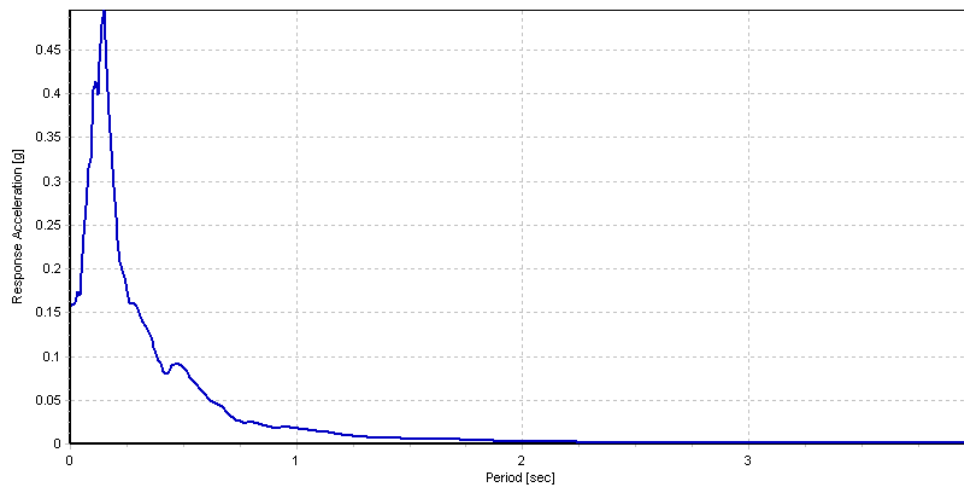
- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah-daerah rekaman yang diambil tertera pada Tabel 2.5.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



Gambar 2.5: a) Rekaman gempa *Main-shock* LA Hollywood Stor FF, b) Rekaman gempa *After-shock* LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.



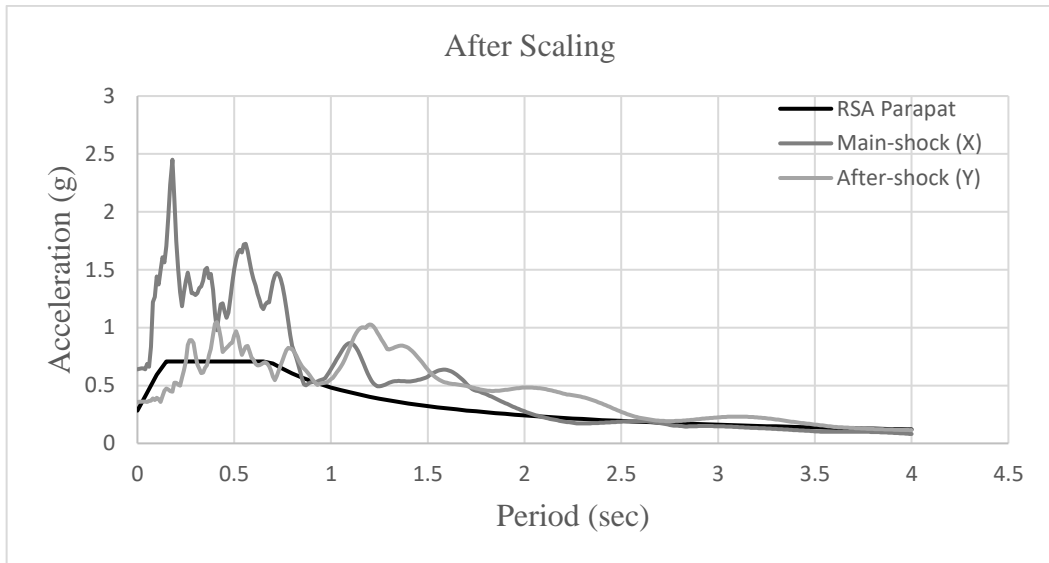
(a)



(b)

Gambar 2.6: a) Rekaman gempa *Main-shock* LA Hollywood Stor FF, b) Rekaman gempa *After-shock* LA Hollywood Stor FF sesudah diubah menjadi respon spektrum.

- c. Kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Kota Prapat. Respon spektrum akan diskalakan terhadap periode gedung, kemudian nilai skala akan digunakan untuk penskalaan rekaman gempa yang diambil dari PEER NGA dan COSMOS.
- d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan software MATLAB, rekaman gempa akan dijadikan gempa berulang.



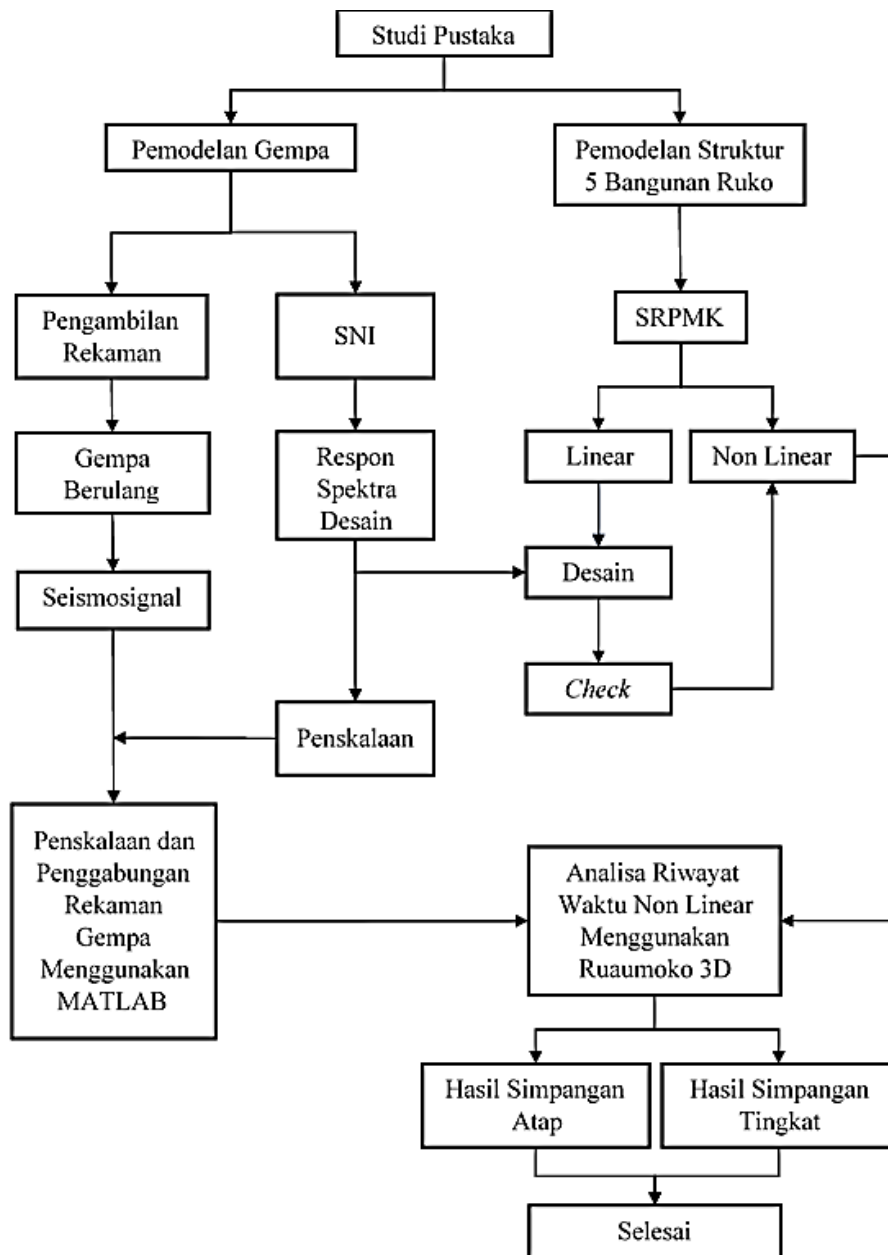
Gambar 2.7: Respon spektrum rekaman gempa LA Hollywood Stor FF *Main-shock* dan *After-shock* setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Kota Prapat.

Data-data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan MATLAB akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO3D.

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 alur penelitian.

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

3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko

Rumah toko (RUKO) yang ditinjau sebagai objek penelitian berada di beberapa tempat yang ada di kota Parapat. Rumah toko ini terdiri dari 5 Model, diantaranya Model 1 yang berada di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Model 2 yang berada di Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Model 3 yang berada di Jl. Pembangunan 1 Kecamatan Ajibata, Model 4 & 5 berada di lokasi yang sama di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon. Pemodelan dalam program analisa struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
2. Gedung terletak di Kota Parapat.
3. Klasifikasi tanah sedang (SD)
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
5. Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
6. Kuat tekan beton ($f'c$) yang digunakan:
 - Kolom : 27,48 Mpa
 - Balok dan slab : 27,48 Mpa
7. Mutu baja tulangan polos BJTP 280 yang digunakan adalah:
 - a. Tulangan Utama (12 mm)
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 342,99 Mpa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 479,70 Mpa

- b. Tulangan sengkang (8 mm)
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 371,31 Mpa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 520 Mpa
- c. Tebal plat lantai 140 mm.

3.2.2. Model 1 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

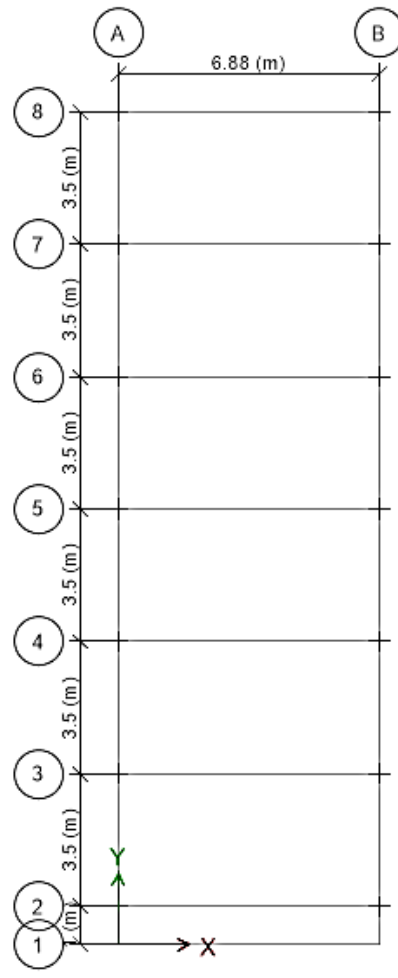


Gambar 3.2: Survey lokasi model ruko 1.

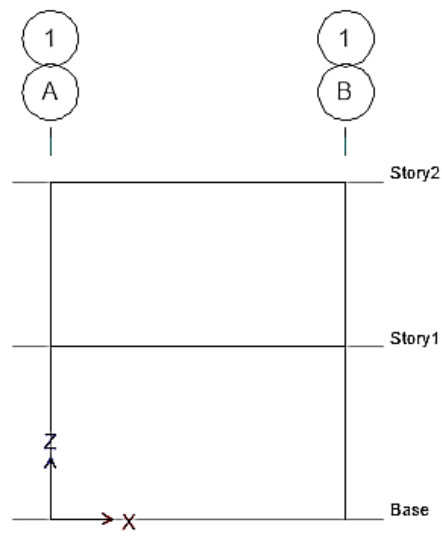
Model Ruko 1 ini sudah selesai pembangunan dan telah beroperasi, terdiri dari 1 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan adalah 6,88 meter dan panjang ke belakang 22 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal adalah 3,85 meter dan lantai base adalah 4 meter.

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

Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	4	300 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,85	300 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		

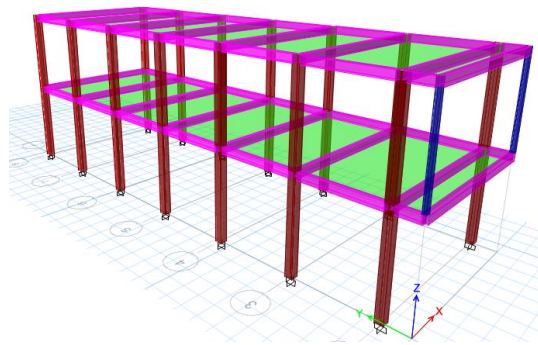


(a)



(b)

Gambar 3.3: a) Denah ruko Model 1, b) Proyeksi ruko Model 1, c) Geometri ruko Model 1.



(c)

Gambar 3.3: Lanjutan.

3.2.3. Model 2 (Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

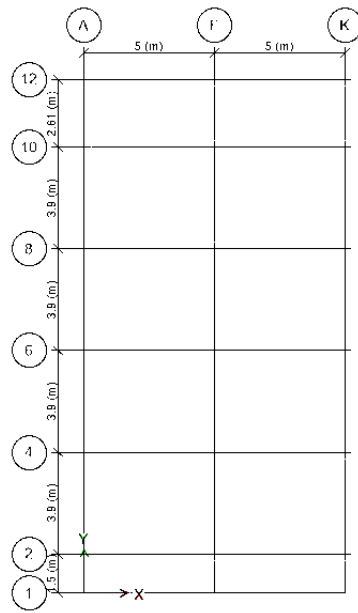


Gambar 3.4: Survey lokasi model ruko 2.

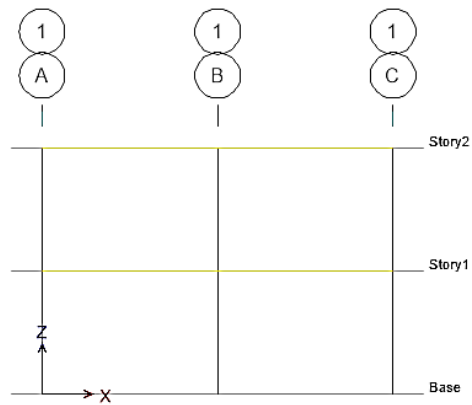
Untuk Model Ruko 2 juga telah selesai pekerjaan dan telah digunakan sebagai usaha restoran makan cepat saji, terdiri dari 2 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan adalah 10 meter dibagi 2 pintu dan panjang kebelakang adalah 18,21 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal dan lantai base adalah sama yaitu 3,5 meter.

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

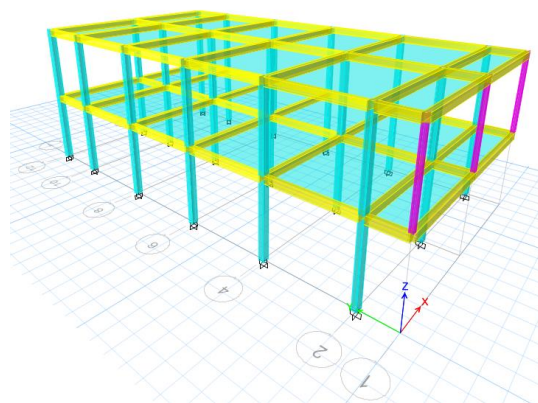
Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	3,50	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,50	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5: a) Denah ruko Model 2, b) Proyeksi ruko Model 2, c) Geometri ruko Model 2.

3.2.4. Model 3 (Jl. Pembangunan 1 Kecamatan Ajibata).

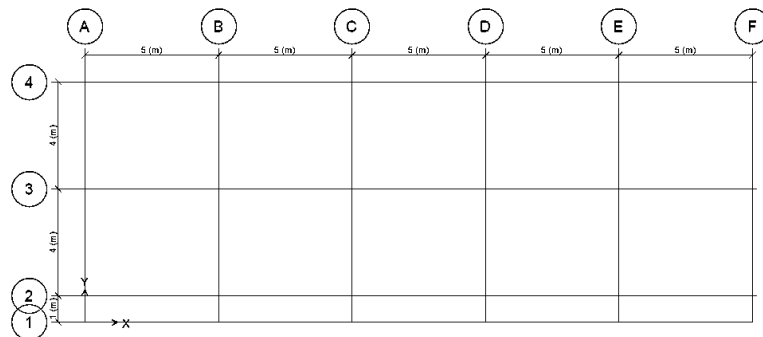


Gambar 3.6: Survey lokasi model ruko 3.

Untuk Model Ruko 3 telah selesai dan digunakan untuk tempat tinggal dan tempat berdagang dibebberapa pintu ruko yang ada, terdiri dari 5 pintu dan 2 lantai. Lebar bangunan adalah 25 meter dibagi 5 pintu dan panjang ke belakang 9 meter untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal adalah 3,5 meter dan lantai base adalah 4 meter.

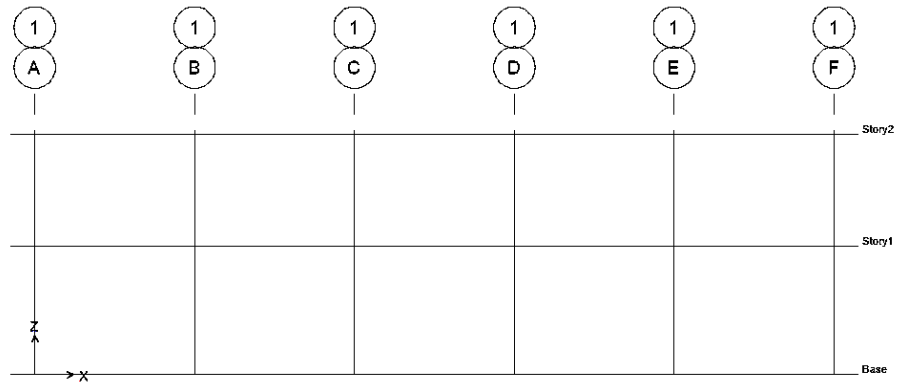
Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.

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		

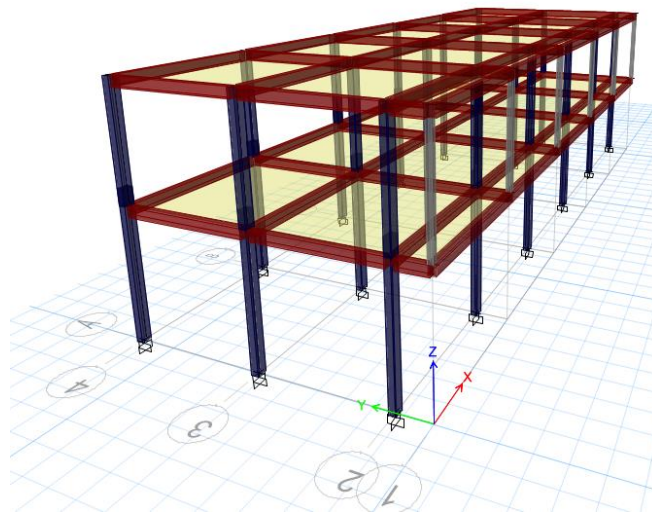


(a)

Gambar 3.7: a) Denah ruko Model 3, b) Proyeksi ruko Model 3, c) Geometri ruko Model 3.



(b)



(c)

Gambar 3.7: Lanjutan.

3.2.5. Model 4 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

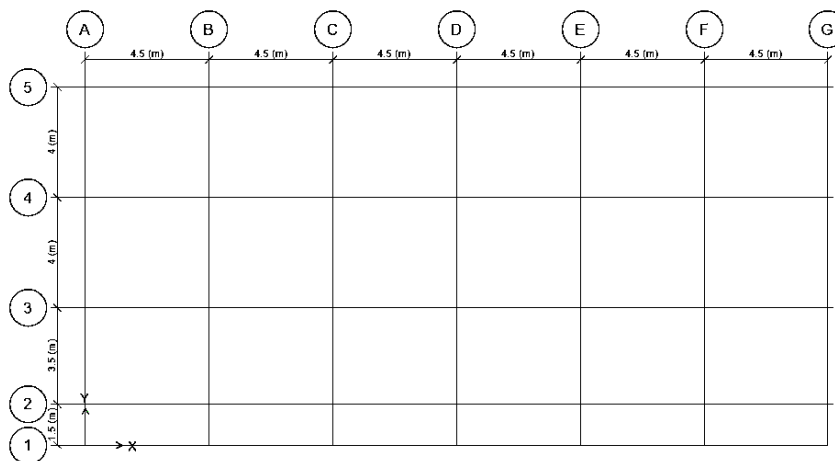


Gambar 3.8: Survey lokasi model ruko 4.

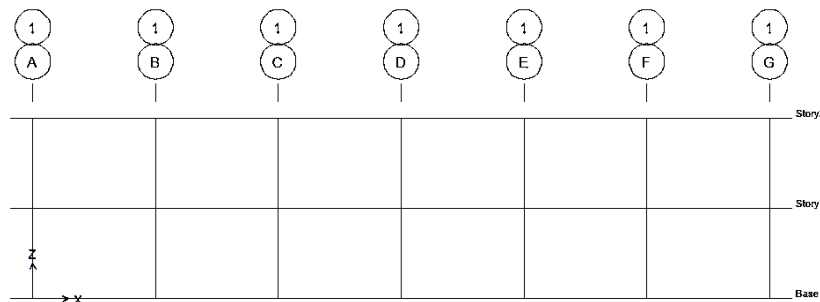
Untuk Model Ruko 4 telah selesai dan digunakan untuk tempat tinggal, terdiri dari 6 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan 27 meter dibagi 6 pintu dan panjang kebelakang adalah 14,5 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal dan lantai base adalah sama yaitu 3,30 meter.

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

Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	3,30	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,30	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		

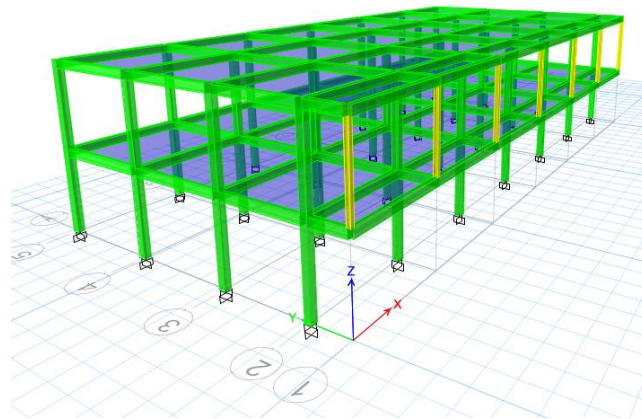


(a)



(b)

Gambar 3.9: a) Denah ruko Model 4, b) Proyeksi ruko Model 4, c) Geometri ruko Model 4.



(c)

Gambar 3.9: Lanjutan.

3.2.6. Model 5 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

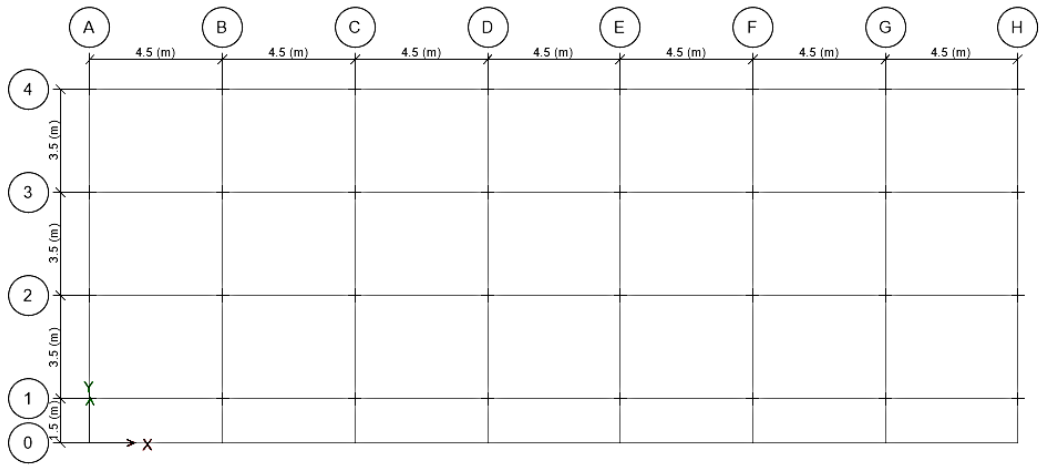


Gambar 3.10: Survey lokasi model ruko 5.

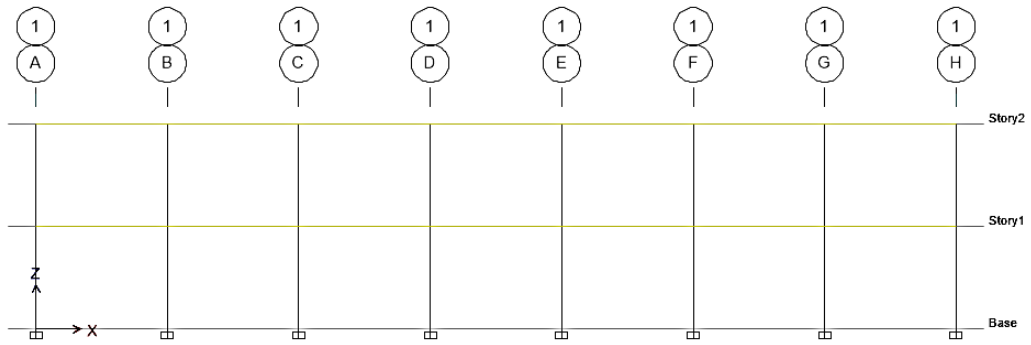
Untuk Model Ruko 5 telah selesai pembangunan dan telah digunakan, terdiri dari 7 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan adalah 31,5 meter dibagi 7 pintu dan panjang kebelakang 12 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal dan lantai base adalah sama yaitu 3,5 meter.

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

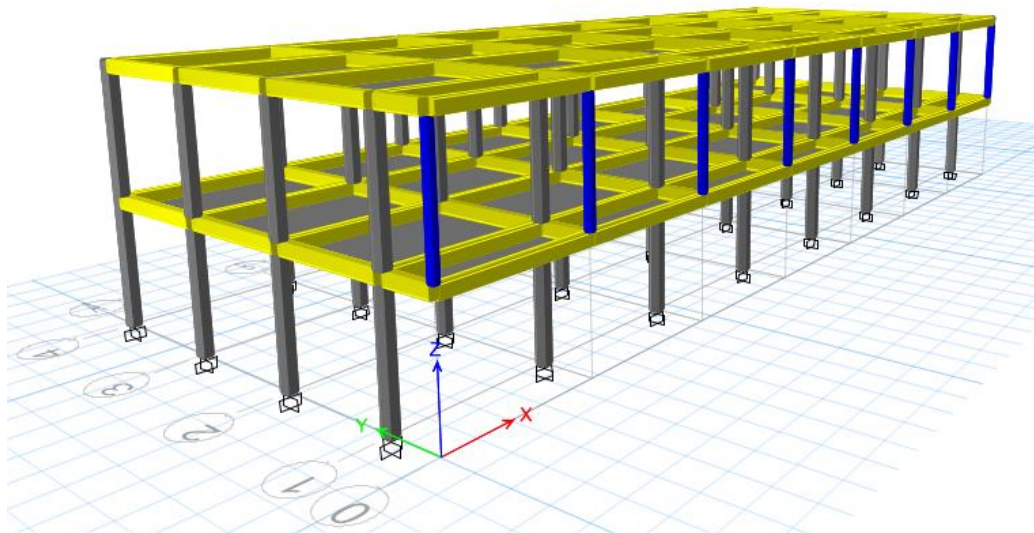
Level	Tinggi (m)	Kolom (mm)		Balok (mm)	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
Dasar	3,50	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	-	-
Lantai 2	3,50	250 x 250	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150	200 x 300	Utama = 8D12 Sengkang = D8-150
		150 x 150	Utama = 4D12 Sengkang = D8-150		



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.11: a) Denah ruko Model 5, b) Proyeksi ruko Model 5, c) Geometri ruko Model 5.

3.3. Prosedur Analisa

3.3.1. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Linear

Pada prosedur analisa ini, struktur dimodelkan menggunakan bantuan program analisa struktur CSI ETABS versi 16. Berikut adalah prosedur pemodelan untuk keempat model yang digunakan :

1. Membuat Pemodelan Struktur.
 - a. Membuat model bangunan dengan menentukan berapa jumlah dan panjang antar bentang serta ketinggian tiap lantainya.
 - b. Membuat tipe material baja dan beton yang akan digunakan.
 - c. Membuat ukuran penampang dari balok dan kolom.
 - d. Menggambar bentuk portal/potongan perimeter gedung yang akan dianalisa berdasarkan ketentuan yang telah dibuat sebelumnya.
 - e. Menentukan tipe tumpuan untuk setiap perletakan. Dalam hal ini diasumsikan bahwa semua perletakan menggunakan jepit (*fixed*).
 - f. Menentukan beban-beban yang akan digunakan. Dalam hal ini digunakan 3 jenis beban saja yaitu beban mati (termasuk berat sendiri struktur), beban hidup dan beban gempa.
 - g. Memasukkan beban beban yang telah dibuat sebelumnya kedalam balok dan kolom.
 - h. Membuat metode analisis gempa Respons Spektrum dengan menggunakan gempa di daerah Kota Parapat dengan kelas tanah sedang (SD).
 - i. Menentukan pengaruh efek P-Delta kedalam struktur.
 - j. Menentukan *massa* struktur supaya mendapatkan berat dari masing-masing lantai nantinya.
 - k. Membuat kombinasi beban yang telah dijelaskan sebelumnya dalam Bab 2 penelitian ini.
 - l. Menentukan tipe sampungan antara balok dan kolom.
 - m. Menentukan berapa banyak jumlah mode yang digunakan untuk menghasilkan jumlah ragam getar bangunan.
 - n. Melakukan pengecekan ulang sebelum model yang telah selesai dibuat dianalisis.

- o. Melakukan analisis pada model yang telah selesai untuk kemudian dievaluasi hasilnya berdasarkan SNI 1726:2019.

2. Evaluasi Struktur

Adapun beberapa aspek yang dievaluasi berdasarkan SNI 1726:2019 sebagai berikut :

- a. Gaya geser dasar (*Base Shear*)
- b. Periode getar alami fundamental (T_c)
- c. Partisipasi massa (*Mass participation ratio*)
- d. Analisa ragam (*CQC or SRSS*)
- e. Simpangan lantai (*Story drift*)
- f. Ketidakberaturan vertikal
- g. Ketidakberaturan horizontal
- h. Pengaruh P-Delta

3.3.2. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Nonlinear

Pada prosedur analisa ini, struktur dimodelkan menggunakan bantuan program analisa struktur Ruaumoko 2D dan kemudian akan diolah hasilnya lebih lanjut dengan menggunakan Microsoft Excel. Berikut adalah prosedur pemodelan untuk keempat model yang digunakan.

1. Pemodelan *Ground Motion*.
 - a. Pengambilan rekaman gempa
 - a) Membuka *website* PEER/COSMOS, kemudian login untuk bisa mengakses *website* tersebut.
 - b) Tentukan wilayah gempa yang akan dicari. Jika menggunakan PEER, pilih NGA WEST 2.
 - c) Masukkan nama gempa atau nama stasiun gempa yang akan dicari.
 - d) Mengunduh data rekaman gempa (*ground motion*) tersebut untuk diolah lebih lanjut.
 - e) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa yang lainnya.

- b. Penskalaan rekaman gempa
 - a) Sediakan terlebih dahulu tabel/grafik desain spectra Indonesia yang diambil dari PUSKIM PUPR 2019-2020.
 - b) Kemudian cari data desain *spectra unscaled* yang diperoleh dari *website* PEER/COSMOS.
 - c) Cari nilai skala dengan cara menyamakan nilai *acceleration* pada desain spectra dari PEER agar sama dengan data desain spectra dari PUSKIM PUPR 2019-2020 berdasarkan nilai periode struktur yang telah didapatkan sebelumnya.
 - d) Setelah faktor skala didapatkan, input data *ground motion* ke program SeismoMatch/SeismoSignal dengan memasukkan faktor skala yang telah didapatkan dan nilai *time step* (DT) yang digunakan pada data *accelerations*.
 - e) Setelah didapatkan data *ground motion* yang telah diskalakan, salin dan simpan data tersebut untuk diolah lebih lanjut.
 - f) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa lainnya.

- c. Pemodelan gempa berulang
 - a) Buka data *ground motion* yang telah diskalakan pada program Matlab.
 - b) Jika data *ground motion* yang akan dipakai belum diskalakan menggunakan SeismoMatch/SeismoSignal, gunakan Matlab untuk penskalaan. Jika sudah abaikan langkah ini.
 - c) Buka *file* Matlab untuk pemodelan gempa berulang.
 - d) Kemudian inputkan nama *file ground motion* yang telah diskalakan agar didapatkan data untuk pemodelan gempa berulang.
 - e) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa lainnya.

2. Pemodelan Dan Analisa Struktur Nonlinear

Dalam pemodelan struktur nonlinear menggunakan bentuk model gedung yang sama pada saat pemodelan struktur linear. Sedangkan untuk gempanya menggunakan data rekaman gempa berulang yang telah dimodelkan dalam Matlab

sebelumnya. Data yang diambil dari output analisa linear yaitu : koordinat struktur balok dan koordinat struktur kolom.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinear menggunakan software RUAUMOKO3D versi 04 antara lain: momen inersia penampang, modulus elastisitas penampang, momen leleh, sendi plastis, rotasi leleh dan daktilitas

3. Analisa Hasil Deformasi

Data hasil analisa nonlinear yang telah diolah melalui program Ruaumoko 3D kemudian dicari nilai simpangan tingkat (*story drift*) dan simpangan atap (*top displacement*) yang terbesar menggunakan bantuan program Microsoft Excel pada fitur macro excel, input data hasil output ini kemudian digambarkan kedalam bentuk grafik. Analisa ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019.

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 :

$$SRSS > 15\% , CQC < 15\%$$

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

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

Untuk Perhitungan Tertera pada lampiran A.3.

4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal

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

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

Dimana :

V = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

V_t = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

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

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

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A.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	174,002	158,469	Tidak Oke
	Y	174,002	203,704	Oke
2	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
3	X	320,423	308,516	Tidak Oke
	Y	320,423	215,847	Tidak Oke
4	X	371,853	450,229	Oke
	Y	371,853	452,252	Oke
5	X	418,284	460,345	Oke
	Y	418,284	365,519	Oke

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

4.2.5. Nilai Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, kontrol simpangan antar lantai terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang

diizinkan untuk bangunan rumah toko kategori risiko II yaitu 0,025 dikali tinggi lantai, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.7.

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

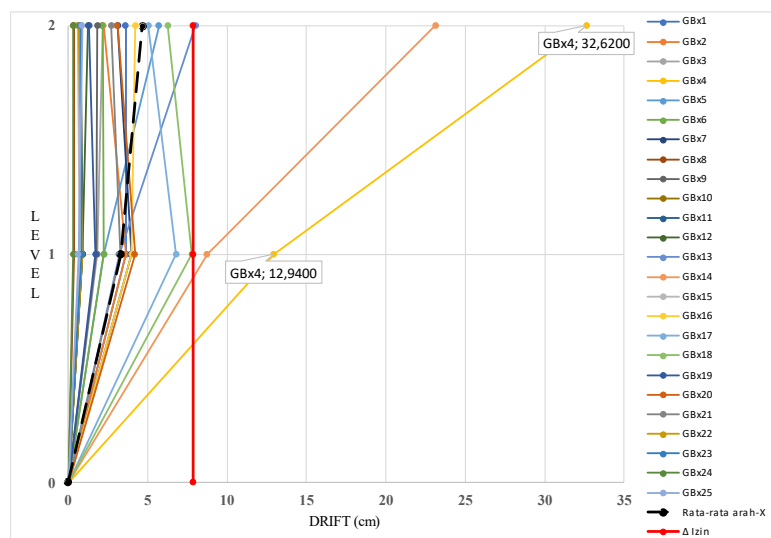
Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil control ketidakberaturan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

4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta

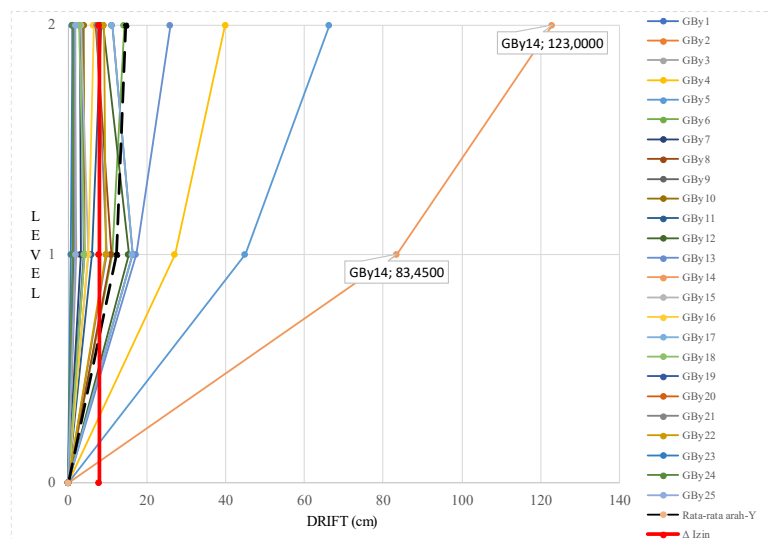
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat 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 beton bertulang 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 berulang. Setiap model struktur akan diambil data simpangan tingkat (*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 4.10 menunjukkan grafik hasil analisis *story drift* terhadap 25 rekaman gempa berulang. Pada grafik *story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari 25 rekaman gempa berulang dan nilai rata-ratanya. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model.

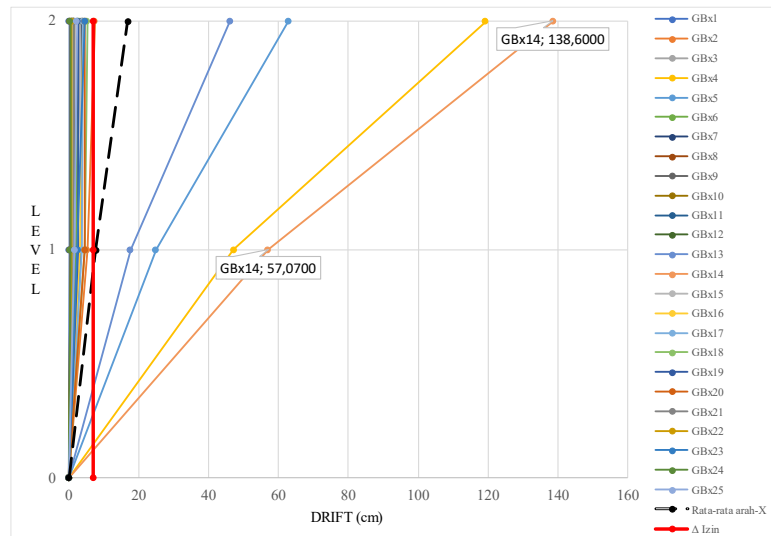


Gambar 4.1: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 1.

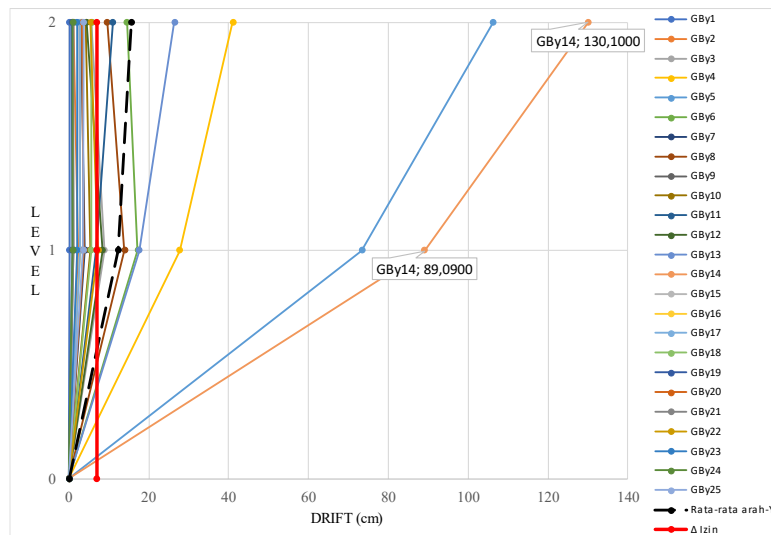


Gambar 4.2: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 1.

Pada Gambar 4.1 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah x, dapat dilihat pada kode gempa GBx4 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 12,940 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 32,620 cm. Sedangkan pada Gambar 4.2 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah y, dapat dilihat pada kode gempa GBy14 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 83,450 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 123,000 cm. Nilai tersebut melewati batas izin sebesar 7,850 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa yang berbeda.

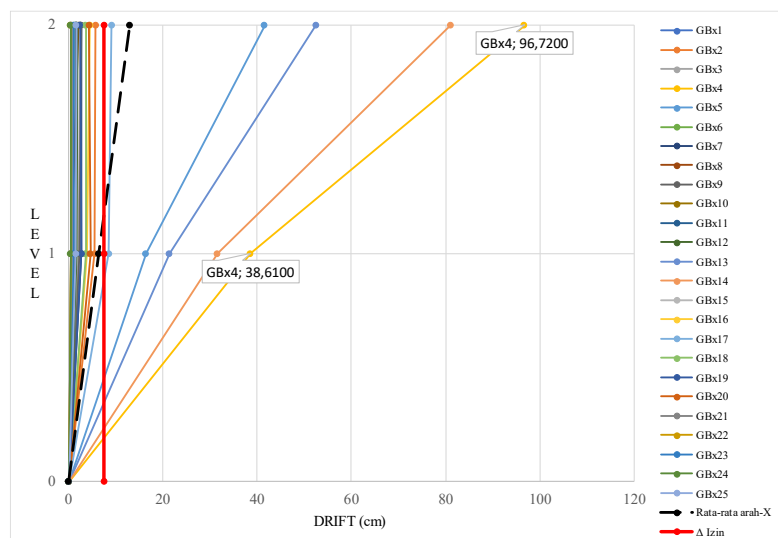


Gambar 4.3: Nilai story drift arah x untuk struktur rumah toko model 2.

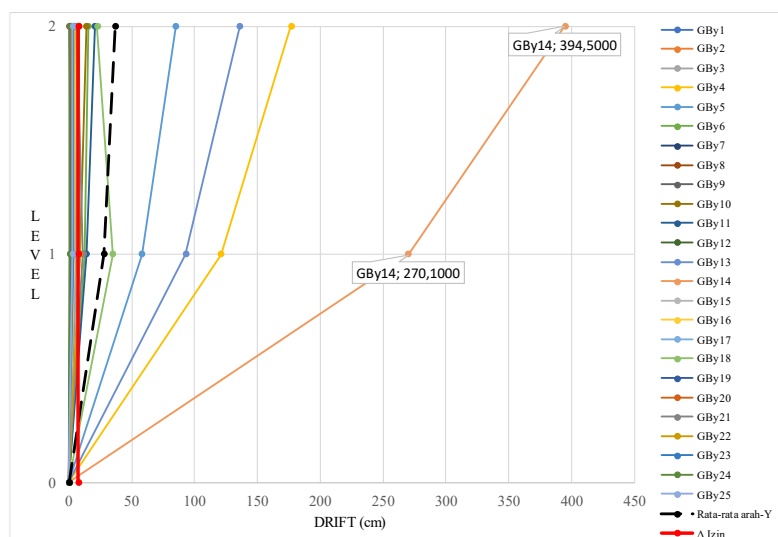


Gambar 4.4: Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 2.

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah x, dapat dilihat pada kode gempa GBx14 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 57,070 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 138,600 cm. Sedangkan pada Gambar 4.4 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah y, dapat dilihat pada kode gempa GBy14 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 89,090 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 130,100 cm. Nilai tersebut melewati batas izin sebesar 7 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa yang berbeda.

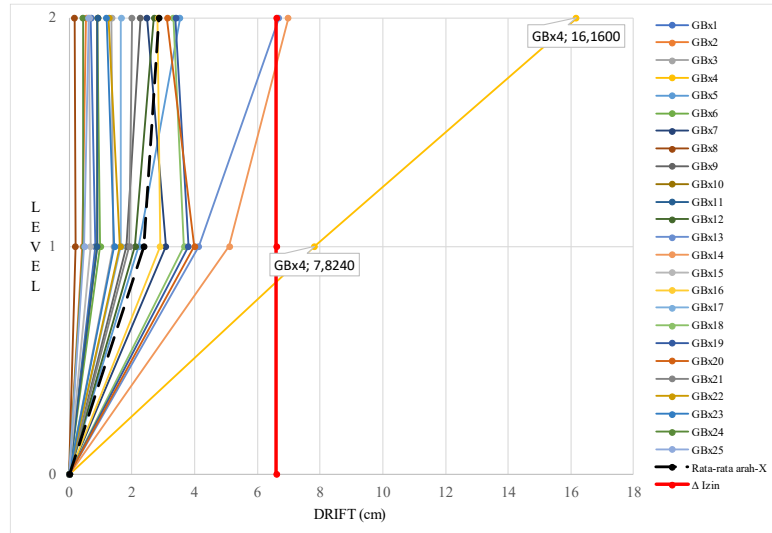


Gambar 4.5: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 3.

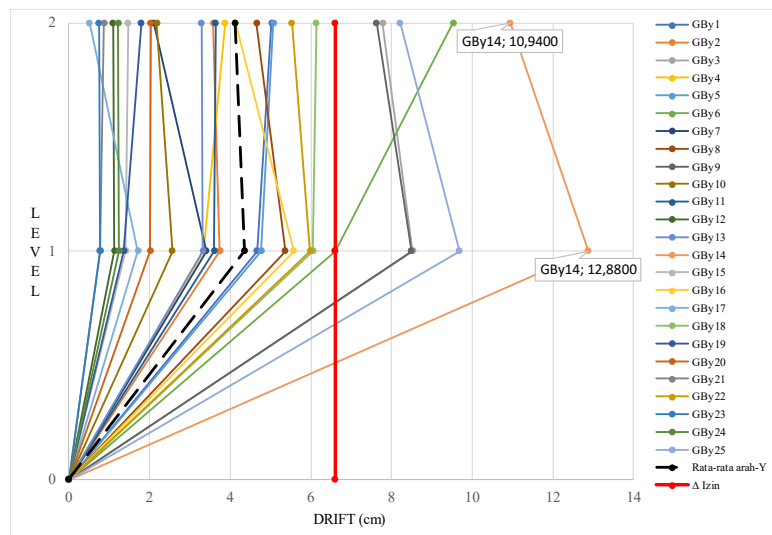


Gambar 4.6: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 3.

Pada Gambar 4.5 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah x, dapat dilihat pada kode gempa GBx4 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 38,610 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 96,720 cm. Sedangkan pada Gambar 4.6 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah y, dapat dilihat pada kode gempa GBy14 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 270,100 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 394,500 cm. Nilai tersebut melewati batas izin sebesar 7,500 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa yang berbeda.

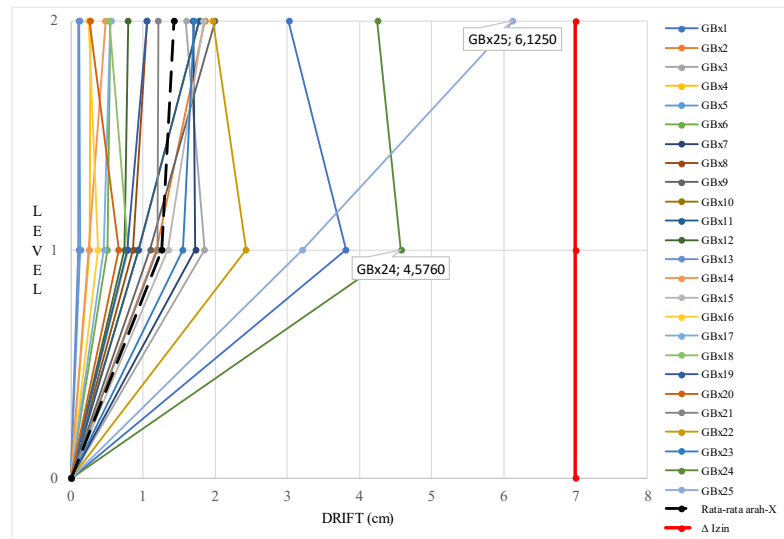


Gambar 4.7: Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 4.

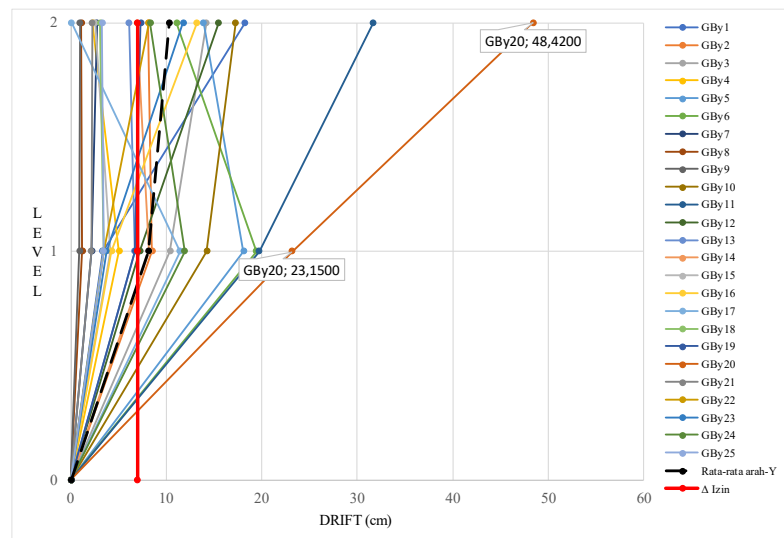


Gambar 4.8: Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 4.

Pada Gambar 4.7 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah x, dapat dilihat pada kode gempa GBx4 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 7,824 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 16,160 cm. Sedangkan pada Gambar 4.8 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah y, dapat dilihat pada kode gempa GBy14 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 12,880 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 10,940 cm. Nilai tersebut melewati batas izin sebesar 6,600 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa yang berbeda.



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



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

Pada Gambar 4.9 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah x, dapat dilihat pada kode gempa GBx24 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 4,576 cm, dan pada kode gempa GBx25 untuk lantai 2 sebesar 6,125 cm. Sedangkan pada Gambar 4.10 merupakan hasil dari simpangan tingkat arah y, dapat dilihat pada kode gempa GBy20 merupakan hasil *displacement* maksimum pada lantai 1 sebesar 23,150 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 48,420 cm. Nilai tersebut melewati batas izin sebesar 7 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa yang berbeda.

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

<i>Ground Motion</i>	<i>Displacement (cm)</i>				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
GBx1	3,618	0,106	1,536	0,694	3,020
GBx2	2,227	7,409	5,692	0,537	1,858
GBx3	2,157	3,226	2,494	1,355	1,592
GBx4	32,620	119,400	96,720	16,160	0,268
GBx5	5,716	62,840	41,580	3,533	0,116
GBx6	2,145	2,657	1,138	0,900	0,550
GBx7	3,116	3,690	2,613	2,474	1,690
GBx8	0,346	0,348	2,088	0,169	1,054
GBx9	1,849	1,443	2,643	2,268	1,995
GBx10	3,137	2,405	3,340	5,842	0,748
GBx11	0,786	0,921	1,606	0,904	1,777
GBx12	1,259	1,243	1,827	2,709	0,791
GBx13	8,026	46,040	52,440	6,674	0,106
GBx14	23,120	138,600	80,980	6,978	0,476
GBx15	0,590	1,009	0,784	0,630	1,834
GBx16	4,221	3,967	4,479	2,830	0,238
GBx17	5,052	3,995	9,149	1,653	0,551
GBx18	6,270	5,220	3,641	3,324	0,532
GBx19	1,321	2,447	2,412	3,396	1,050
GBx20	3,088	4,596	4,314	3,124	0,259
GBx21	2,727	1,491	0,633	1,993	1,209
GBx22	0,637	0,809	0,474	1,263	1,968
GBx23	0,752	4,567	1,172	1,187	1,707
GBx24	0,318	0,298	0,390	0,441	4,253
GBx25	0,868	2,225	1,609	0,616	6,125
Rata-rata	4,639	16,838	13,030	2,866	1,431

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

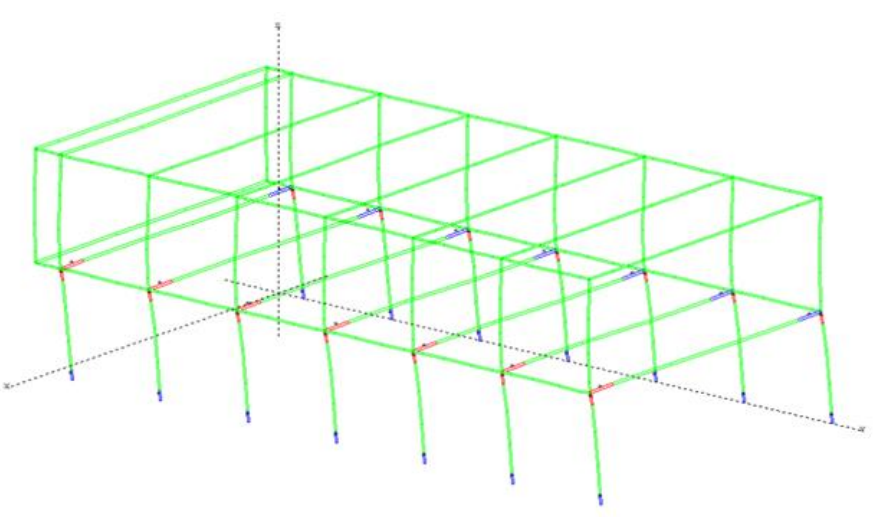
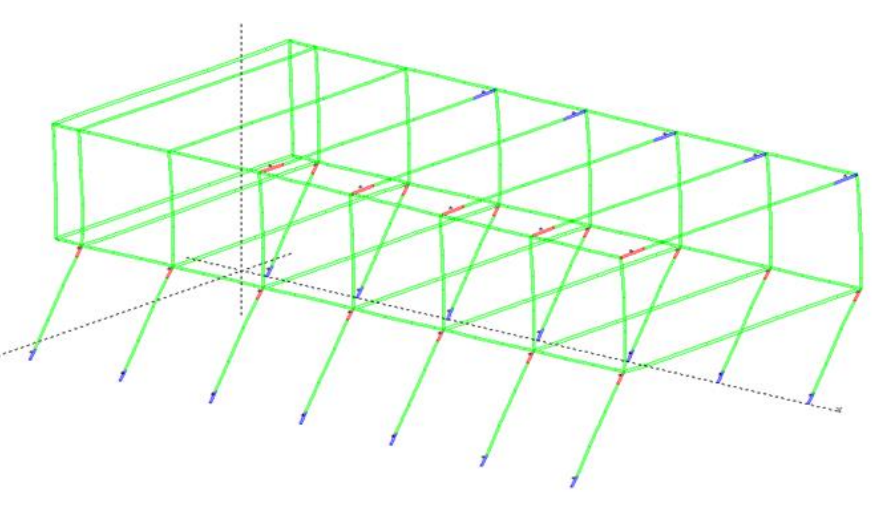
<i>Ground Motion</i>	<i>Displacement (cm)</i>				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
GBy1	3,421	0,124	3,496	5,025	18,220
GBy2	1,154	1,093	2,793	3,579	8,088
GBy3	1,562	5,676	5,961	7,774	14,200
GBy4	39,860	41,030	176,700	3,874	2,285
GBy5	66,370	106,300	84,910	5,072	13,890
GBy6	14,170	14,550	15,370	9,528	11,090
GBy7	2,913	3,028	2,513	2,094	2,725

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

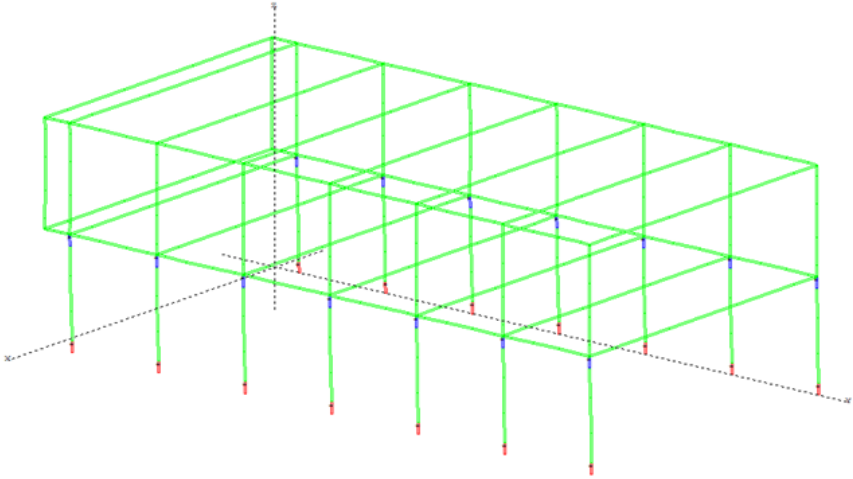
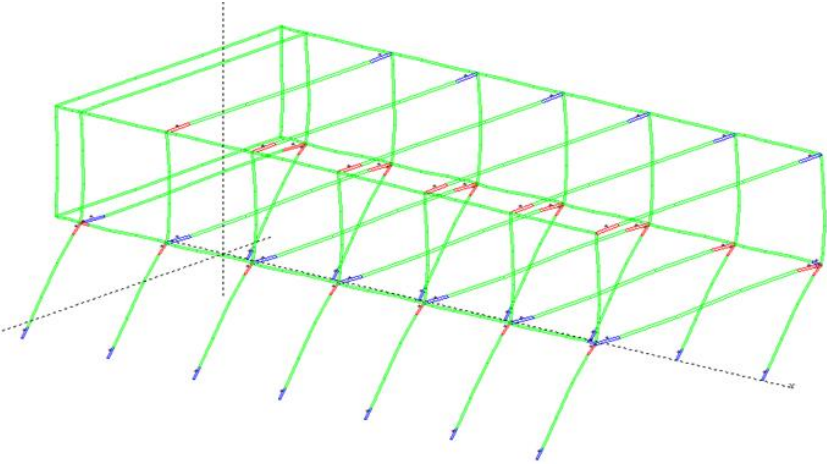
<i>Ground Motion</i>	<i>Displacement (cm)</i>				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
GBy8	7,021	9,548	0,292	4,646	1,080
GBy9	11,150	0,805	1,089	7,625	0,939
GBy10	3,957	4,287	13,740	2,181	17,230
GBy11	8,267	11,030	20,340	3,635	31,660
GBy12	8,849	4,319	7,833	1,097	15,460
GBy13	25,920	26,450	135,800	3,287	6,082
GBy14	123,000	130,100	394,500	10,940	6,944
GBy15	3,274	2,532	5,923	1,464	2,539
GBy16	6,384	2,780	4,888	4,132	13,220
GBy17	11,150	2,684	1,544	0,506	0,051
GBy18	2,806	5,634	22,510	6,133	3,086
GBy19	1,104	0,655	0,826	1,794	7,346
GBy20	1,386	3,342	1,909	2,030	48,420
GBy21	7,273	1,127	6,533	0,875	2,243
GBy22	8,957	5,411	5,541	5,528	8,174
GBy23	1,004	1,989	3,683	0,738	11,780
GBy24	1,177	0,970	0,656	1,224	8,300
GBy25	1,879	3,621	3,038	8,214	3,277
Rata-rata	14,560	15,563	36,896	4,120	10,333

Pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.4 merupakan hasil dari simpangan atap pada 5 model rumah toko. Untuk simpangan arah x terbesar terdapat pada ruko Model 2 dengan nilai rata-rata simpangan 16,838 cm dan untuk simpangan arah y terbesar terdapat pada ruko Model 3 dengan nilai rata-rata simpangan 36,896 cm.

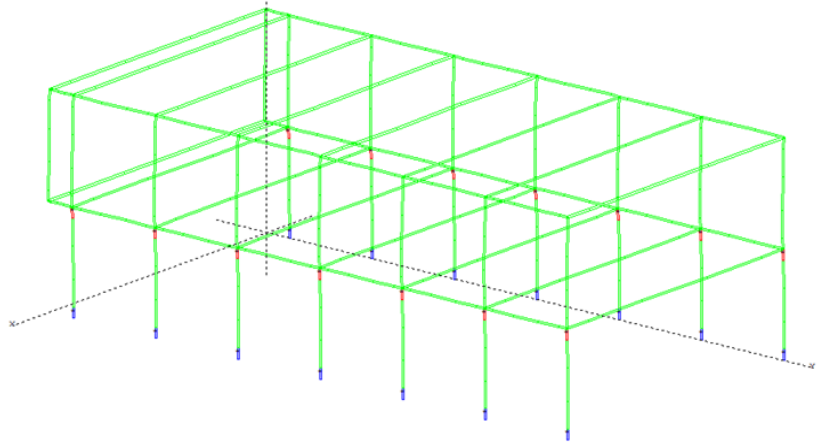
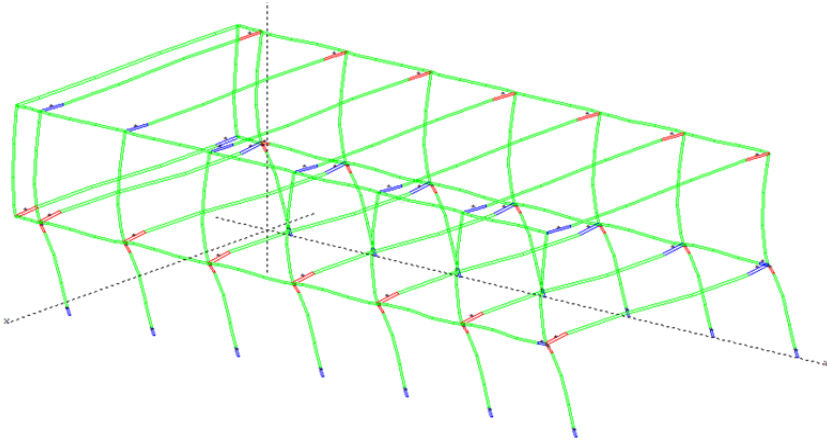
Tabel 4.5: Pola keruntuhan model ruko 1.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Arleta-Nordhoff Fire Sta (GB11)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,50
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,30
Pola Keruntuhan					
					

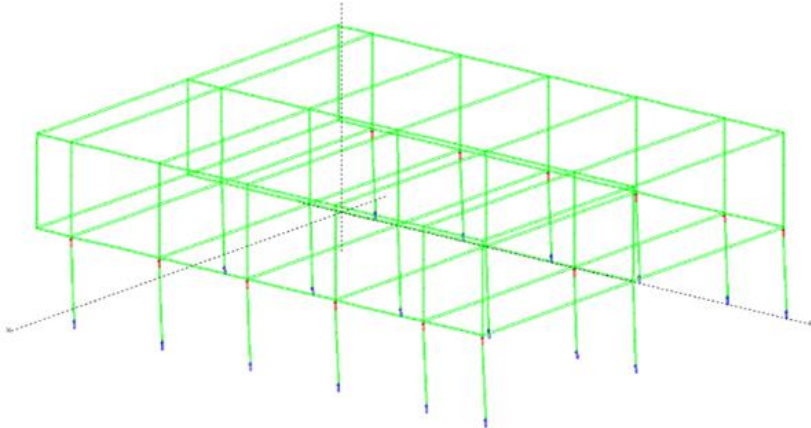
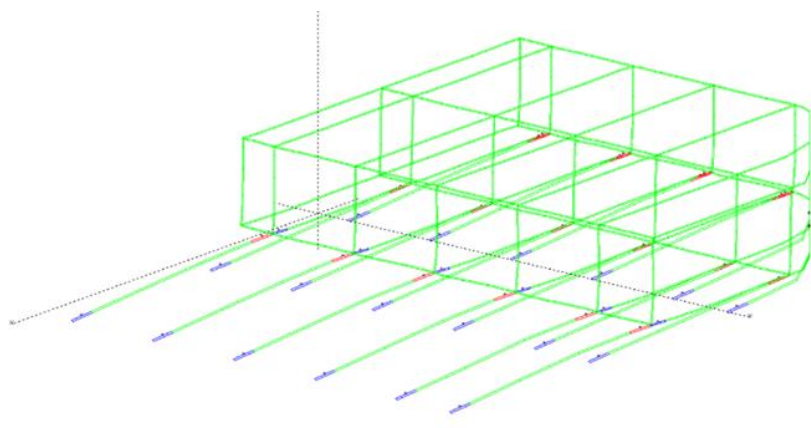
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
Burbank-Howard Rd (GB14)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,55
Pola Keruntuhan					
					

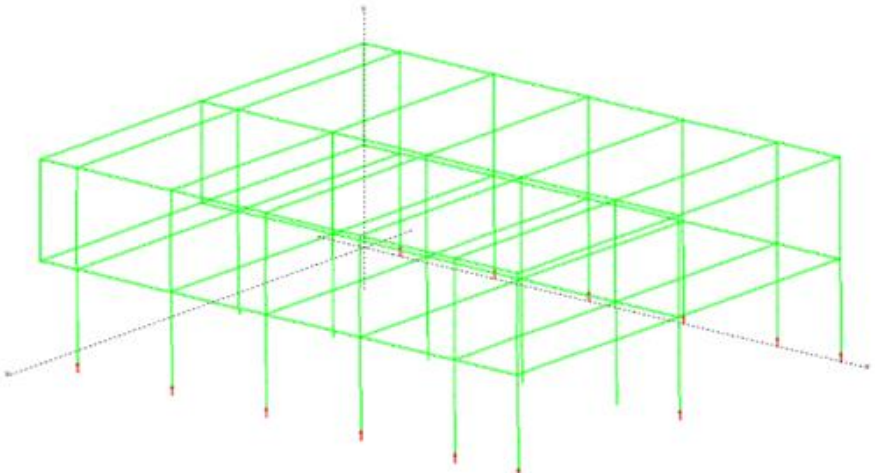
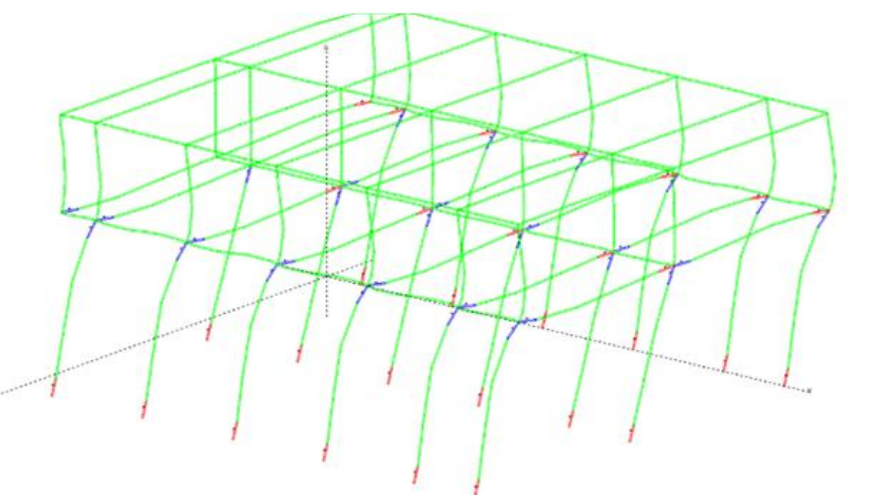
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
LA-Baldwin Hills (GB18)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,90
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,30
Pola Keruntuhan					
					

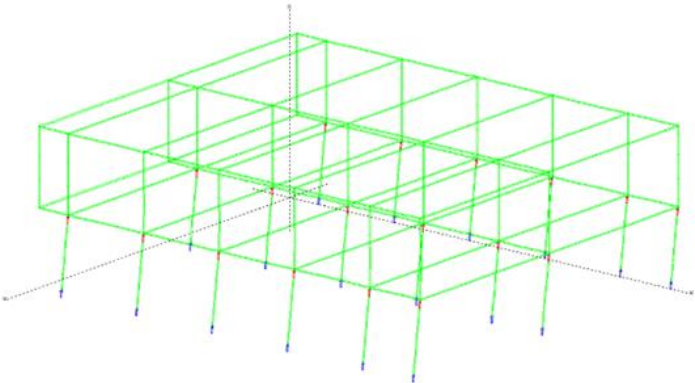
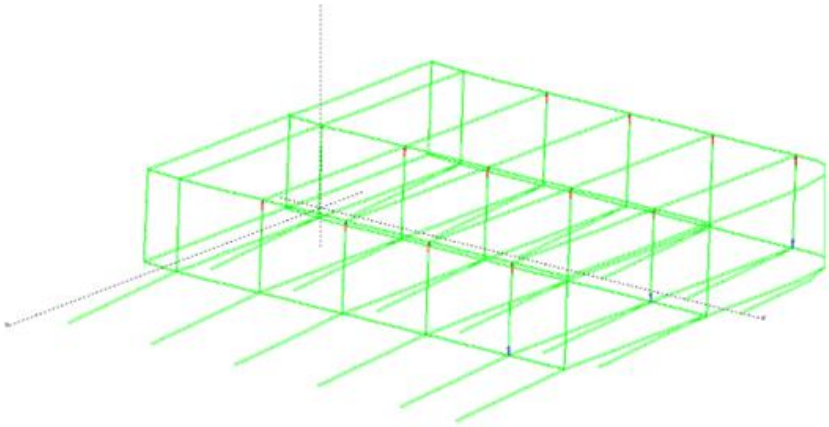
Tabel 4.6: Pola keruntuhan model ruko 2.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Arleta-Nordhoff Fire Sta (GB11)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
	 <p>A 3D wireframe diagram of a building frame structure. The frame consists of a grid of columns and beams. Red dots are placed at the base of each column, indicating the location of plastic hinges. The structure is shown in a perspective view, with a vertical dashed line representing the center of mass or a similar reference point.</p>				
Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,70	
Pola Keruntuhan					
 <p>A 3D wireframe diagram of a building frame structure, similar to the one above. This diagram illustrates a soft-story collapse pattern. Red arrows point to the columns on the ground floor, indicating that these columns are the primary load-carrying elements during the collapse. The upper floors are shown with a different deformation pattern, indicating they are not the primary failure zone.</p>					

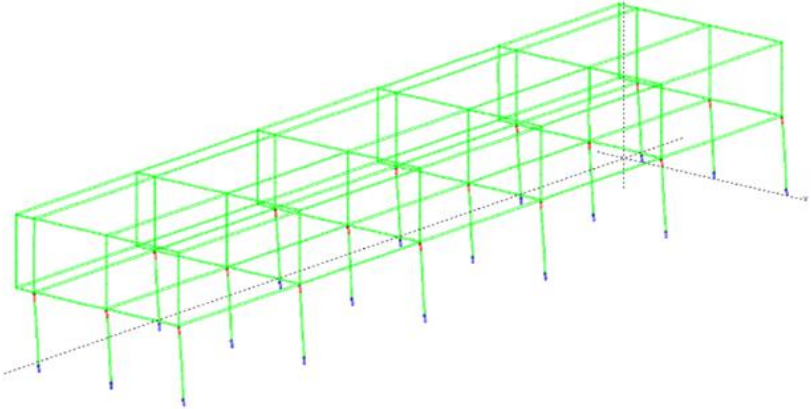
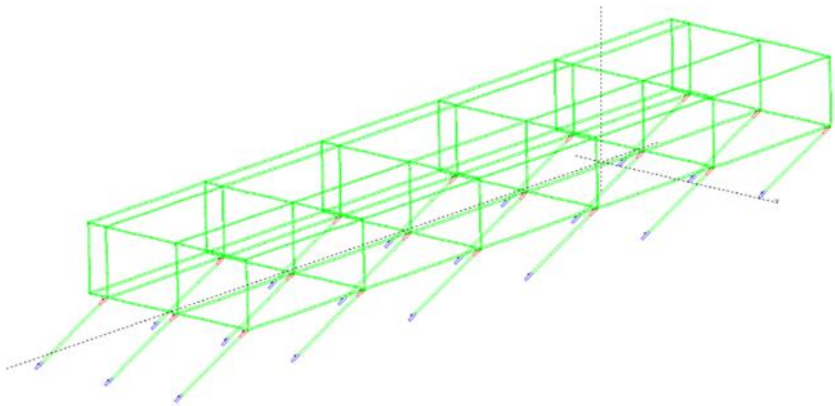
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
Burbank-Howard Rd (GB14)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,15
	Gambar				
	 <p>A 3D wireframe model of a building frame structure. The columns at the base are highlighted with red dots, indicating plastic hinges. The frame consists of multiple levels of beams and columns, with a central vertical axis and a horizontal axis of symmetry.</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,85
Pola Keruntuhan					
 <p>A 3D wireframe model of a building frame structure showing the collapse pattern. The columns are curved, and plastic hinges are indicated by red dots at the base of the columns and at the beam-column joints. The frame consists of multiple levels of beams and columns, with a central vertical axis and a horizontal axis of symmetry.</p>					

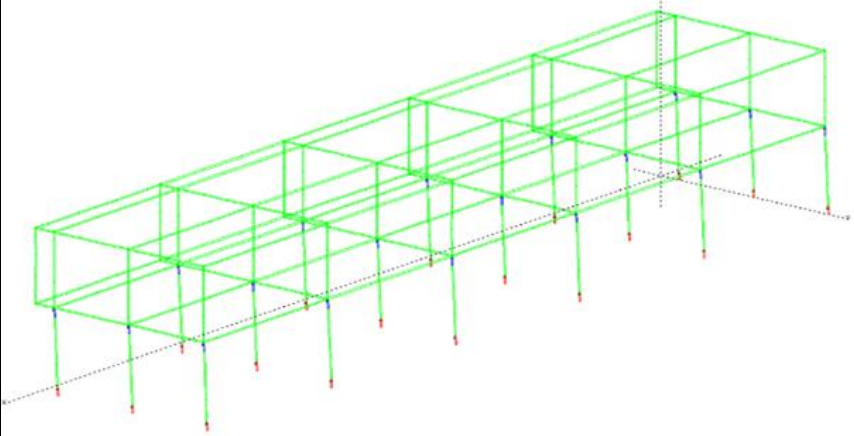
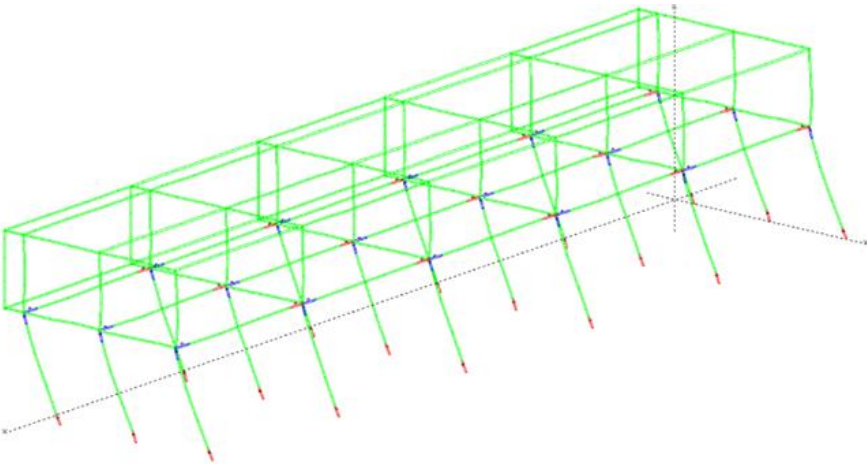
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
LA-Baldwin Hills (GB18)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2,60
Pola Keruntuhan					
					

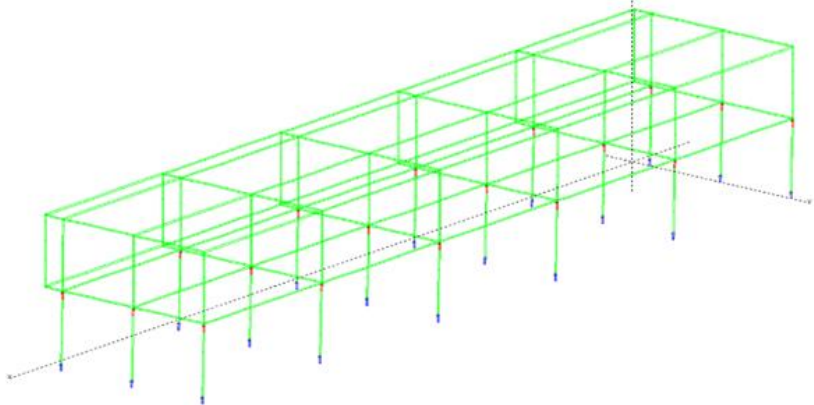
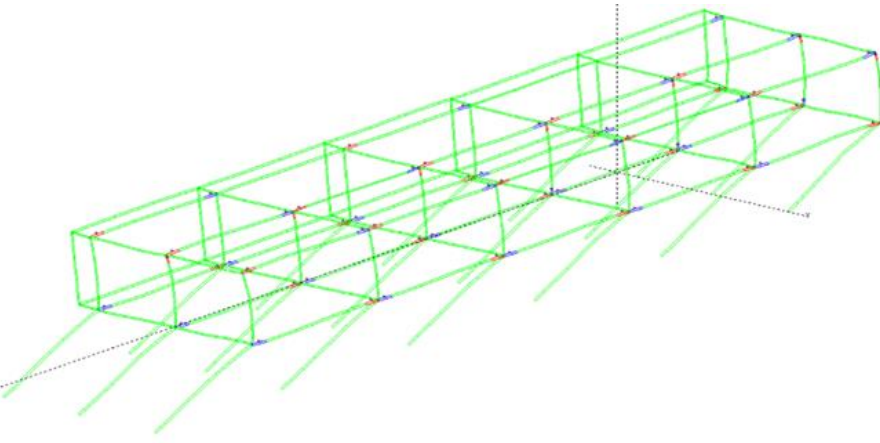
Tabel 4.7: Pola keruntuhan model ruko 3.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Arleta-Nordhoff Fire Sta (GB11)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,20
Pola Keruntuhan					
					

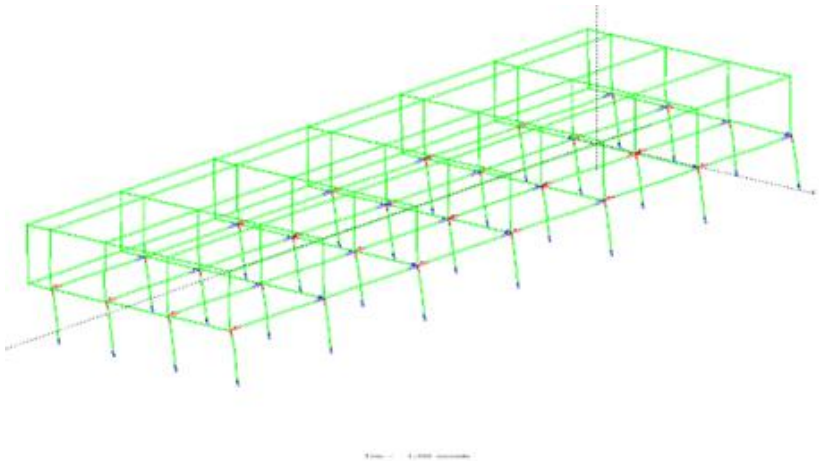
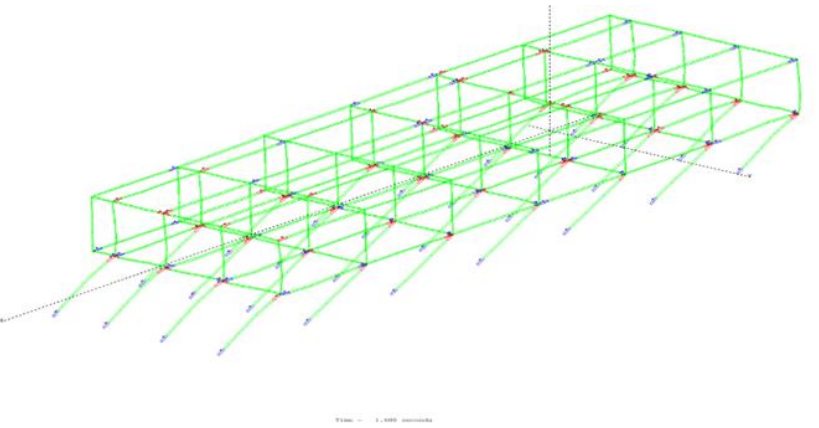
Tabel 4.7: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Burbank-Howard Rd (GB14)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,15
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,50
Pola Keruntuhan					
					

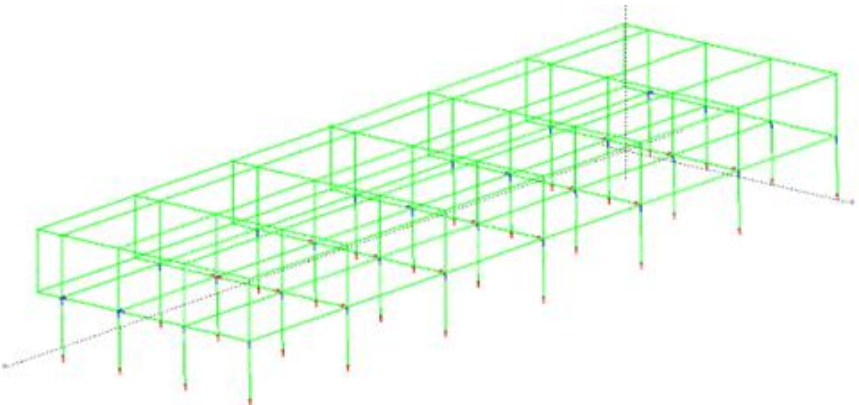
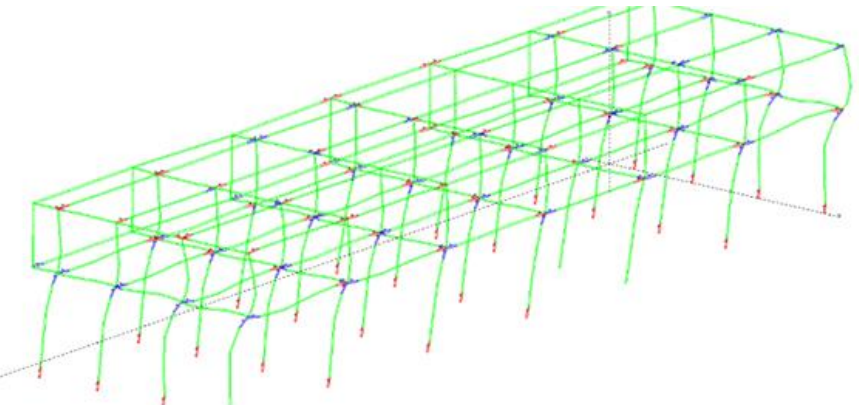
Tabel 4.7: Lanjutan.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
LA-Baldwin Hills (GB18)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,90
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3,90
Pola Keruntuhan					
					

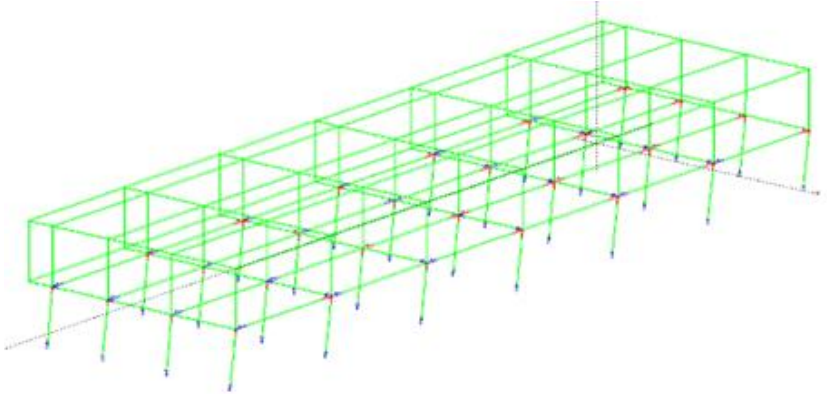
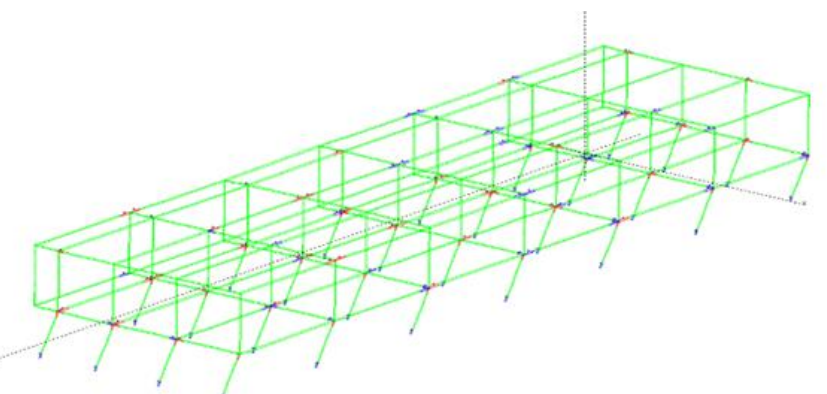
Tabel 4.8: Pola keruntuhan model ruko 4.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Arleta-Nordhoff Fire Sta (GB11)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,00
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,60
Pola Keruntuhan					
					

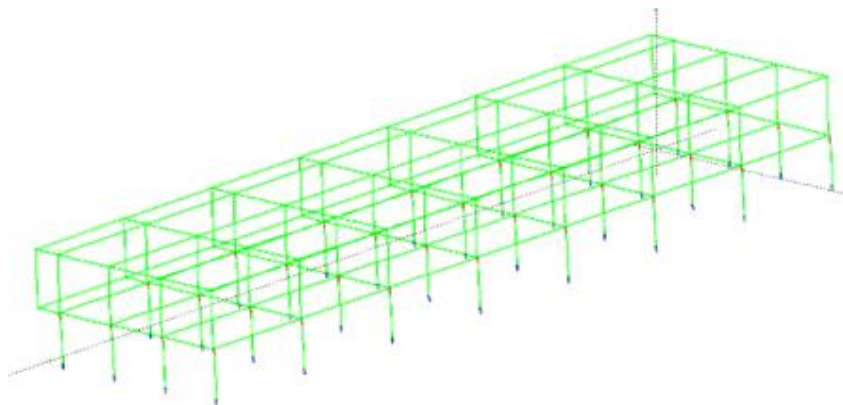
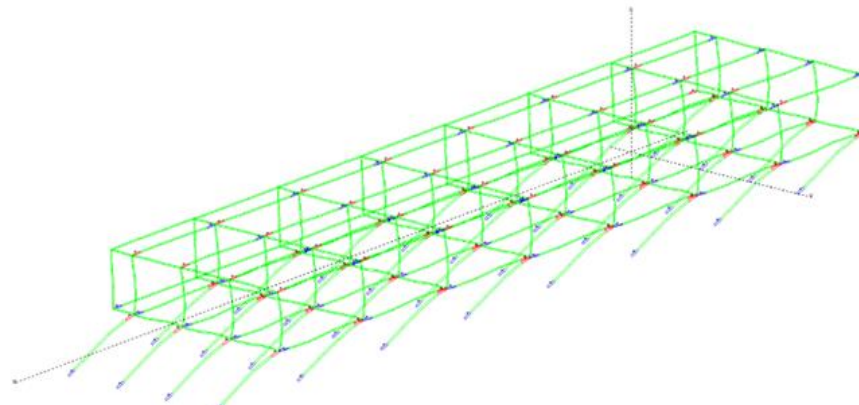
Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Burbank-Howard Rd (GB14)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar				
	 <p>A 3D wireframe model of a multi-story building frame. The structure is rendered in green. Red arrows point to the base of the columns, indicating the location of plastic hinges. The model shows a rectangular footprint with multiple bays and stories.</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,95
Pola Keruntuhan					
 <p>A 3D wireframe model of a multi-story building frame, similar to the one above. The structure is rendered in green. Red arrows point to the upper floors, indicating the location of plastic hinges. The model shows a rectangular footprint with multiple bays and stories.</p>					

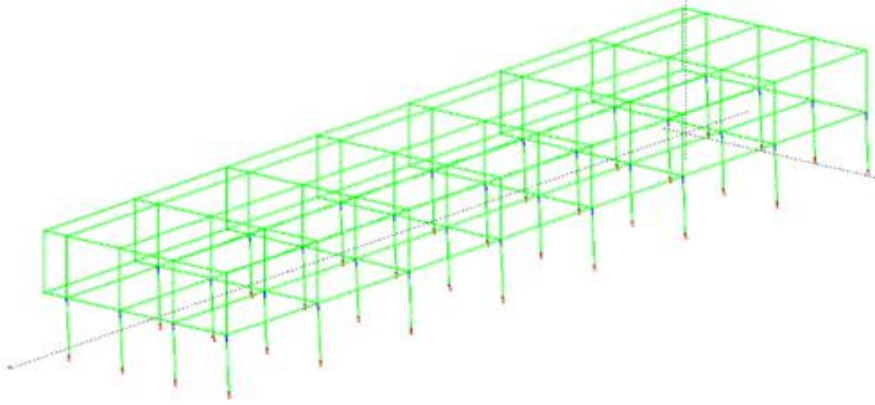
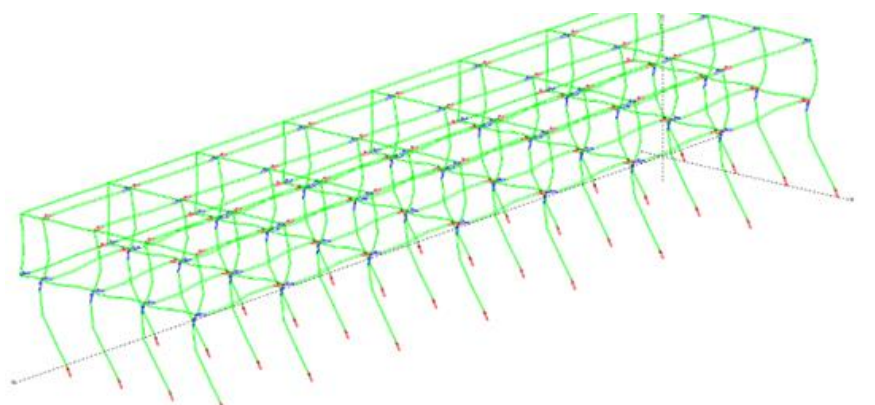
Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
LA-Baldwin Hills (GB18)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,30
Pola Keruntuhan					
					

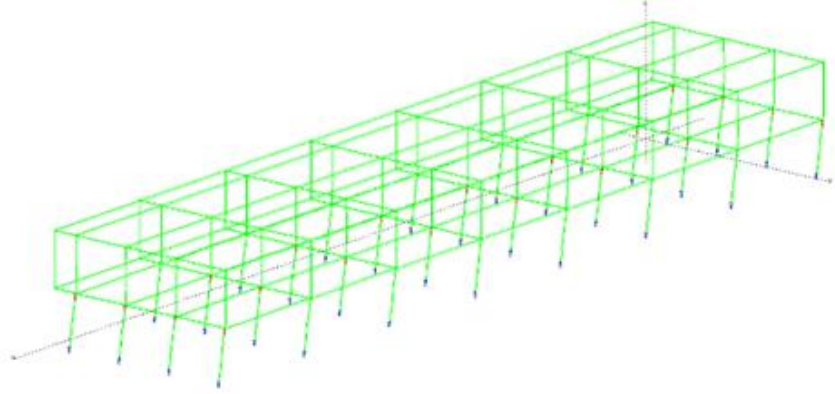
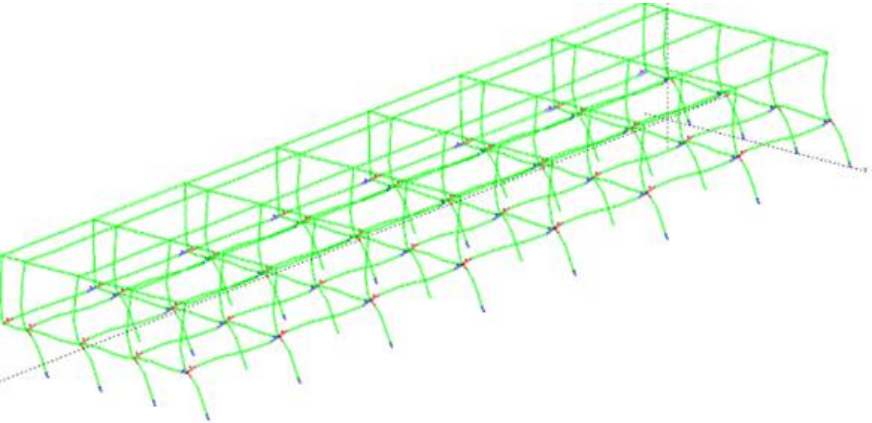
Tabel 4.9: Pola keruntuhan model ruko 5.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Arleta-Nordhoff Fire Sta (GB11)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,00
	Gambar				
	 <p>A 3D wireframe model of a multi-story building frame, colored in green. The model shows a grid of columns and beams. At the base of the columns, there are small blue and red markers indicating plastic hinges. The building is shown from a perspective view, with a vertical dashed line indicating the direction of analysis.</p>				
Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,60	
Pola Keruntuhan					
 <p>A 3D wireframe model of a multi-story building frame, colored in green. The model shows a grid of columns and beams. Red and blue markers are placed at the joints of the columns and beams, indicating the locations of plastic hinges. The building is shown from a perspective view, with a vertical dashed line indicating the direction of analysis.</p>					

Tabel 4.9: Lanjutan.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Burbank-Howard Rd (GB14)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	 <p>Gambar</p>				
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,85
	 <p>Pola Keruntuhan</p>				

Tabel 4.9: Lanjutan.

Rekaman Gempa Berulang	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
LA-Baldwin Hills (GB18)	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,40
	Gambar				
					
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,60
Pola Keruntuhan					
					

Pada tabel pola keruntuhan diatas, diambil beberapa rekaman gempa berulang dengan magnitudo maksimum pada setiap masing-masing model ruko. Hasil analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama

kali pada ke lima model ruko yang ditinjau terjadi di elemen kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke lima model ruko tersebut. Respon yang terjadi pada kelima model ruko tersebut jika mengalami gempa berulang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh durasi dan amplitudo tiap gempa yang berbeda-beda. Dari hasil analisis pola keruntuhan, didapat nilai durasi maksimum pada masing-masing model ruko, sebagai berikut:

a. Model 1

Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,55.

b. Model 2

Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,15 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,55.

c. Model 3

Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,15 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,50.

d. Model 4

Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,95.

e. Model 5

Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,85.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil dan analisis non linier bila mengalami gempa berulang, didapat nilai rata-rata simpangan tingkat (*story drift*) sebagai berikut:

a. Model 1.

Untuk arah x, lantai 1 sebesar 3,303 cm dan lantai 2 sebesar 4,639 cm.

Untuk arah y, lantai 1 sebesar 12,138 cm dan lantai 2 sebesar 14,560 cm.

b. Model 2.

Untuk arah x, lantai 1 sebesar 7,671 cm dan lantai 2 sebesar 16,838 cm.

Untuk arah y, lantai 1 sebesar 12,363 cm dan lantai 2 sebesar 15,563 cm.

c. Model 3.

Untuk arah x, lantai 1 sebesar 6,351 cm dan lantai 2 sebesar 13,030 cm.

Untuk arah y, lantai 1 sebesar 27,488 cm dan lantai 2 sebesar 36,896 cm.

d. Model 4.

Untuk arah x, lantai 1 sebesar 2,368 cm dan lantai 2 sebesar 2,866 cm.

Untuk arah y, lantai 1 sebesar 4,359 cm dan lantai 2 sebesar 4,120 cm.

e. Model 5.

Untuk arah x, lantai 1 sebesar 1,258 cm dan lantai 2 sebesar 1,431 cm.

Untuk arah y, lantai 1 sebesar 8,114 cm dan lantai 2 sebesar 10,333 cm.

Untuk simpangan atap (*top displacement*) maksimum terjadi pada struktur Model 2 pada arah x, dengan nilai rata-rata simpangan 16,838 cm, dan Model 3 pada arah y, dengan nilai rata-rata simpangan 36,896 cm.

2. Dari hasil analisis pola keruntuhan dengan menggunakan metode analisa respon riwayat waktu, pada kelima model ruko tersebut bila mengalami gempa berulang, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali terjadi di elemen kolom dasar, yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke lima model ruko tersebut. Didapatkan nilai durasi maksimum pada masing-masing model ruko, sebagai berikut:

- a. Model 1
Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,55.
- b. Model 2
Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,15 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,55.
- c. Model 3
Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,15 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,50.
- d. Model 4
Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,95.
- e. Model 5
Terjadi sendi plastis pertama kali pada durasi 0,20 *sec* dan mengalami *soft story* pada durasi 0,85.

5.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- 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. (2013). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019*. 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.
- Karisoh, P. H., Dapas, S., & Pandaleke, R. (2018, Juni). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6.
- Mahmoud, P. D., & Al-Baghdadi, D. (2018, April 24). *Seismic Response of Nonseismically Designed Reinforced Concrete Low Rise Buildings*. *Journal of Engineering*, Vol. 4.
- Nelwan, I. T., E. Wallah, S., & O. Dapas, S. (2018, Maret). *Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan*. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6, 175-188.
- Nurdianasari, I., Awaluddin, M., & Amarrohman, F. J. (2017, Oktober). *Analisis Deformasi Postseismik Gempa Nias 2005*. *Jurnal Geodesi Undip*.
- 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.

- Tamara, M. (2011). *Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar*. 1(1), 1–9.
- 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 ²
	b. Elektrikal	0,19 kN/m ²
	Total Beban Mati tambahan pada atap	0,24 kN/m ²
2. Beban Hidup		
	a. Atap	0,96 kN/m ²
	Total Beban Hidup pada atap	0,96 kN/m ²
B.	Lantai Tipikal	
	1. Beban Mati Tambahan	
	a. Plafond	0,05 kN/m ²
	b. Elektrikal	0,19 kN/m ²
c. Keramik dan Mortar	0,77 kN/m ²	
Total Beban Mati tambahan pada Lantai Tipikal	1,01 kN/m ²	
C.	Beban Dinding	
	1. Beban Mati Tambahan	
	a. Bata 203 mm	3,78 kN/m ³
	b. Plasteran	0,24 kN/m ³
Total Beban Mati tambahan	4,06 kN/m ³	

A.2. Syarat Periode Struktur

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

1. Model 1

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.2, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode maksimum yaitu 0,417 karena nilai periode pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

2. Model 2

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.3, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,376 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

3. Model 3

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.4, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,4 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

4. Model 4

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.5, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,356 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

5. Model 5

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.6, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,376 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

A.3. Modal Participation Mass Ratios

1. Model 1

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

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

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

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

Tabel L.8: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

Tabel L.8: *Lanjutan.*

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
4-5	9,70%	Oke	Tidak Oke
5-6	1,24%	Oke	Tidak Oke

2. Model 2

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

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

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

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

Tabel L.10: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

3. Model 3

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

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

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

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

Tabel L.12: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

4. Model 4

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

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

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

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

Tabel L.14: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

5. Model 4

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

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

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

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

Tabel L.16: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

A.4. Berat Sendiri Struktur

1. Model 1

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

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

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

2. Model 2

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

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

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

3. Model 3

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

<i>Story</i>	<i>Self weight (kN)</i>
2	151724,85
1	212011,3

Tabel L.19: *Lanjutan.*

<i>Story</i>	<i>Self weight (kN)</i>
Base	6075
Total	369811,15

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

4. Model 4

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

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

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

5. Model 5

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

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

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

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

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

1. Model 1

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

Tabel L.22: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah	
	X	Y
S_{D1}	0,579 g	0,579 g
S_{DS}	0,707 g	0,707 g
R	8	8
I_e	1	1
S_1	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,243	0,243
$C_{s\ min} = 0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	174,002419	174,002419

Berdasarkan Tabel L.22 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 1 adalah 174.002419.

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

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

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

2. Model 2

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

Tabel L.24: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah	
	X	Y
S_{D1}	0,579 g	0,579 g
S_{DS}	0,707 g	0,707 g
R	8	8
I_e	1	1
S_1	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,192	0,192
$C_{s\ min} = 0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	279,8078349	279,8078349

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

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

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

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

3. Model 3

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

Tabel L.26: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah	
	X	Y
S_{D1}	0,579 g	0,579 g
S_{DS}	0,707 g	0,707 g
R	8	8
I_e	1	1
S_1	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,181	0,181
$C_{s\ min} = \frac{0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01}{0.01}$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	320,4228988	320,4228988

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

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

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

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

4. Model 4

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

Tabel L.28: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah	
	X	Y
S_{D1}	0,579 g	0,579 g
S_{DS}	0,707 g	0,707 g
R	8	8
I_e	1	1
S_1	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,203	0,203
$C_{s\ min} = 0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	371,8532351	371,8532351

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

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

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

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

5. Model 5

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

Tabel L.30: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah	
	X	Y
S_{D1}	0,579 g	0,579 g
S_{DS}	0,707 g	0,707 g
R	8	8
I_e	1	1
S_1	0,476 g	0,476 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,088	0,088
$C_{s\ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,192	0,192
$C_{s\ min} = 0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01$	0,031	0,031
$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088c	0,088
$V = C_s \times W_t$	418,2840246	418,2840246

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

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

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

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

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

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	48,2062	60,90	Tidak Oke
1	66,4804	60,90	Oke
Base	0	0	Oke

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	48,2062	60,90	Tidak Oke
1	66,4804	60,90	Oke
Base	0	0	Oke

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

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	146,034	97,93	Oke
1	260,164	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.34 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	127,3402	97,93	Oke
1	236,6275	97,93	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.35 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	94,9902	112,15	Tidak Oke
1	132,746	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	166,9801	112,15	Oke
1	308,5158	112,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.37 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	256,446	130,15	Oke
1	450,201	130,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.38 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	259,5294	130,15	Oke
1	452,2516	130,15	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.39 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	255,15	146,40	Oke
1	460,345	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.40 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Story	V _x	35% Base Share	Cek
2	260,2335	146,40	Oke
1	465,5191	146,40	Oke
Base	0	0	Oke

Pada Tabel L.41 setiap lantai telah memenuhi syarat.

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

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

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

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

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

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

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

A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 2

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

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

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

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

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

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

A.7.3. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 3

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

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

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

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

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

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

A.7.4. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 4

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

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

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

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

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

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

A.7.5. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 5

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<i>Story</i>	<i>Stiffness X</i> (kN/m)	Cek	<i>Stiffness Y</i> (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 3

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

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

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

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

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

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

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

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

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

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

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

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

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

Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	θ_x $\left(\frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}}\right)$	Cek
2	1473,50	49,13	1	48,21	3500	5,50	0,078	P-Δ dapat diabaikan
1	3224,69	57,12	1	66,48	4000	5,50	0,126	P-Δ dapat diabaikan

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

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

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	θ_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-Δ dapat diabaikan
1	1165,54	58,91	1	260,16	3500	5,50	0,014	P-Δ dapat diabaikan

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

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

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

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

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

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

Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	θ_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.9.4. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 4

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

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	θ_x $\left(\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	2292,60	46,34	1	256,45	3500	5,50	0,022	P- Δ dapat diabaikan
1	4461,32	57,41	1	450,20	3500	5,50	0,030	P- Δ dapat diabaikan

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

Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	θ_x $\left(\frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	2292,60	33,16 5	1	259,53	3500	5,50	0,015	P- Δ dapat diabaikan
1	4461,32	62,63	1	452,25	3500	5,50	0,032	P- Δ dapat diabaikan

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

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

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	$\left(\frac{\theta_x P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	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.66: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

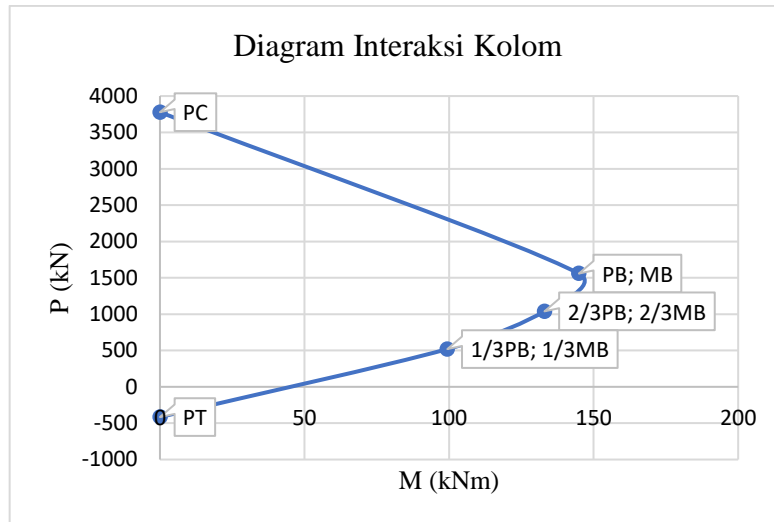
Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	$\left(\frac{\theta_x P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	2485,15	50,52	1	260,23	3500	5,50	0,025	P- Δ dapat diabaikan
1	4866,14	69,23	1	465,52	3500	5,50	0,038	P- Δ dapat diabaikan

A.10. Diagram Interaksi Kolom & *Moment Curvature* Balok.

A.10.1. Model 1

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

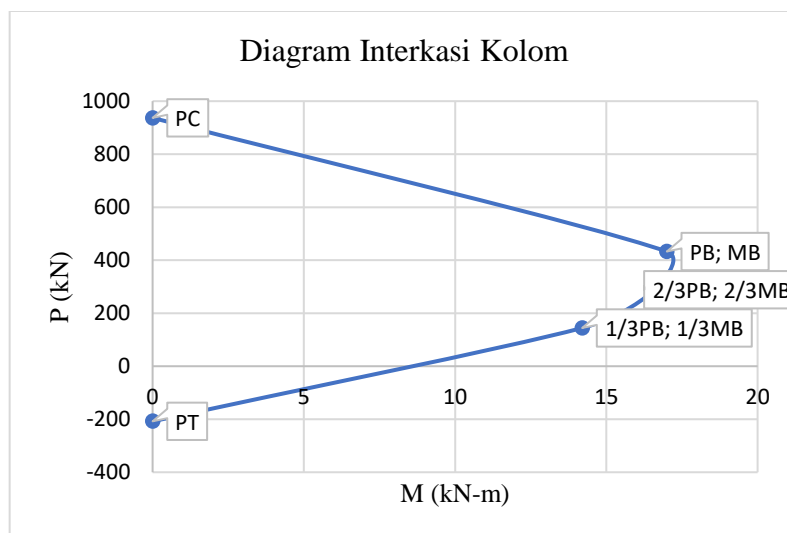
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	3778,5	-	-
PB	1558,1	MB	144,9
(1/3)*PB	519,4	(1/3)*MB	99,4
(2/3)*PB	1038,7	(2/3)*MB	133



Gambar L.1: Diagram interaksi kolom.

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

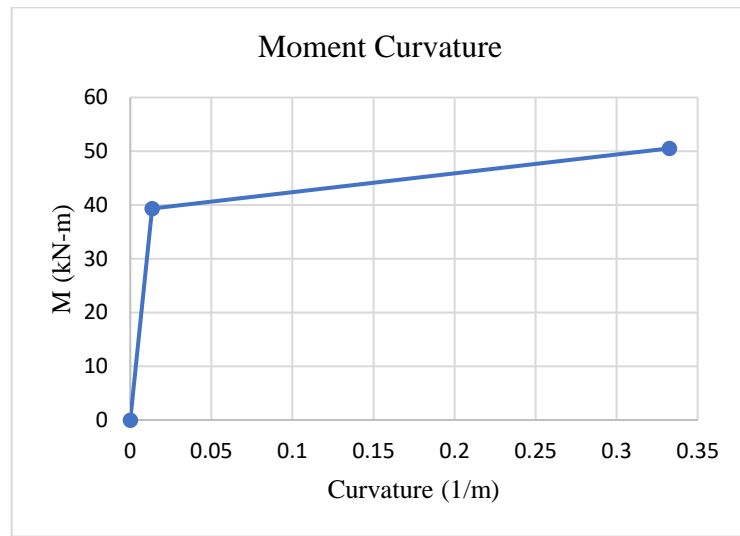
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.2: Diagram interaksi kolom.

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

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

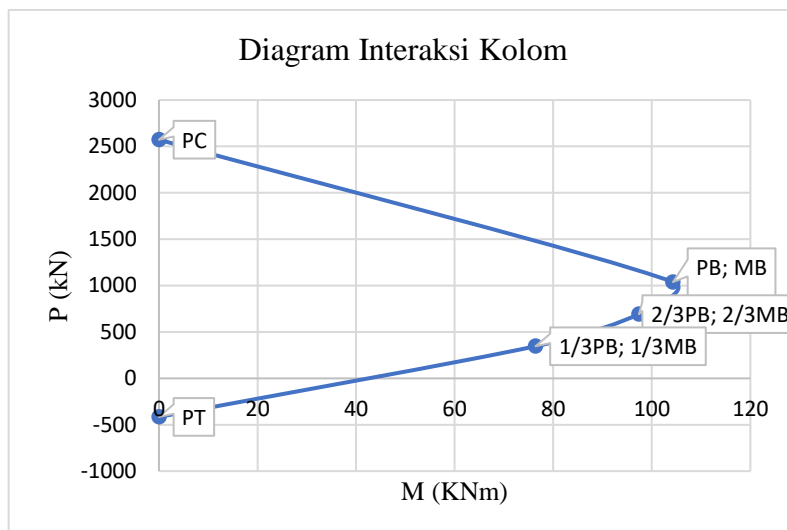


Gambar L.3: *Moment curvature* pada balok.

A.10.2. Model 2

Tabel L.70: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 20x30 cm Model 2.

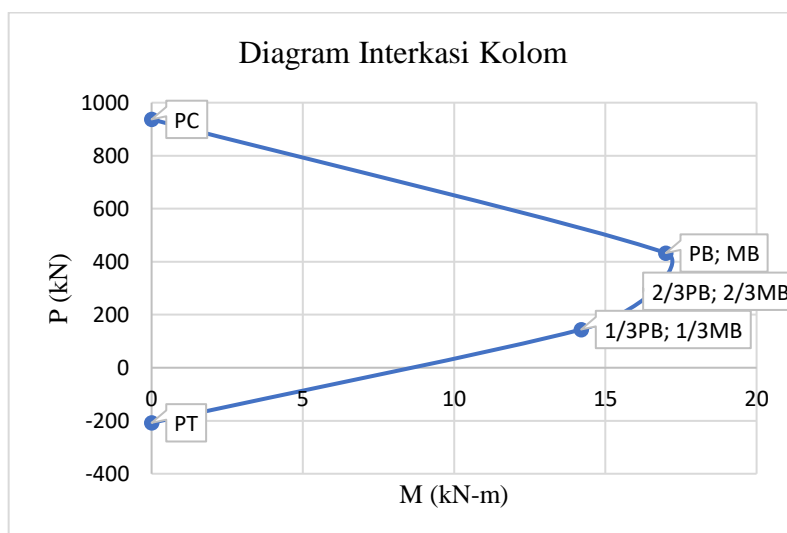
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2572,7	-	-
PB	1038,7	MB	104,3
(1/3)*PB	346,2	(1/3)*MB	76,4
(2/3)*PB	692,5	(2/3)*MB	97,4



Gambar L.4: Diagram interaksi kolom.

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

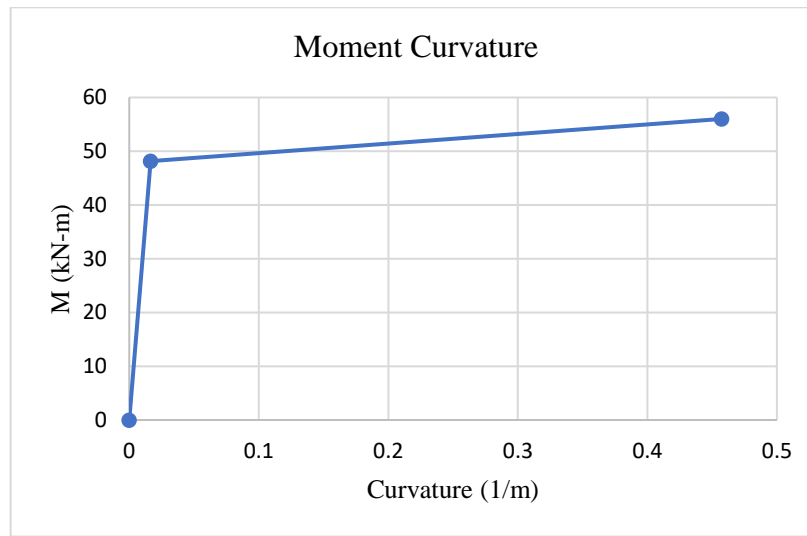
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.5: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.72: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 2.

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

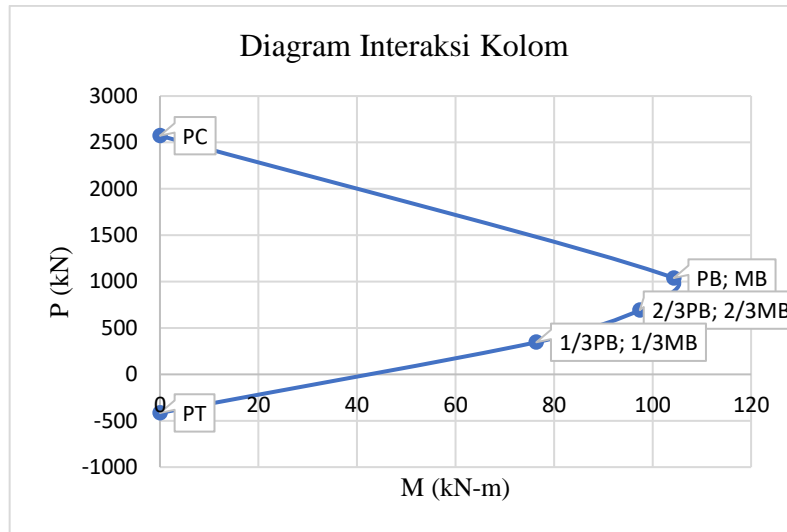


Gambar L.6: *Moment curvature* pada balok

A.10.3. Model 3

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

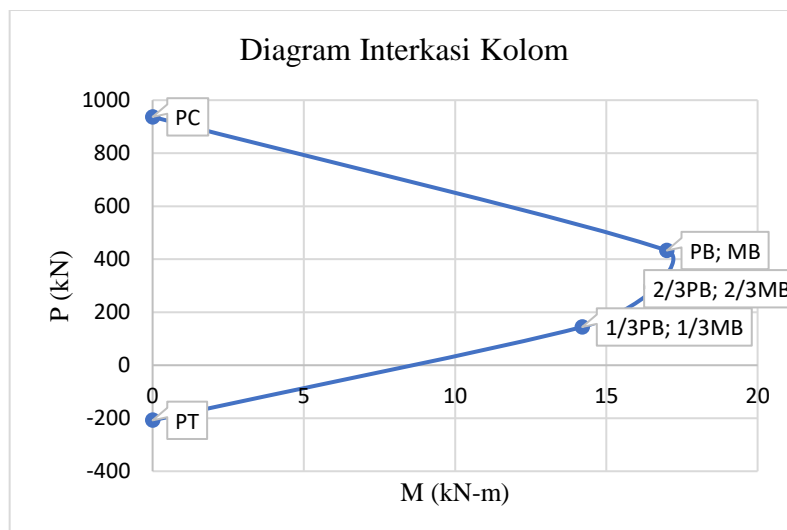
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2572,7	-	-
PB	1038,7	MB	104,3
(1/3)*PB	346,2	(1/3)*MB	76,4
(2/3)*PB	692,5	(2/3)*MB	97,4



Gambar L.7: Diagram interaksi kolom.

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

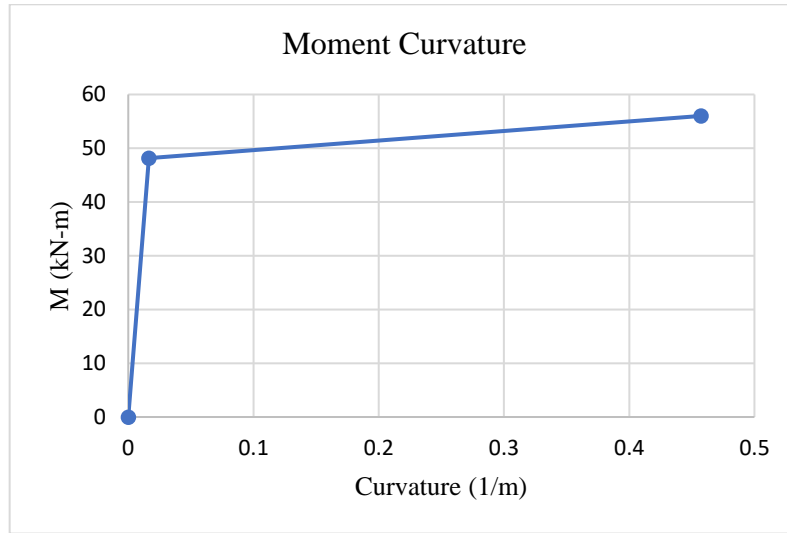
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.8: Diagram interaksi kolom.

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

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

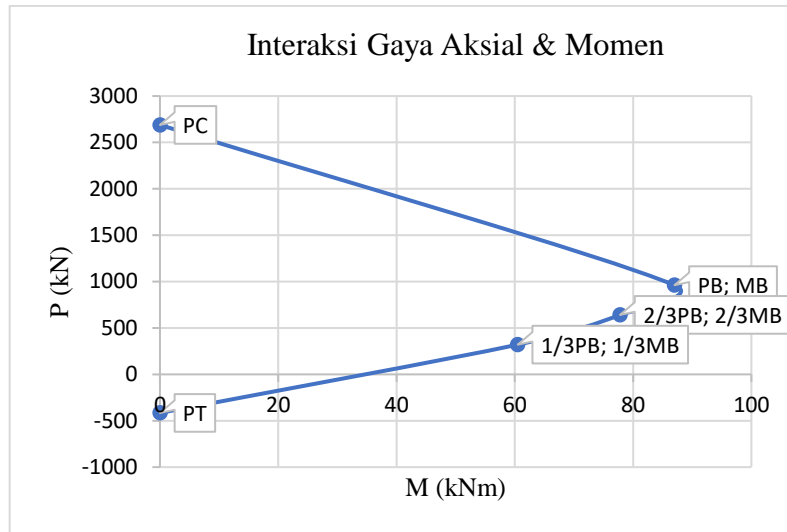


Gambar L.9: *Moment curvature* pada balok.

A.10.4. Model 4

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

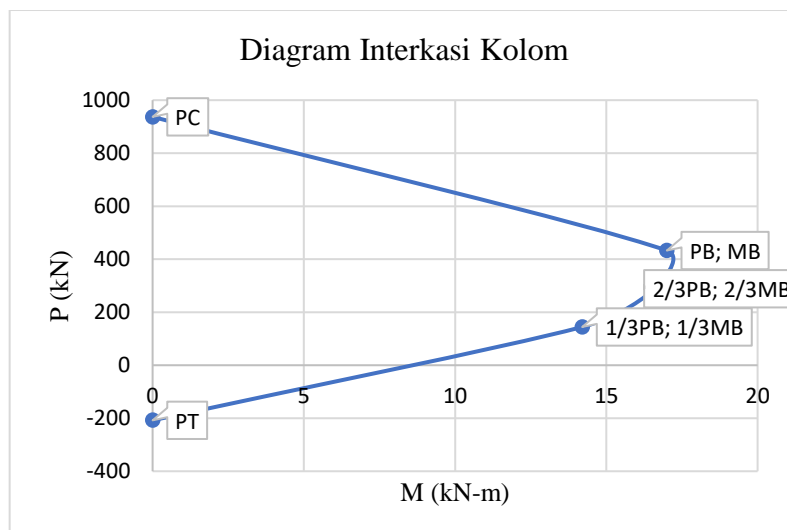
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2688,8	-	-
PB	961,8	MB	87
(1/3)*PB	320,6	(1/3)*MB	60,5
(2/3)*PB	641,2	(2/3)*MB	77,8



Gambar L.10: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.77: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 4.

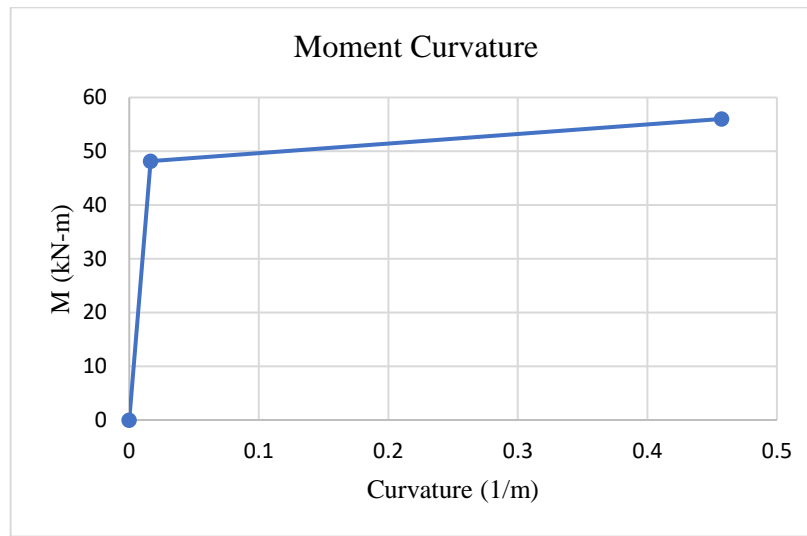
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.11: Diagram interaksi kolom.

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

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

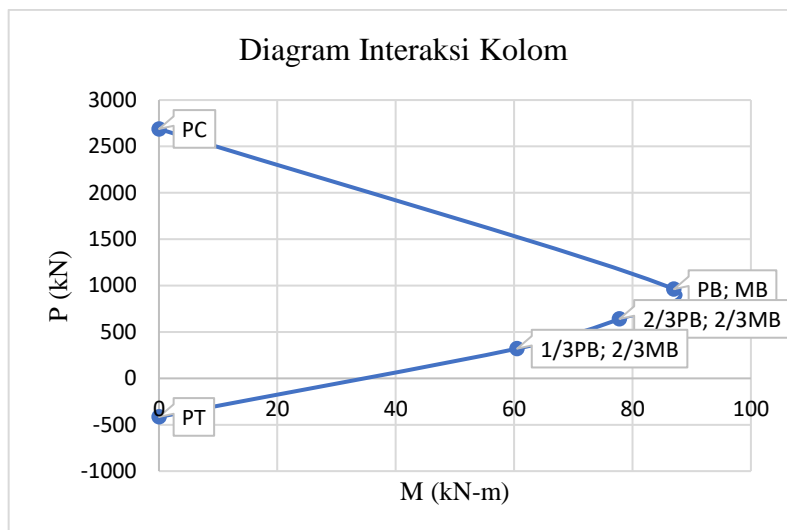


Gambar L.12: *Moment curvature* pada balok.

A.10.5. Model 5

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

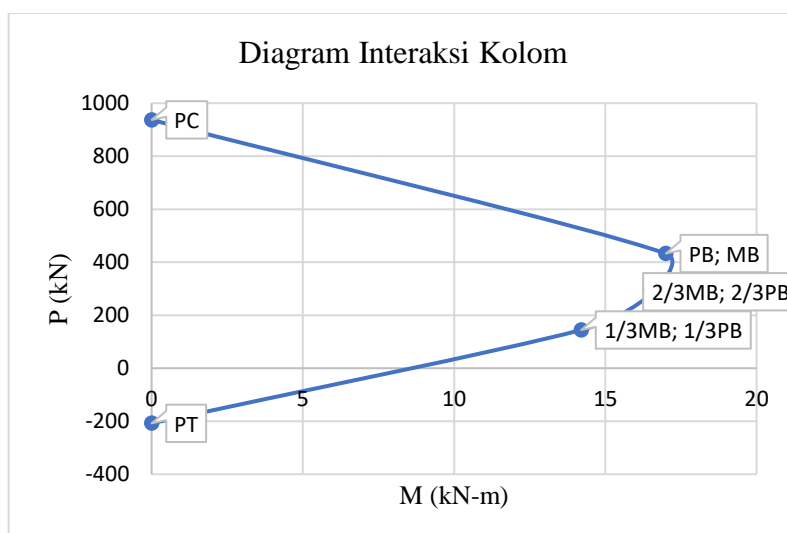
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2688,8	-	-
PB	961,8	MB	
(1/3)*PB	320,6	(1/3)*MB	60,5
(2/3)*PB	641,2	(2/3)*MB	77,8



Gambar L.13: Diagram interaksi kolom.

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

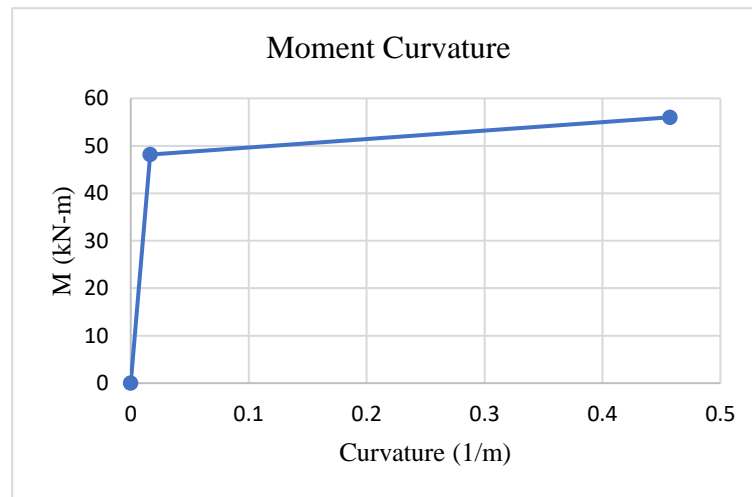
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.14: Diagram interaksi kolom.

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

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



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

A.11. 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.11.1 Story Drift

1. Model 1

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

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB1	Base	0	0
	1	3,646	3,791
	2	3,618	3,421
GB2	Base	0	0
	1	3,618	1,318
	2	2,227	1,154

Tabel L.83: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB3	Base	0	0
	1	1,843	1,932
	2	2,157	1,562
GB4	Base	0	0
	1	12,94	27,11
	2	32,62	39,86
GB5	Base	0	0
	1	2,257	44,95
	2	5,716	66,37
GB6	Base	0	0
	1	2,237	11,16
	2	2,145	14,17
GB7	Base	0	0
	1	3,968	3,113
	2	3,116	2,913
GB8	Base	0	0
	1	0,3841	10,91
	2	0,3456	7,021
GB9	Base	0	0
	1	1,772	16,43
	2	1,849	11,15
GB10	Base	0	0
	1	4,947	4,197
	2	3,137	3,957
GB11	Base	0	0
	1	0,899	5,959
	2	0,7864	8,267
GB12	Base	0	0
	1	0,9084	15,36
	2	1,259	8,849
GB13	Base	0	0
	1	3,205	17,2
	2	8,026	25,92
GB14	Base	0	0
	1	8,74	83,45
	2	23,12	123

Tabel L.83: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB15	Base	0	0
	1	0,7372	5,115
	2	0,5903	3,274
GB16	Base	0	0
	1	3,984	5,027
	2	4,221	6,384
GB17	Base	0	0
	1	6,788	16,25
	2	5,052	11,15
GB18	Base	0	0
	1	7,801	3,996
	2	6,27	2,806
GB19	Base	0	0
	1	1,714	1,469
	2	1,321	1,104
GB20	Base	0	0
	1	4,213	1,766
	2	3,088	1,386
GB21	Base	0	0
	1	3,263	9,726
	2	2,727	7,273
GB22	Base	0	0
	1	0,8877	9,587
	2	0,6371	8,957
GB23	Base	0	0
	1	0,8525	0,6864
	2	0,7517	1,004
GB24	Base	0	0
	1	0,3255	1,104
	2	0,3176	1,177
GB25	Base	0	0
	1	0,6568	1,853
	2	0,8682	1,879

2. Model 2

Tabel L.84: *Story Drift* untuk Model 2

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB1	Base	0	0
	1	0,1018	0,1173
	2	0,1063	0,1238
GB2	Base	0	0
	1	5,2200	2,4110
	2	7,4090	1,0930
GB3	Base	0	0
	1	2,3780	8,7990
	2	3,2260	5,6760
GB4	Base	0	0
	1	47,2200	27,7400
	2	119,4000	41,0300
GB5	Base	0	0
	1	24,9500	73,3100
	2	62,8400	106,3000
GB6	Base	0	0
	1	1,9700	17,2500
	2	2,6570	14,5500
GB7	Base	0	0
	1	3,5100	4,0150
	2	3,6900	3,0280
GB8	Base	0	0
	1	0,3436	13,9000
	2	0,3484	9,5480
GB9	Base	0	0
	1	1,4130	1,1640
	2	1,4430	0,8050
GB10	Base	0	0
	1	2,1570	5,2990
	2	2,4050	4,2870
GB11	Base	0	0
	1	0,9164	6,7940
	2	0,9213	11,0300
GB12	Base	0	0
	1	1,2240	8,4180
	2	1,2430	4,3190

Tabel L.84: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB13	Base	0	0
	1	17,5600	17,5700
	2	46,0400	26,4500
GB14	Base	0	0
	1	57,0700	89,0900
	2	138,6000	130,1000
GB15	Base	0	0
	1	1,0400	2,8120
	2	1,0090	2,5320
GB16	Base	0	0
	1	3,1950	2,8380
	2	3,9670	2,7800
GB17	Base	0	0
	1	3,6650	2,8200
	2	3,9950	2,6840
GB18	Base	0	0
	1	4,5950	5,5020
	2	5,2200	5,6340
GB19	Base	0	0
	1	2,4900	0,8083
	2	2,4470	0,6548
GB20	Base	0	0
	1	4,5020	3,6390
	2	4,5960	3,3420
GB21	Base	0	0
	1	1,2940	1,0330
	2	1,4910	1,1270
GB22	Base	0	0
	1	0,8145	7,3510
	2	0,8094	5,4110
GB23	Base	0	0
	1	2,3080	1,9820
	2	4,5670	1,9890
GB24	Base	0	0
	1	0,2985	0,9101
	2	0,2984	0,9695
GB25	Base	0	0
	1	1,5490	3,5110
	2	2,2250	3,6210

3. Model 3

Tabel L.85: *Story Drift* untuk Model 3.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB1	Base	0	0
	1	1,4750	5,7800
	2	1,5360	3,4960
GB2	Base	0	0
	1	5,4700	3,0170
	2	5,6920	2,7930
GB3	Base	0	0
	1	2,0260	5,9160
	2	2,4940	5,9610
GB4	Base	0	0
	1	38,6100	121,0000
	2	96,7200	176,7000
GB5	Base	0	0
	1	16,3600	57,7900
	2	41,5800	84,9100
GB6	Base	0	0
	1	0,9452	12,3600
	2	1,1380	15,3700
GB7	Base	0	0
	1	2,7200	3,2260
	2	2,6130	2,5130
GB8	Base	0	0
	1	0,5445	1,5110
	2	2,0880	0,2919
GB9	Base	0	0
	1	2,3030	1,0640
	2	2,6430	1,0890
GB10	Base	0	0
	1	3,8720	8,9280
	2	3,3400	13,7400
GB11	Base	0	0
	1	1,5460	13,8400
	2	1,6060	20,3400
GB12	Base	0	0
	1	1,5960	8,2540
	2	1,8270	7,8330

Tabel L.85: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB13	Base	0	0
	1	21,4100	92,7200
	2	52,4400	135,8000
GB14	Base	0	0
	1	31,5400	270,1000
	2	80,9800	394,5000
GB15	Base	0	0
	1	0,9044	7,9290
	2	0,7844	5,9230
GB16	Base	0	0
	1	3,8480	4,3790
	2	4,4790	4,8880
GB17	Base	0	0
	1	8,5310	3,4600
	2	9,1490	1,5440
GB18	Base	0	0
	1	3,6030	34,6100
	2	3,6410	22,5100
GB19	Base	0	0
	1	2,7030	1,9270
	2	2,4120	0,8257
GB20	Base	0	0
	1	4,6560	2,7510
	2	4,3140	1,9090
GB21	Base	0	0
	1	0,6003	11,0000
	2	0,6329	6,5330
GB22	Base	0	0
	1	0,5246	8,5120
	2	0,4741	5,5410
GB23	Base	0	0
	1	1,0370	3,5680
	2	1,1720	3,6830
GB24	Base	0	0
	1	0,3925	0,6521
	2	0,3896	0,6563
GB25	Base	0	0
	1	1,5560	2,9170
	2	1,6090	3,0380

4. Model 4

Tabel L.86: *Story Drift* untuk Model 4.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB1	Base	0	0
	1	0,8289	4,6590
	2	0,6938	5,0250
GB2	Base	0	0
	1	0,4208	3,7400
	2	0,5367	3,5790
GB3	Base	0	0
	1	1,4130	8,5270
	2	1,3550	7,7740
GB4	Base	0	0
	1	7,8240	3,3470
	2	16,1600	3,8740
GB5	Base	0	0
	1	2,2210	4,7720
	2	3,5330	5,0720
GB6	Base	0	0
	1	0,9886	6,6000
	2	0,9003	9,5280
GB7	Base	0	0
	1	3,0810	3,4000
	2	2,4740	2,0940
GB8	Base	0	0
	1	0,1962	5,3590
	2	0,1688	4,6460
GB9	Base	0	0
	1	1,8360	8,4920
	2	2,2680	7,6250
GB10	Base	0	0
	1	5,5810	2,5620
	2	5,8420	2,1810
GB11	Base	0	0
	1	0,8886	3,6030
	2	0,9043	3,6350
GB12	Base	0	0
	1	2,1100	1,1240
	2	2,7090	1,0970

Tabel L.86: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB13	Base	0	0
	1	4,1270	3,3230
	2	6,6740	3,2870
GB14	Base	0	0
	1	5,1010	12,8800
	2	6,9780	10,9400
GB15	Base	0	0
	1	0,6765	1,4100
	2	0,6301	1,4640
GB16	Base	0	0
	1	2,8970	5,5790
	2	2,83	4,1320
GB17	Base	0	0
	1	1,6490	1,7120
	2	1,6530	0,5058
GB18	Base	0	0
	1	3,6620	6,0500
	2	3,3240	6,1330
GB19	Base	0	0
	1	3,7980	1,3660
	2	3,3960	1,7940
GB20	Base	0	0
	1	3,9860	2,0180
	2	3,1240	2,0300
GB21	Base	0	0
	1	1,9290	0,7693
	2	1,9930	0,8754
GB22	Base	0	0
	1	1,6210	5,9820
	2	1,2630	5,5280
GB23	Base	0	0
	1	1,4360	0,7777
	2	1,1870	0,7384
GB24	Base	0	0
	1	0,4487	1,2490
	2	0,4405	1,2240
GB25	Base	0	0
	1	0,4864	9,6800
	2	0,6160	8,2140

5. Model 5

Tabel L.87: *Story Drift* untuk Model 5.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB1	Base	0	0
	1	3,8110	3,3070
	2	3,0200	18,2200
GB2	Base	0	0
	1	1,1800	8,4830
	2	1,8580	8,0880
GB3	Base	0	0
	1	1,8490	10,4000
	2	1,5920	14,2000
GB4	Base	0	0
	1	0,2528	5,0420
	2	0,2676	2,2850
GB5	Base	0	0
	1	0,1292	18,1100
	2	0,1162	13,8900
GB6	Base	0	0
	1	0,5049	19,4400
	2	0,5497	11,0900
GB7	Base	0	0
	1	1,7260	2,2100
	2	1,6900	2,7250
GB8	Base	0	0
	1	0,8633	1,1830
	2	1,0540	1,0800
GB9	Base	0	0
	1	1,1000	0,8885
	2	1,9950	0,9388
GB10	Base	0	0
	1	0,6294	14,2500
	2	0,7481	17,2300
GB11	Base	0	0
	1	0,9343	19,7100
	2	1,7770	31,6600
GB12	Base	0	0
	1	0,7436	7,2090
	2	0,7913	15,4600

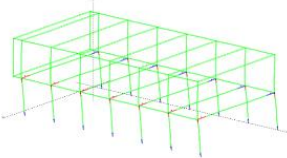
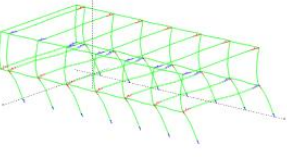
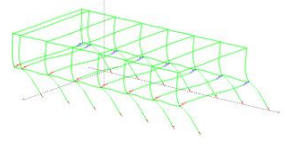
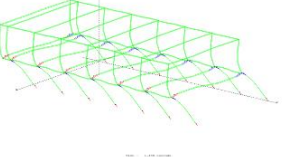
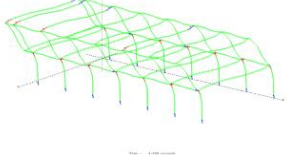
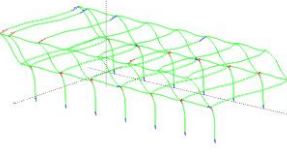
Tabel L.87: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan (cm) Arah X	Perpindahan (cm) Arah Y
GB13	Base	0	0
	1	0,1035	6,7020
	2	0,1058	6,0820
GB14	Base	0	0
	1	0,2477	8,2130
	2	0,4761	6,9440
GB15	Base	0	0
	1	1,3440	4,0950
	2	1,8340	2,5390
GB16	Base	0	0
	1	0,3740	4,2480
	2	0,2378	13,2200
GB17	Base	0	0
	1	0,4592	11,4100
	2	0,5514	0,0512
GB18	Base	0	0
	1	0,7873	3,4140
	2	0,5316	3,0860
GB19	Base	0	0
	1	0,7841	6,7080
	2	1,0500	7,3460
GB20	Base	0	0
	1	0,6569	23,1500
	2	0,2585	48,4200
GB21	Base	0	0
	1	1,2040	2,1270
	2	1,2090	2,2430
GB22	Base	0	0
	1	2,4280	3,4950
	2	1,9680	8,1740
GB23	Base	0	0
	1	1,5460	3,7370
	2	1,7070	11,7800
GB24	Base	0	0
	1	4,5760	11,9000
	2	4,2530	8,3000
GB25	Base	0	0
	1	3,2130	3,4080
	2	6,1250	3,2770

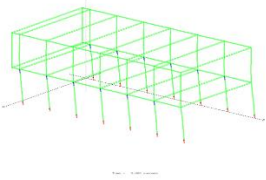
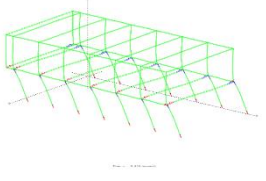
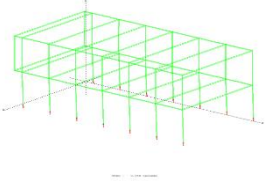
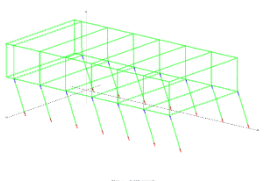
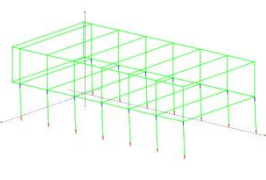
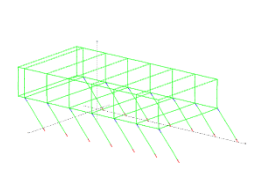
A.11.2. Pola Keruntuhan

1. Model 1

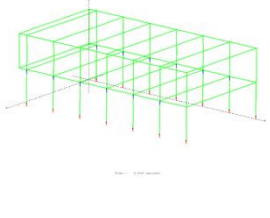
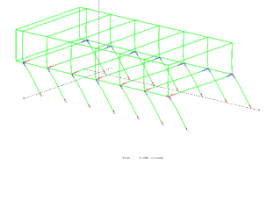
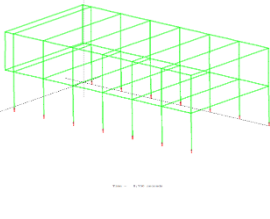
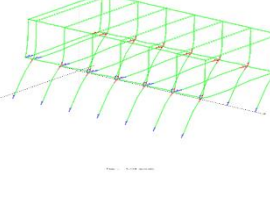
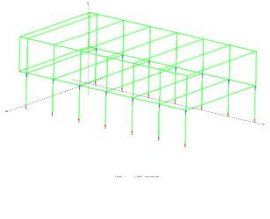
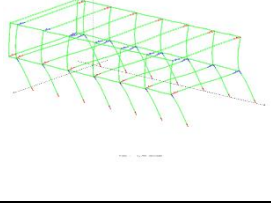
Tabel L.88: Pola keruntuhan untuk Model Ruko 1.

Rekaman gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB1	Elemen pertama yang mengalami sendi plastis	Kolom lantai dasar	-	1,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ belakang	2,10	
GB2	Elemen pertama yang mengalami sendi plastis	Kolom lantai dasar	-	1,25	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ belakang	1,45	
GB3	Elemen pertama yang mengalami sendi plastis	Kolom lantai dasar	-	4,00	
	<i>Soft story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ belakang	4,00	

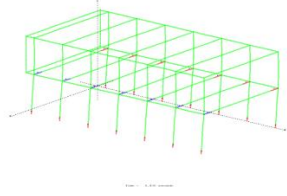
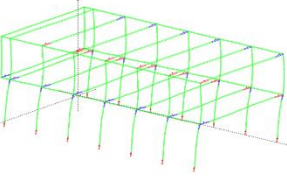
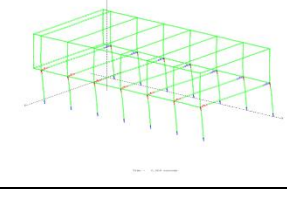
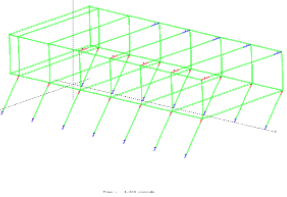
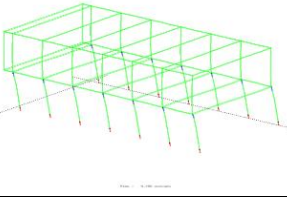
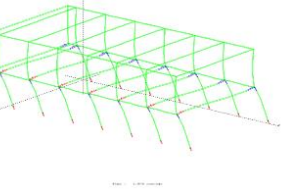
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	0,85	
GB5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,35	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	0,95	
GB6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,30	

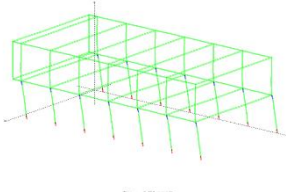
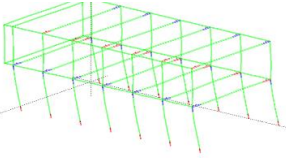
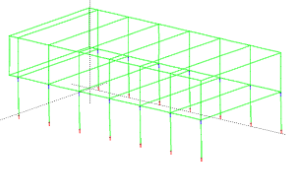
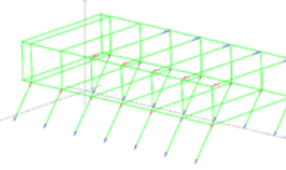
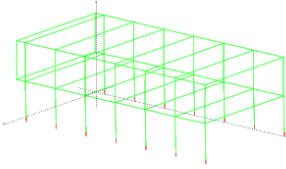
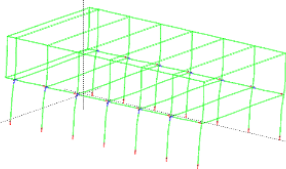
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,60	
GB8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,75	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,15	
GB9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,75	

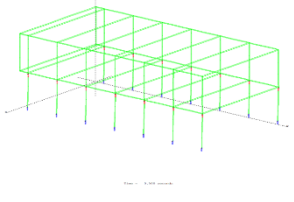
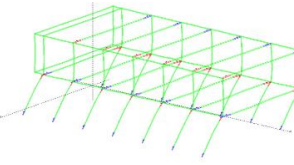
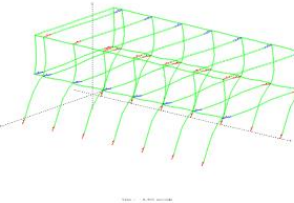
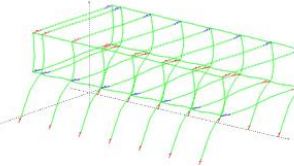
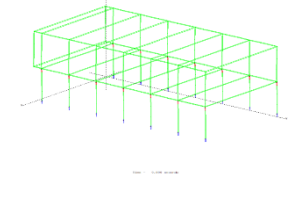
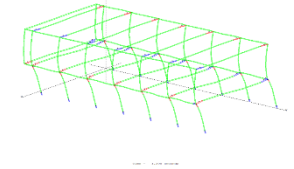
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,75	
GB11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	
GB12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,00	

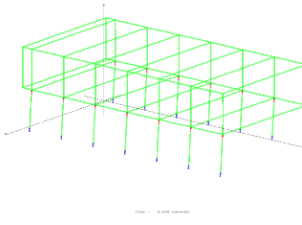
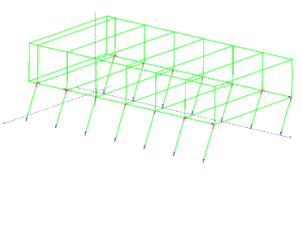
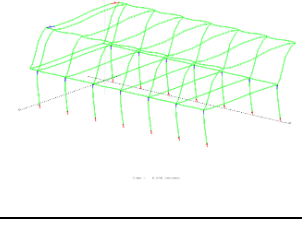
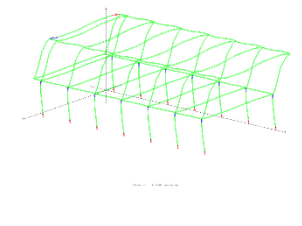
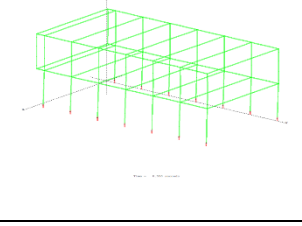
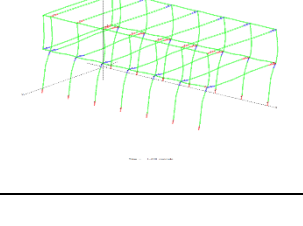
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB13	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,00	
GB14	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,55	
GB15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,60	

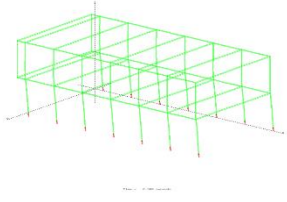
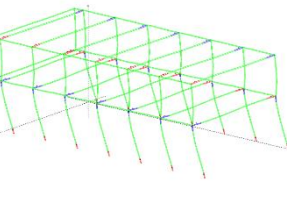
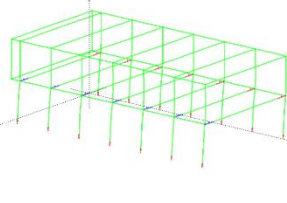
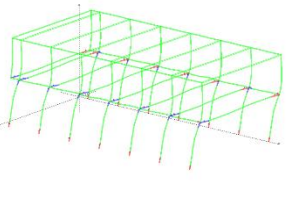
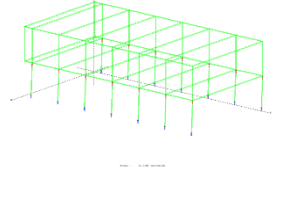
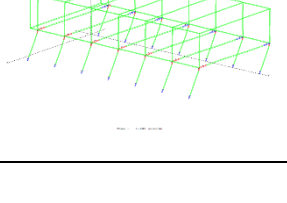
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB16	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,00	
GB17	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,90	
GB18	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,30	

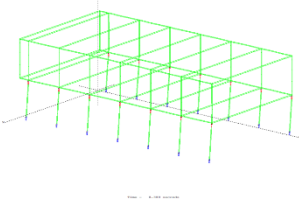
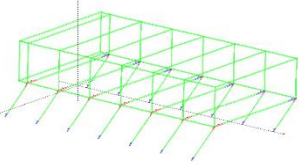
Tabel L.88: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB19	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	
GB20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	8,85	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	8,85	
GB21	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,55	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,20	

Tabel L.88: *Lanjutan.*

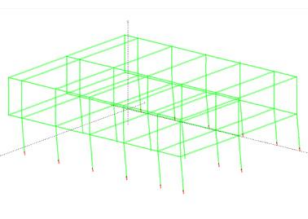
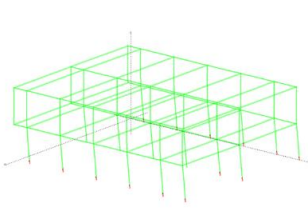
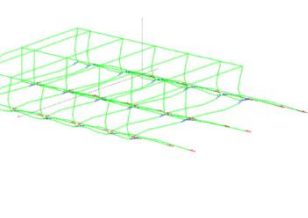
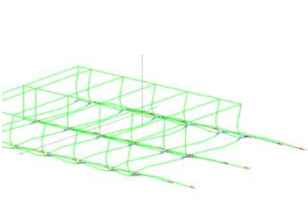
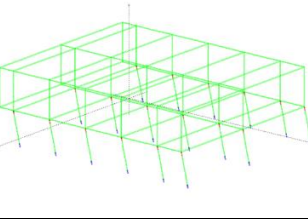
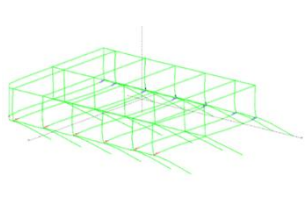
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB22	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,40	
GB23	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,10	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,90	
GB24	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,60	

Tabel L.88: *Lanjutan.*

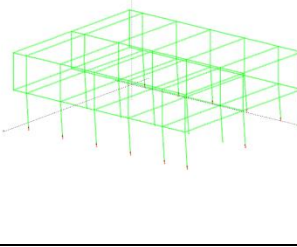
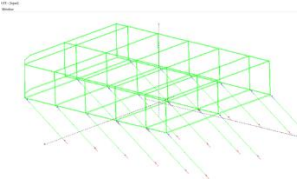
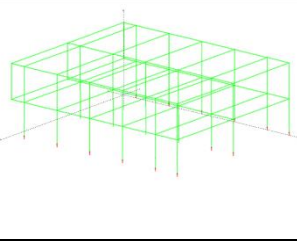
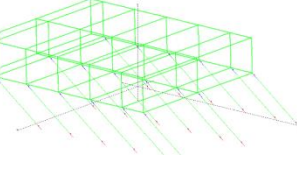
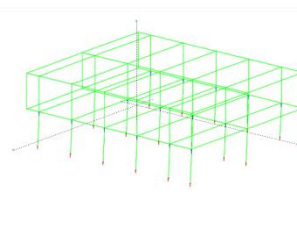
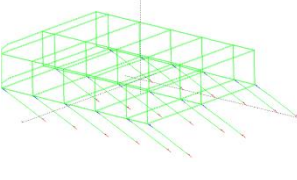
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)	Gambar
GB25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,60	

2. Model 2

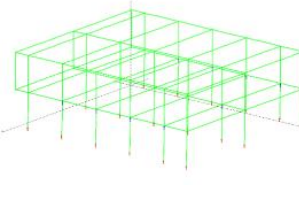
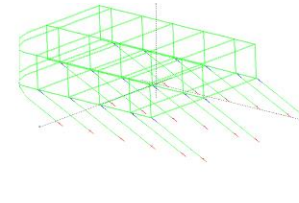
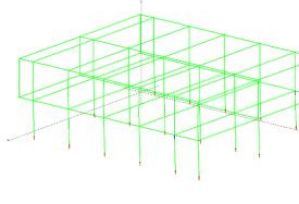
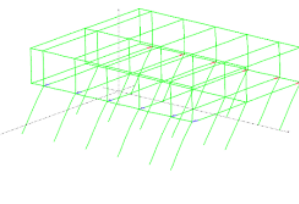
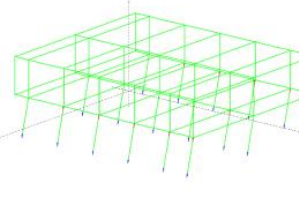
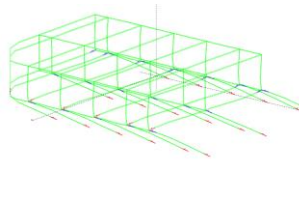
Tabel L.89: Pola keruntuhan untuk Model Ruko 2.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	3,90	
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	-	-	
GB2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	
GB3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,60	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	4,40	

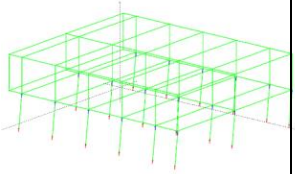
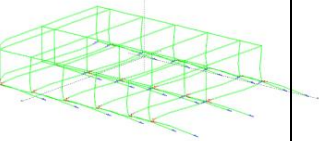
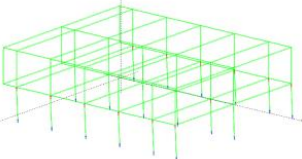
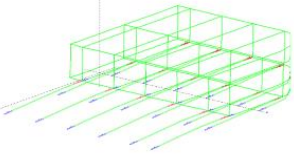
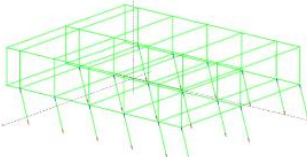
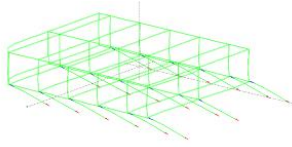
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,35	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	1,75	
GB5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,25	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	1,45	
GB6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	2,00	

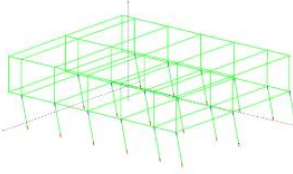
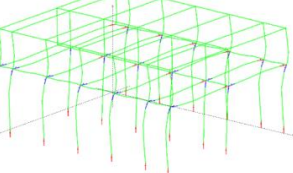
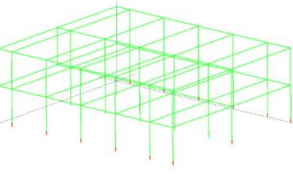
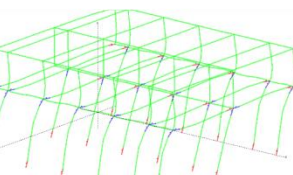
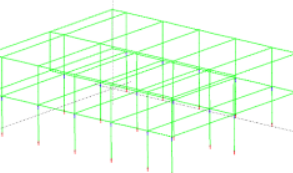
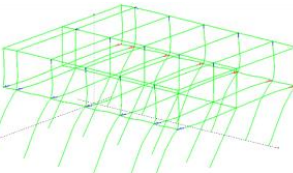
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,60	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	4,80	
GB8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,40	
GB9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	2,30	

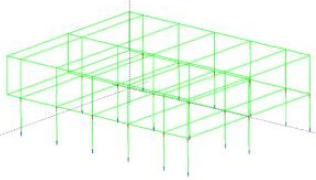
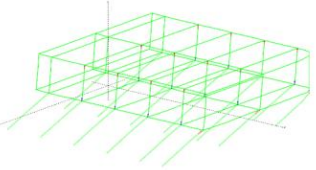
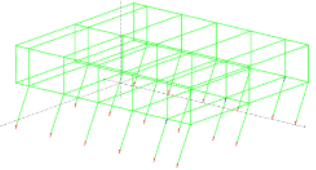
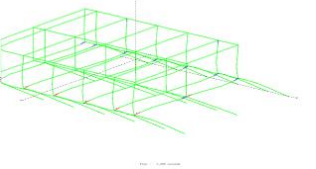
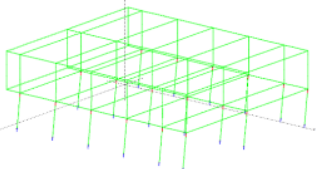
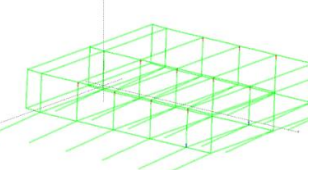
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,35	
GB11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,70	
GB12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	1,75	

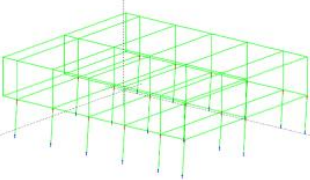
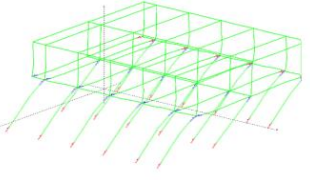
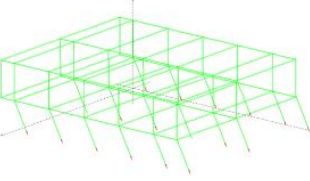
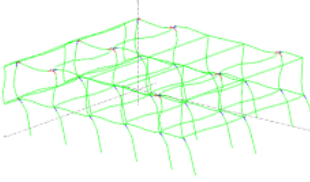
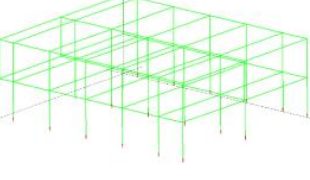
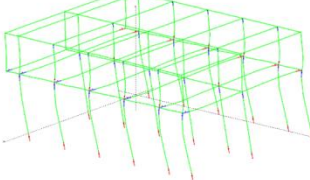
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB13	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,70	
GB14	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,15	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,85	
GB15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,80	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	5,00	

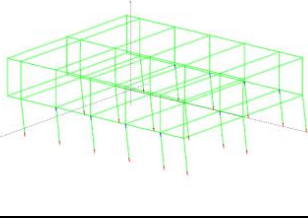
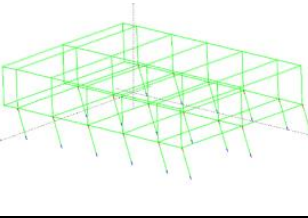
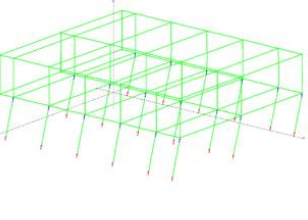
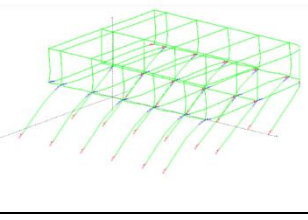
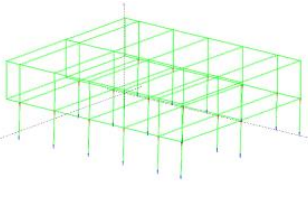
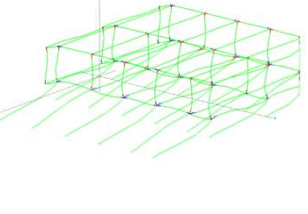
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB16	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	4,60	
GB17	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	1,20	
GB18	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,60	

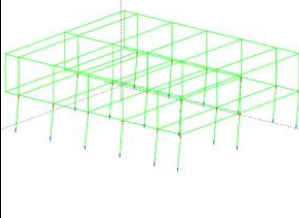
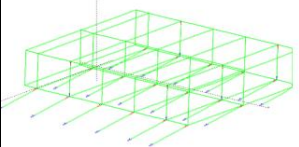
Tabel L.89: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB19	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,70	
GB20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	2,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	9,30	
GB21	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka	2,05	

Tabel L.89: *Lanjutan.*

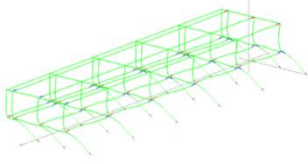
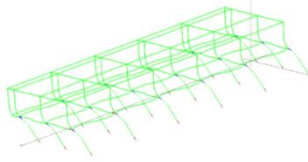
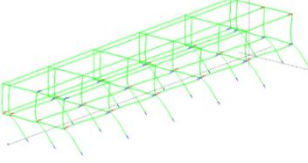
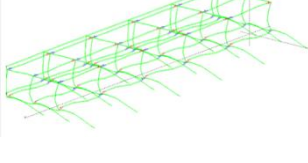
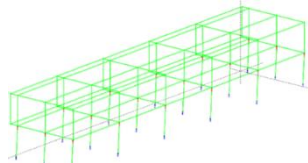
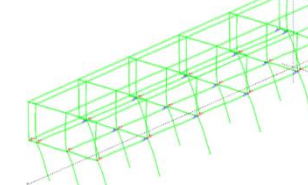
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB22	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	4,60	
GB23	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,90	
GB24	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,30	

Tabel L.89: *Lanjutan.*

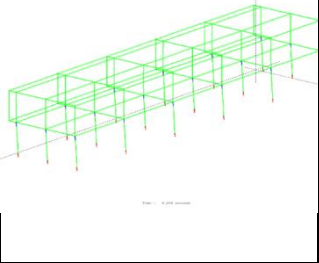
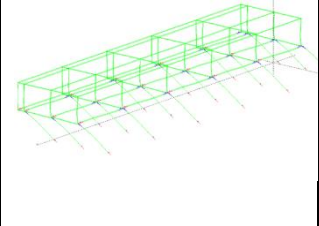
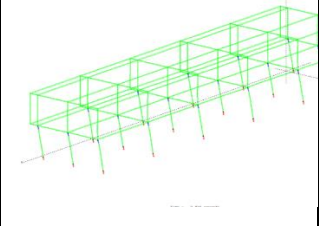
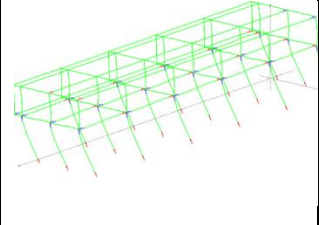
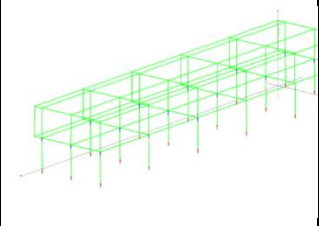
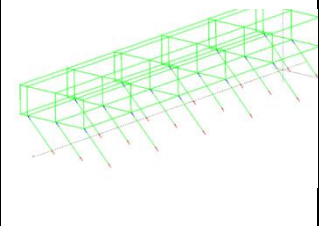
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)	Gambar
GB25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,50	

3. Model 3

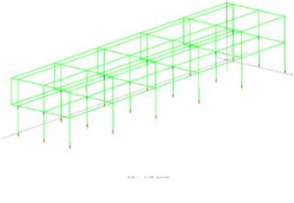
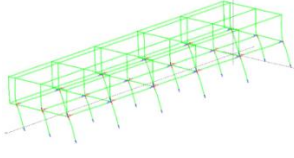
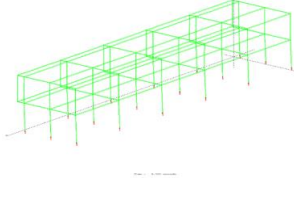
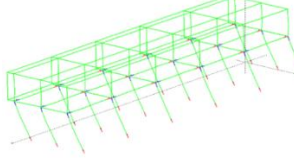
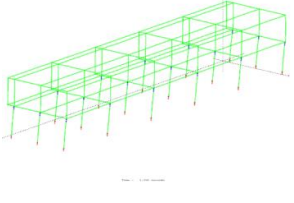
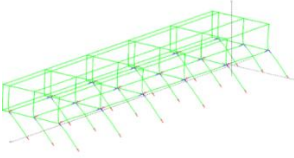
Tabel L.90: Pola keruntuhan untuk Model Ruko 3.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	3,0	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	4,6	
GB2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,75	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,0	
GB3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,1	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/Belakang	1,5	

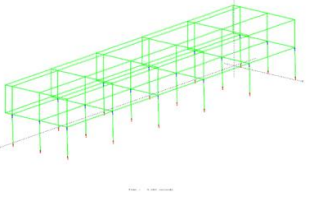
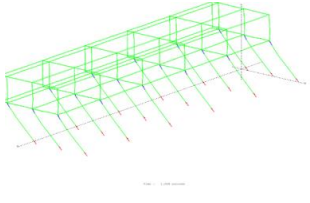
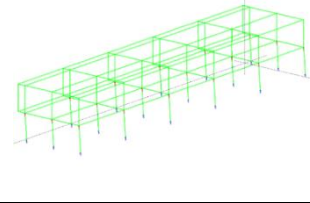
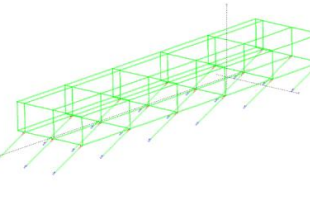
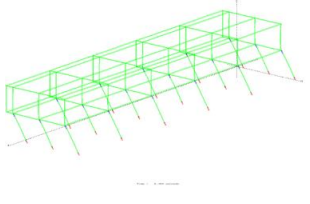
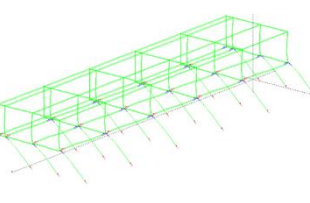
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,25	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/Belakang	0,85	
GB5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/Belakang	1,45	
GB6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/Belakang	2,20	

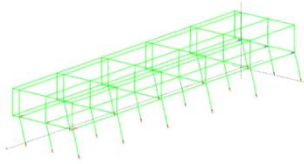
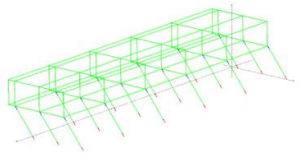
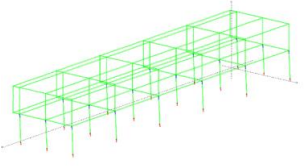
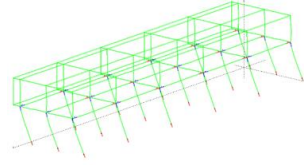
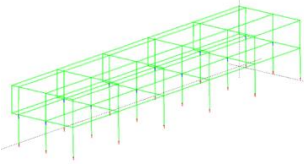
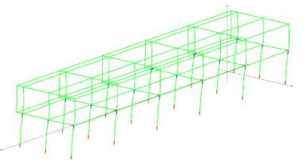
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,70	
GB8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,55	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,45	
GB9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,35	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,70	

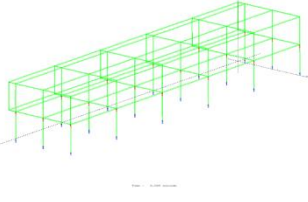
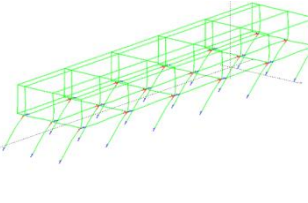
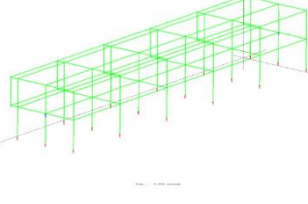
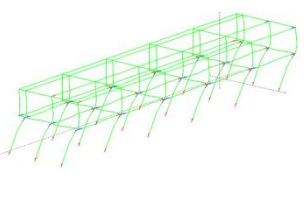
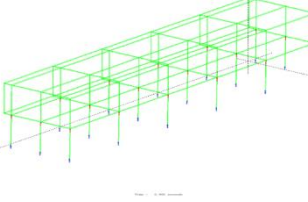
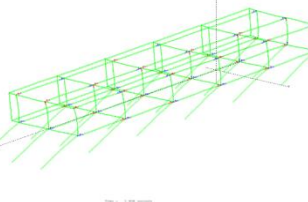
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,30	
GB11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,20	
GB12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,00	

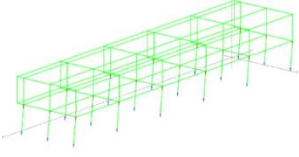
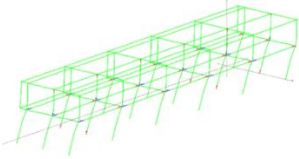
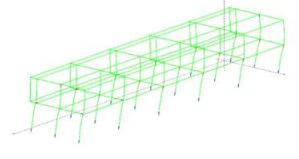
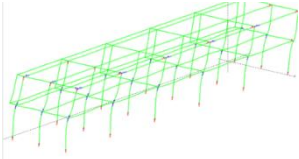
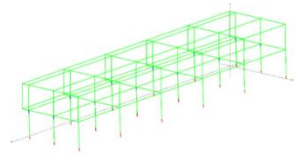
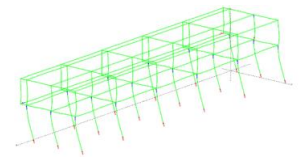
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB13	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	0,80	
GB14	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,15	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	0,50	
GB15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,80	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,60	

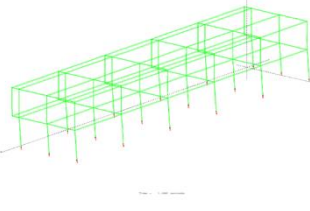
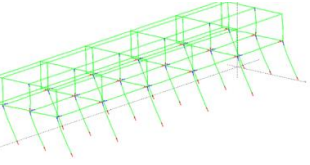
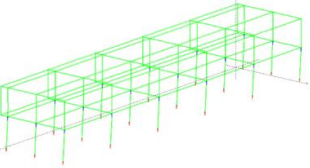
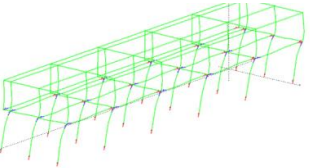
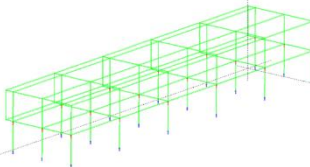
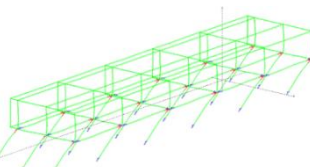
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB16	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,20	
GB17	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,55	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,80	
GB18	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,90	

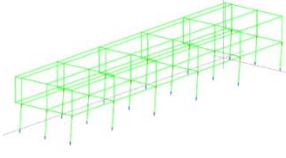
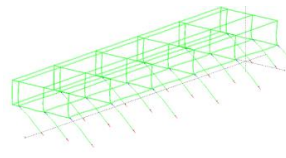
Tabel L.90: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB19	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,80	
GB20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	7,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	9,00	
GB21	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,75	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,70	

Tabel L.90: *Lanjutan.*

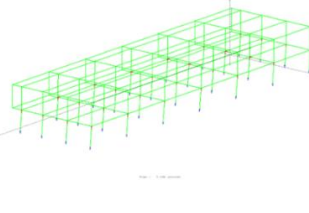
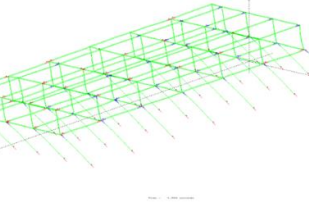
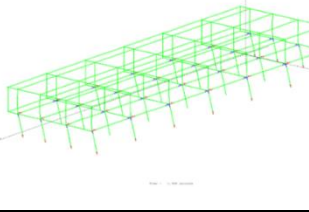
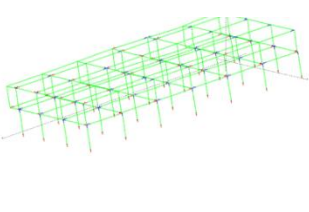
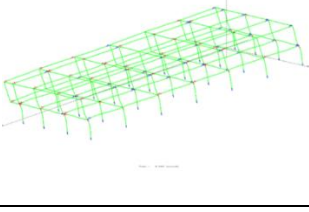
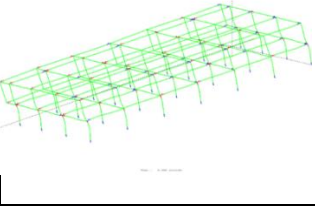
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB22	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,90	
GB23	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,90	
GB24	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,85	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,15	

Tabel L.90: *Lanjutan.*

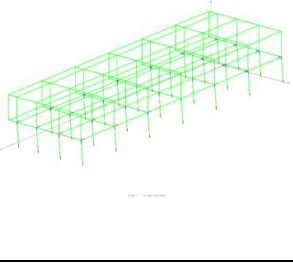
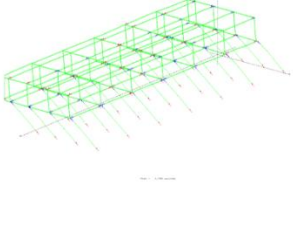
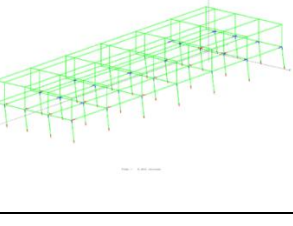
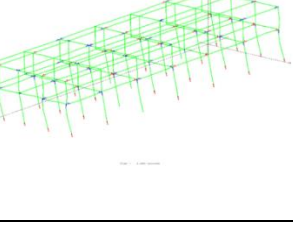
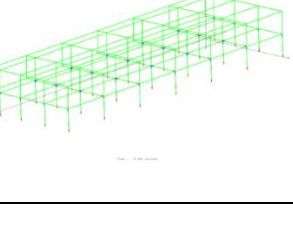
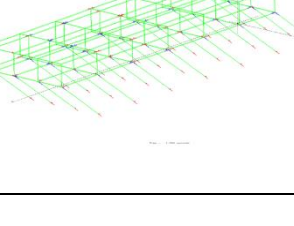
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)	Gambar
GB25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,70	

4. Model 4

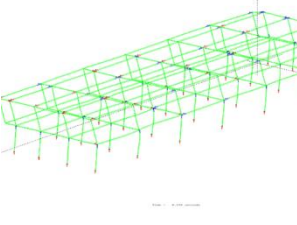
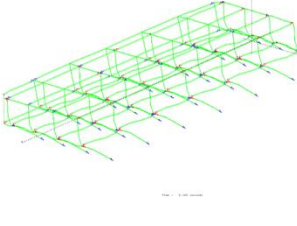
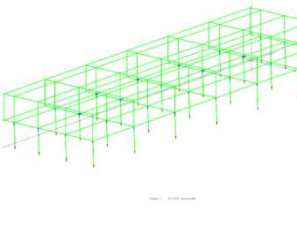
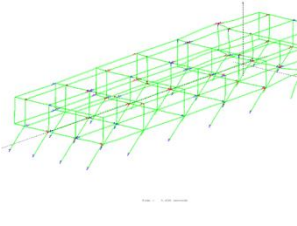
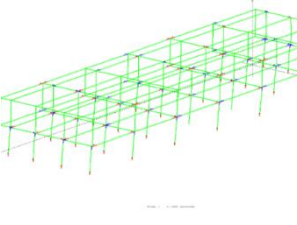
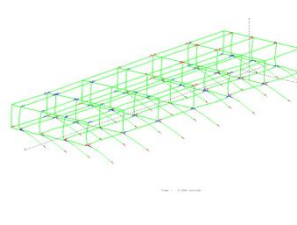
Tabel L.91: Pola keruntuhan untuk Model Ruko 4.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,10	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	3,90	
GB2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	3,10	
GB3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	4,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	4,00	

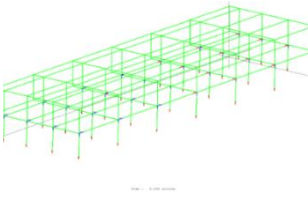
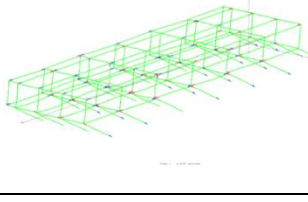
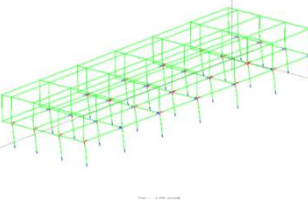
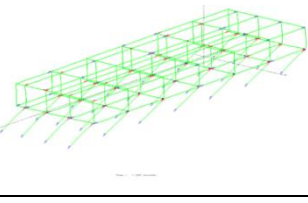
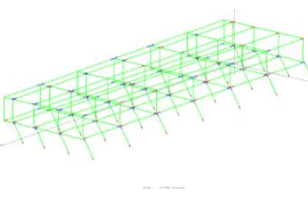
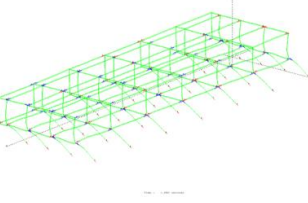
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,35	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,60	
GB5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,45	
GB6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,80	

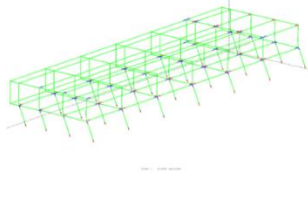
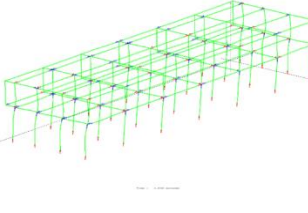
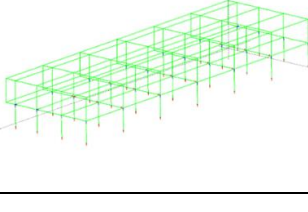
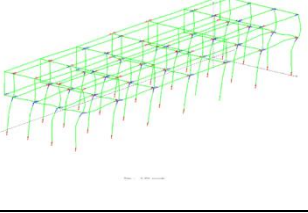
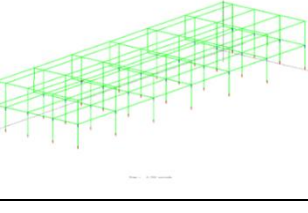
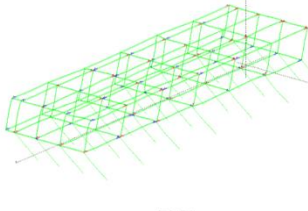
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	4,10	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	6,10	
GB8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,15	
GB9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,35	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,00	

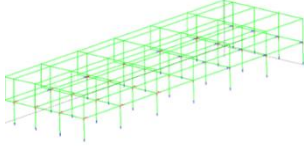
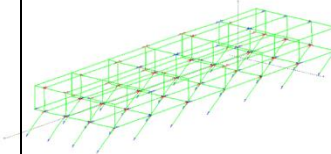
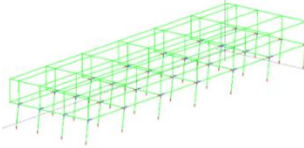
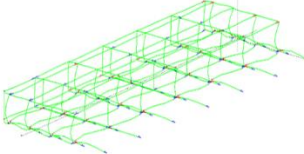
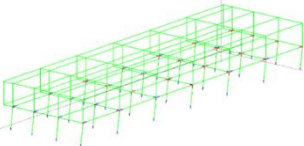
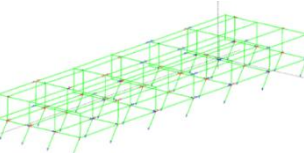
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,25	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,05	
GB11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,60	
GB12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,00	

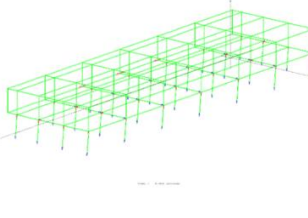
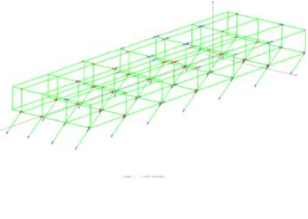
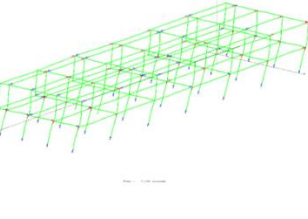
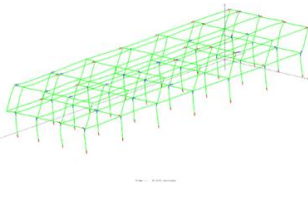
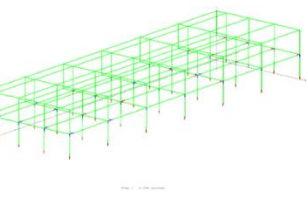
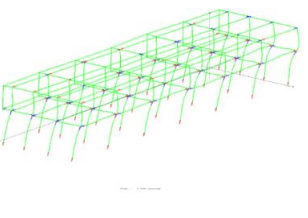
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB13	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,05	
GB14	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	0,95	
GB15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	5,70	

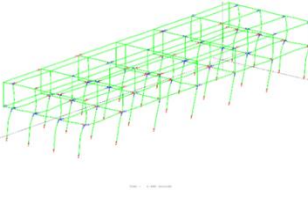
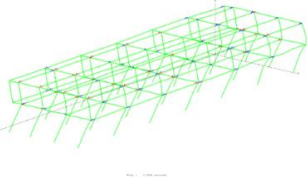
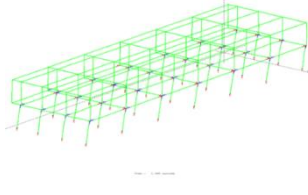
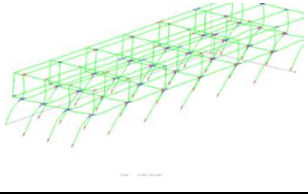
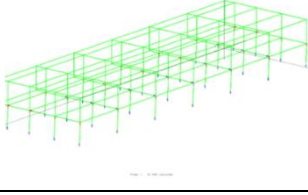
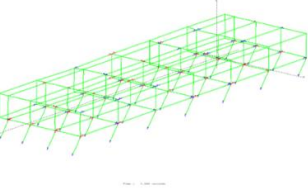
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB16	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,20	
GB17	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,75	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,80	
GB18	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	

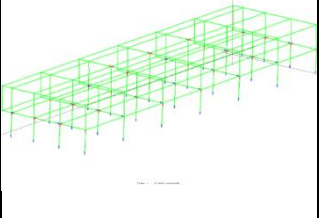
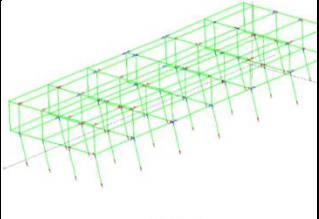
Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB19	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	
GB20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	7,15	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	9,10	
GB21	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,55	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,50	

Tabel L.91: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB22	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,10	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,40	
GB23	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,00	
GB24	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,60	

Tabel L.91: *Lanjutan.*

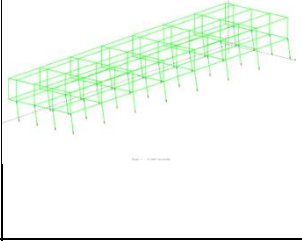
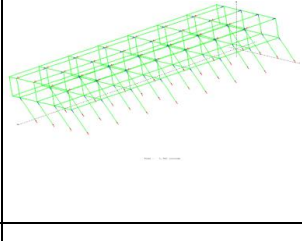
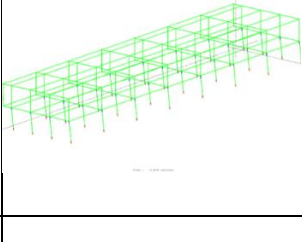
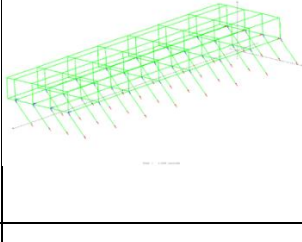
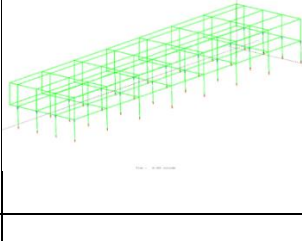
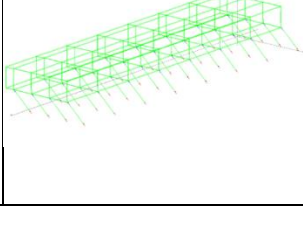
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)	Gambar
GB25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	3,10	

5. Model 5

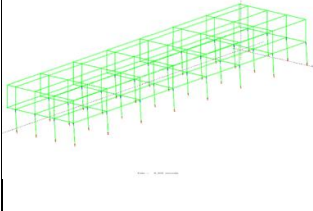
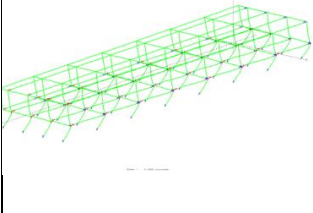
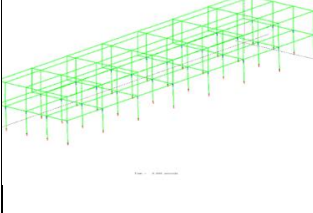
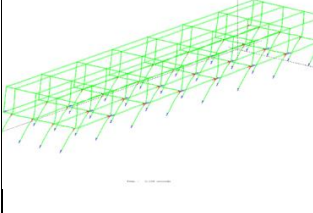
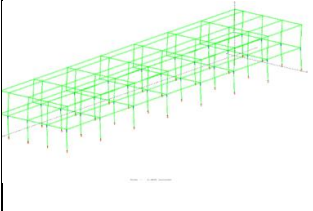
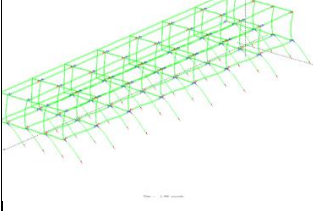
Tabel L.92: Pola keruntuhan untuk Model Ruko 5.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	2,10	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	2,60	
GB2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,55	
GB3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	4,80	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	5,00	

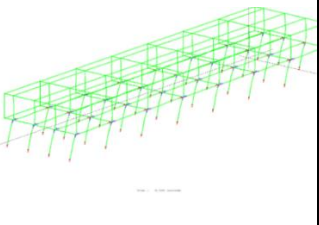
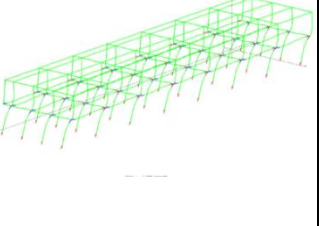
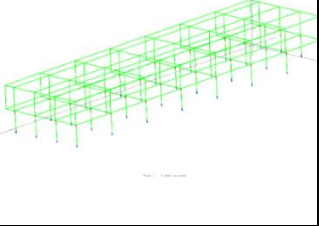
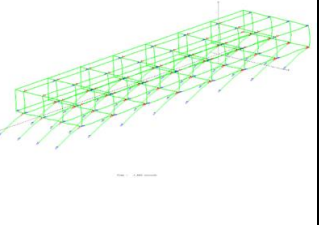
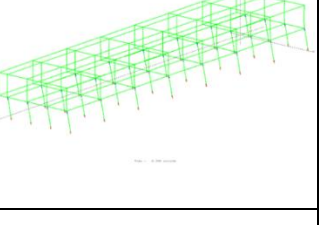
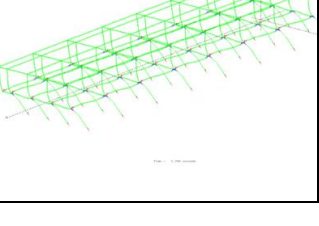
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,70	
GB5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,45	
GB6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,50	

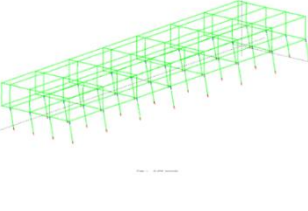
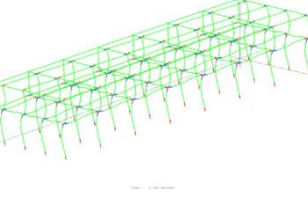
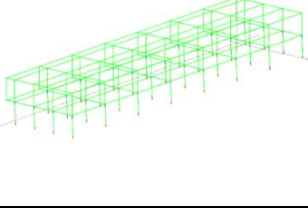
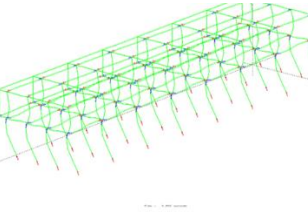
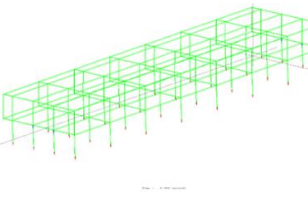
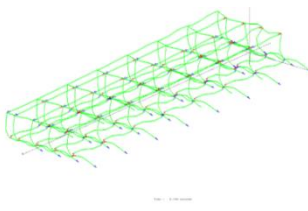
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,60	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,00	
GB8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,80	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	3,15	
GB9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,90	

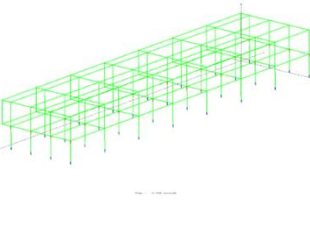
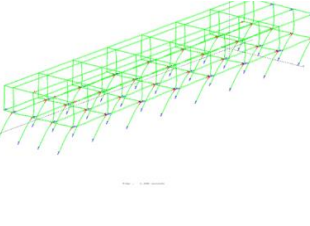
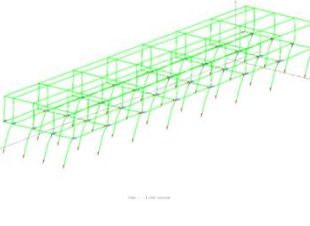
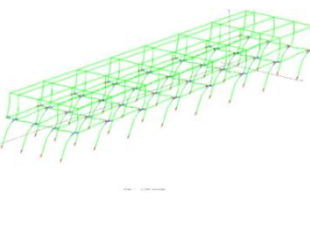
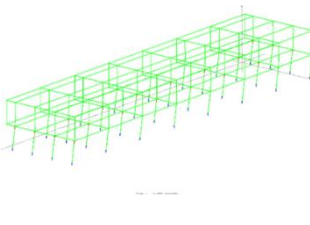
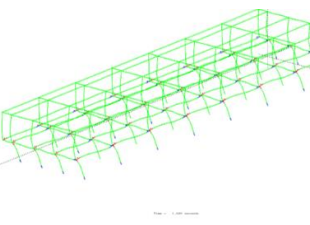
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,00	
GB11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,60	
GB12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	1,70	

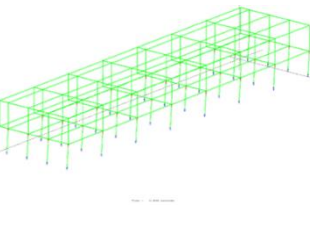
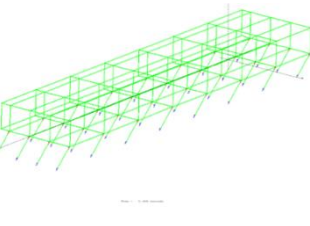
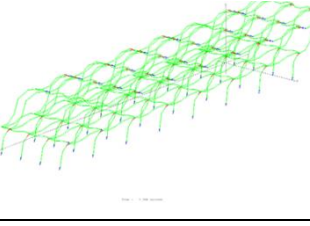
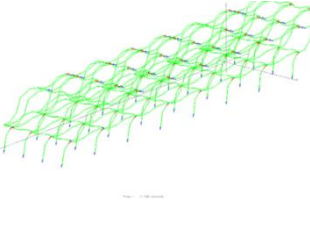
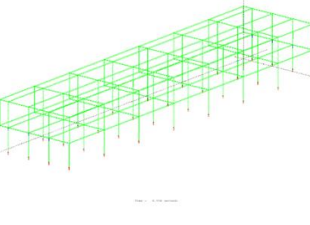
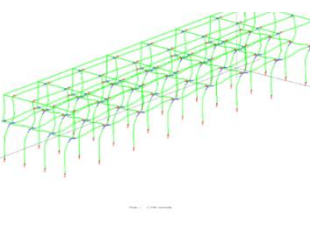
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB13	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,45	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,10	
GB14	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,20	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	0,85	
GB15	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,90	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	6,10	

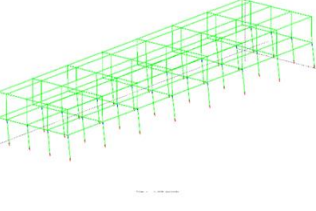
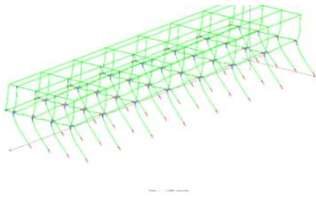
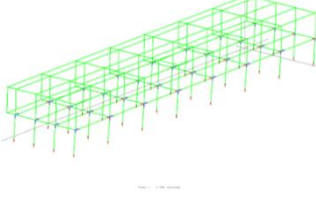
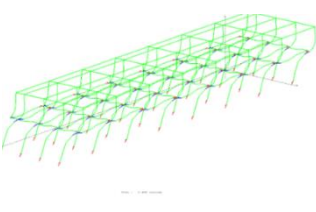
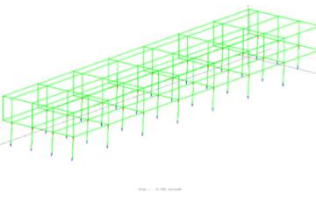
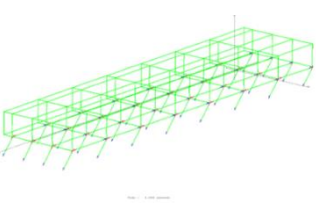
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB16	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,50	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,20	
GB17	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,05	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,50	
GB18	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,60	

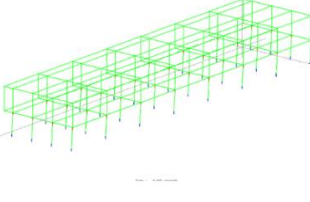
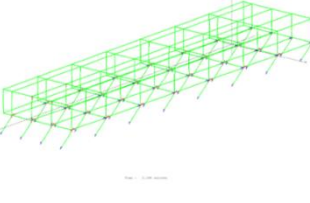
Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB19	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,30	
GB20	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	7,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	7,70	
GB21	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,55	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,55	

Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
GB22	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,00	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Muka/ Belakang	3,00	
GB23	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	1,30	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,40	
GB24	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,70	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	1,55	

Tabel L.92: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)	Gambar
GB25	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom lantai dasar	-	0,40	
	<i>Soft Story</i>	Kolom lantai dasar	Samping	2,10	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Ihsan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/30 Juli 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Menteng Indah VI E No 11
Agama : Islam
Nama Orang Tua
1. Ayah : (Alm) Muhammad Thamrin
2. Ibu : Yenny
No. Hp : 0812-6324-1688
E-Mail : icanihsan30@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD Negeri 060910 Medan	2011
2	SMP Negeri 8 Medan	2014
3	SMK Negeri 2 Medan	2017
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 s/d Selesai