

TUGAS AKHIR
EVALUASI KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT
GEMPA DEKAT MENGANDUNG *PULSE*
(STUDI KASUS)

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

Disusun oleh:

SEPTA PRANATA TARIGAN
1707210124



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Septa Pranata Tarigan

NPM : 1707210124

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa
Dekat Mengandung *Pulse* (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Oktober 2021

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Septa Pranata Tarigan
NPM : 1707210124
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa
Dekat Mengandung *Pulse* (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I



Sri Pratiwi, ST., M.T

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, ST., M.T

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 : Septa Pranta Tarigan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/06 September 1999
NPM : 1707210124
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Evaluasi Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Dekat Mengandung *Pulse* (Studi Kasus).”

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

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

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

Medan, Oktober 2021
Saya yang menyatakan,



Septa Pranta Tarigan

ABSTRAK

EVALUASI KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA DEKAT MENGANDUNG *PULSE* (STUDI KASUS)

Septa Pranata Tarigan

1707210124

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

Di Sumatera Utara, ada dua sesar yang menjadi sumber utama gempa tektonik yaitu sesar geser mendatar (*strike-slip*) Sumatera, di sepanjang jalur pegunungan Bukit Barisan, dan sesar lipatan (*subduction*) Sumatera di dasar lautan Hindia lepas pantai barat Sumatera. Untuk mengetahui bagaimana perilaku grafik *story drift* bila mengandung efek *pulse-non pulse* dan Untuk mengetahui probabilitas keruntuhan struktur bila terkena gempa dekat yang mengandung efek *pulse-non pulse*. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan struktur beton bertulang dengan system yang tahan terhadap gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*. Dalam penelitian ini, ada 3 model rumah toko (ruko) yang akan dianalisis. Analisis model ini dilakukan dengan cara linier dan non-linier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui simpangan antar lantai, simpangan atap, dan pola keruntuhan yang terjadi dari ke tiga model ruko yang terdapat di Kota Prapat. Dari hasil analisis data, dapat diambil kesimpulan: nilai maksimum untuk simpangan antar lantai dalam analisa nonlinear maupun analisa linear terjadi pada rekaman gempa *non pulse* untuk semua arah, dan untuk simpangan terbesar lantai 1 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 32,948 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 78,138 cm. Untuk lantai 2 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 49,713 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 108,377 cm. Serta analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke tiga ruko tersebut.

Kata Kunci: Gempa dekat, *Pulse*, *Non Pulse*, analisis linier dan non-linier, rumah toko (ruko).

ABSTRACT

EVALUATION OF STRUCTURAL DAMAGE TO SHOP HOUSE DUE TO EARTHQUAKE NEAR PULSE CONTAINS (CASE STUDY)

Septa Pranata Tarigan
1707210124
Dr. Ade Faisal, S.T,M.Sc.,PhD

In North Sumatra, there are two faults that are the main sources of tectonic earthquakes, namely the Sumatran strike-slip fault, along the Bukit Barisan mountain range, and the Sumatran subduction fault at the bottom of the Indian Ocean off the west coast of Sumatra. To find out how the story drift graph behaves when it contains a pulse-non pulse effect and To determine the probability of structure collapse when exposed to a near earthquake that contains a pulse-non pulse effect. Therefore, it is necessary to design a reinforced concrete structure with a system that is resistant to near earthquakes containing pulses. - non-pulse. In this study, there are 3 models of shop houses (ruko) that will be analyzed. The analysis of this model is carried out in a linear and non-linear way. The purpose of this study was to determine the deviation between floors, roof deviation, and the pattern of collapse that occurred from the three shophouse models in Prapat City. From the results of data analysis, it can be concluded: the maximum value for the deviation between floors in nonlinear analysis and linear analysis occurs in non-pulse earthquake recordings for all directions, and for the largest floor deviation in the x direction is in model 2 with an average value of 32,948 cm and y directions are found in model 1 with an average value of 78,138 cm. For the 2nd floor the x direction is in model 2 with an average value of 49,713 cm and the y direction is in model 1 with an average value of 108,377 cm. As well as analysis of the failure pattern, the average of the elements that experienced plastic hinges for the first time in the three shophouse models reviewed occurred in the base column. Which resulted in the occurrence of soft stories in the three shophouses.

Keywords: Near earthquake, Pulse, Non Pulse, linear and non-linear analysis, shop house (ruko).

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 “Evaluasi Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Dekat Mengandung *Pulse* (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, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Ibu Sri Prafanti S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, ST., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
6. Teristimewa sekali untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Piher Tarigan dan Ibunda Innawati Tumagger, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, serta kakak dan adik yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis

7. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala rintangan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat dan kuat.
8. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Farhan, Okky Aditya, Ihsan Sahrin, Muhammad Ihsan, Fiqhi Al-Chalif, Mohammad Alfiansyah dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
9. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.

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

Medan, Oktober 2021

Septa Pranata Tarigan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Teori Gempa	6
2.2.1. <i>Ground Motion</i> (Getaran Tanah)	7
2.2.2. Gempa Dekat	8
2.2.3. Gempa <i>pulse</i>	8
2.3. Filosofi Desain Bangunan Tahan Gempa	9
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen	10
2.4.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	11
2.5. Struktur Beton Bertulang	11

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1. Umum.....	12
3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur Rumah Toko.....	13
3.3. Analisa Struktur	20
3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier.....	20
3.3.2. Pembebanan	20
3.3.3. Respon Spektrum Desain Gempa	21
3.3.4. Kombinasi Pembebanan.....	22
3.4. Analisis Respon Spektrum Ragam.....	25
3.4.1. Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)	25
3.4.2. Analisa Respon Riwayat Waktu	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier.....	30
4.2. Hasil Analisa Ragam.....	30
4.2.1. Respon Spektrum Ragam.....	30
4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal	31
4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi.....	31
4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat.....	32
4.2.5. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa	32
4.2.6. Kontrol Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	33
4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta.....	33
4.3. Hasil Analisa Non Linier	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN.....	.
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 1.	15
Tabel 3.2. Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.	17
Tabel 3.3. Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 3.	19
Tabel 3.4. Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	20
Tabel 3.5. Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2020.	20
Tabel 3.6. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $SDS = 0.707306184$.	24
Tabel 3.7. Rekaman getaran gempa <i>Pulse</i> dari PEER NGA.	26
Tabel 3.8. Rekaman getaran gempa <i>non pulse</i> dari PEER NGA.	26
Tabel 4.1. Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt t.	31
Tabel 4.2. Koreksi skala simpangan antar tingkat	32
Tabel 4.3. Nilai rata-rata (displacement) untuk setiap model akibat Gempa Non <i>Pulse</i> .	37
Tabel 4.4. Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) untuk setiap model akibat Gempa Non <i>Pulse</i> .	37
Tabel 4.5. Pola keruntuhan terhadap gempa <i>pulse</i> model ruko 1.	38
Tabel 4.6. Pola keruntuhan terhadap gempa <i>pulse</i> model ruko 2	39
Tabel 4.7. Pola keruntuhan terhadap gempa <i>pulse</i> model ruko 3.	40
Tabel 4.8. Pola keruntuhan terhadap gempa <i>non pulse</i> model ruko 1.	41
Tabel 4.9. Pola keruntuhan terhadap gempa <i>non pulse</i> model ruko 2	42
Tabel 4.10. Pola keruntuhan terhadap gempa non pulse model ruko 3	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Respons spektra 21 rekaman <i>ground motion</i> dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$ (Shakeri dkk, 2018).	7
Gambar 2.2. Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012).	8
Gambar 2.3. Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012)	9
Gambar 2.4. Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012).	11
Gambar 3.1. Bagan alur penelitian.	12
Gambar 3.2. Survey lokasi model ruko 2..	14
Gambar 3.3. a) Denah struktur model 1, b) Proyeksi bangunan model 1, c) Geometri ruko model 1.	15
Gambar 3.4. Survey lokasi model ruko 2.	16
Gambar 3.5. a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2, c) Geometri ruko model 2.	17
Gambar 3.6. Survey lokasi model ruko 3.	18
Gambar 3.7. a) Denah struktur model 3, b) Proyeksi bangunan model 3, c) Geometri ruko model 3.	19
Gambar 3.8. Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	21
Gambar 3.9. a) Rekaman gempa mengandung <i>pulse</i> Christchurch arah X, b) Rekaman gempa <i>non pulse</i> Mammoth Lakes-02 arah X.	27
Gambar 3.10. a) Rekaman gempa mengandung pulse Christchurch arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum , b) Rekaman gempa non pulse Mammoth Lakes-02 arah X yang telah diubah menjadi respon.	28
Gambar 3.11. a) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa <i>pulse</i> arah X, b) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa <i>non pulse</i> arah arah X..	29
Gambar 4.1. Perbandingan simpang rata-rata pada model MR1-X akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah x.	34

Gambar 4.2.	Perbandingan simpang rata-rata pada model MR1-Y akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah y	34
Gambar 4.3.	Perbandingan simpang rata-rata pada model MR2-X akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah x.	35
Gambar 4.4.	Perbandingan simpang rata-rata pada model MR2-Y akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah y.	35
Gambar 4.5.	Perbandingan simpang rata-rata pada model MR3-X akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah x.	36
Gambar 4.6.	Perbandingan simpang rata-rata pada model MR3-Y akibat Gempa <i>Pulse & Non Pulse</i> arah y.	36

DAFTAR NOTASI

C_d	= Faktor pembesaran simpangan lateral
C_S	= Koefisien respons seismik
C_u	= Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
DL	= Beban mati, termasuk SIDL
E	= Pengaruh beban seismik horizontal dan vertikal
E	= Modulus elastisitas
E_h	= Pengaruh gaya seismik horizontal
E_v	= Pengaruh gaya seismik vertikal
E_x	= Beban gempa arah x
E_y	= Beban gempa arah y
F	= Frekuensi Struktur
F_a	= Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0.2 detik
F_{PGA}	= Nilai Koefisien situs untuk PGA
F_v	= Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
h	= Tinggi rata-rata Struktur diukur dari dasar hingga level atap
h_n	= Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
h_{sx}	= Tinggi tingkat di bawah level-x
I	= Momen Inersia kolom/balok
I_e	= Faktor keutamaan gempa
Kf	= Kekakuan geser dari dua sayap kolom
Kw	= Kekakuan geser dari dua badan kolom
l	= Panjang kolom/balok
LL	= Beban hidup
M_c	= Momen puncak
M_u	= Momen ultimit
M_y	= Momen leleh
P	= Gaya aksial kolom
PGA	= Nilai PGA dibatuan dasar (SB) mengacu pada peta gempa

Q_E	= Pengaruh gaya seismik horizontal dari V
R	= Faktor Koefisien modifikasi respon
S_1	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
S_a	= Respons spektra percepatan
S_{D1}	= Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
S_{DS}	= Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
S_S	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
T	= Periode fundamental bangunan
T_a	= Periode fundamental pendekatan
$T_{a_{maksimum}}$	= Nilai batas atas periode bangunan
$T_{a_{minimum}}$	= Nilai batas bawah periode bangunan
V	= Gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekuivalen
V_t	= Gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respon yang telah dilakukan
V_{wy}	= Kekuatan geser leleh pada badan kolom
V_{fy}	= Kekuatan geser leleh pada sayap kolom
V_{su}	= Kekuatan geser ultimate
W	= Berat seismik efektif bangunan
ϵ	= Total tegangan yang terjadi
ϵ_y	= Tegangan pada saat leleh
γ_{wy}	= Regangan leleh pada badan kolom
γ_{fy}	= Regangan leleh pada sayap kolom
μ_p	= Lendutan pada titik plastis
μ_y	= Lendutan pada titik leleh
Δ	= Simpangan antar tingkat desain
Δ_a	= Simpangan antar tingkat yang dizinkan
δ_x	= Defleksi pusat massa di tingkat x
δ_{xe}	= Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastik
θ	= Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
θ_p	= Koefisien Rotasi plastis

θ_{pc}	= Koefisien Rotasi pasca puncak
θ_u	= Rotasi pada batas ultimit
θ_y	= Rotasi pada saat leleh
ρ	= Faktor redundansi struktur
ω	= Kecepatan sudut
Ω_0	= Faktor pembesaran defleksi

DAFTAR SINGKATAN

CQC	= Complete Quadratic Combination
PEER	= Pacific Earthquake Engineering Research
PPURG	= Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
SRPMK	= Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
SRSS	= Square Root of the Sum of Square
IDR	= Interstory Drift Rastio
RSA	= Respon Spektrum Analysis

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebuah negara maritime dimana luas lautan lebih besar dari luas daratan, Indonesia sebuah negara berada dikawasan Asia Tenggara yang berada pada garis khatulistiwa, secara geografis Indonesia terletak diantara 2 benua yaitu Asian dan Australia juga 2 buah samudera yakni Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Selain geografis, Indonesia terletak secara astronomis di 6°LU (Lintan Utara) - 11°LS (Lintang Selatan) dan 95°BT (Bujur Timur) - 141°BT (Bujur Timur). Berdasarkan letak astronomis tersebut meletakkan Indonesia berada pada 3 lempeng utama dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempengan Indoaustralia dan Lempeng Pasifik posisi letak Indonesia ini dikenal dengan wilayah *Ring of Fire* (Cincin Api Pasifik) terbentang sejauh 40.000 Km yang menyebabkan sangat sering terjadi potensi gempa bumi di wilayah Indonesia serta letusan – letusan gunung berapi diwilayah cekungan Samudra Pasifik. Gempa bumi merupakan ketakutan terbesar bagi penduduk Indonesia, dalam setahun rata- rata terjadi gempa bumi sebanyak 6000 kali dengan segala bentuk dampak yang diakibatkan.

Indonesia merupakan negara yang mempunyai potensi gempa yang besar. Peristiwa gempa dapat menyebabkan semua yang ada di atas bumi termasuk infrastruktur bergerak ke segala arah. Pergerakan ini akan menyebabkan kerusakan bagi struktur dan membahayakan manusia yang berada di dalamnya.

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Untuk bangunan yang mengalami gempa mengandung *pulse* dapat menyebabkan bangunan yang tidak direncanakan secara baik akan mengalami kerusakan, Karakteristik getaran tanah akibat gempa, seperti efek *pulse*, sangat mempengaruhi respon struktur. Efek *pulse* ialah salah satu jenis efek pada getaran yang dimiliki oleh getaran gempa dekat (*near-fault*), yang ditandai dengan adanya efek lonjakan yang bersifat monotonik. Oleh karena itu, kita perlu untuk

mengetahui kinerja struktur yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami gempa mengandung *pulse* dengan periode ulang gempa tertentu agar ketahanan bangunan dapat kita rencanakan sebaik mungkin.

Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non structural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana perilaku perpindahan (*displacement*) rumah toko di Kota Parapat akibat gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*.
2. Bagaimana pola keruntuhan bangunan rumah toko di Kota Parapat akibat gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*.

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 Ground Motion Database, dan PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah Groundmotion menjadi Respon Spektrum.
 - d. MATLAB, untuk menskalakan Groundmotion.
 - e. RUAUMOKO 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 antar tingkat.
- Simpangan atap.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perilaku perpindahan (*displacement*) rumah toko di Kota Parapat akibat gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*.
2. Untuk mengetahui pola keruntuhan bangunan rumah toko di Kota Parapat akibat gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari penyusunan tugas akhir ini manfaat yang dapat diambil:

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman penulis dalam bidang ilmu teknik sipil.
2. Mengetahui pengaruh gempa berulang terhadap rumah toko di Kota Parapat.
3. Sebagai referensi untuk perencanaan struktur bangunan gedung di daerah rawan gempa.

1.6. Sistematika Penulisan

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

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 METODE 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 ANALISIS 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, system struktur penahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahap gempa berdasarkan SNI 1726: 2019, dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlakukan dalam Tugas Akhir ini.

2.2. Teori Gempa

Menurut beberapa sumber, banyak orang telah berusaha mendiskripsikan pengertian gempa bumi. Antara deskripsi yang satu dengan yang lain saling melengkapi, sehingga menambah jelasnya definisi tentang gempa bumi. Definisi gempa bumi menurut -berapa sumber itu diantaranya adalah sebagai berikut ini.

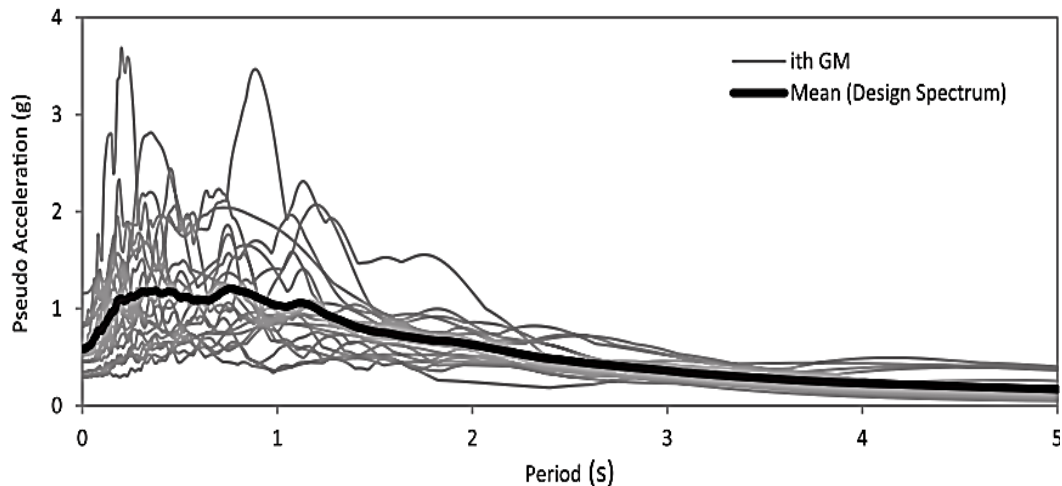
- Gempa bumi adalah gerakan tiba-tiba atau gemetar di bumi yang disebabkan oleh pelepasan tegangan yang terakumulasi secara perlahan secara tiba-tiba
- Gempa bumi adalah getaran tanah atau radiasi energi seismik yang disebabkan oleh perubahan tegangan secara tiba-tiba atau tergelincir secara tiba-tiba pada suatu sesar atau aktivitas vulkanik / magmatik.
- Gempa bumi adalah guncangan atau getaran dan getaran yang tiba-tiba di permukaan bumi akibat gerakan bawah tanah di sepanjang bidang patahan atau aktivitas gunung berapi.
- Gempa bumi adalah guncangan permukaan bumi yang disebabkan oleh pergerakan cepat lapisan luar bumi.

Berdasarkan atas beberapa definisi atau pengertian si atas secara umum dapat disimpulkan bahwa gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Pengertian tersebut sekaligus menjawab mengapa permukaan tanah

menjadi bergetar, yaitu akibat energi gempa yang merambat dari pusat gempa kesegala arah. Sebagaimana diketahui bahwa suatu kekuatan akan terkandung dalam suatu energi, artinya energi gempa akan menghasilkan suatu kekuatan yang dalam hal ini adalah getaran tanah. “(Pawirodikromo, 2012)”.

2.2.1. *Ground Motion* (Getaran 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 2.4 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motion* serta respons spektrum desain rata-rata.

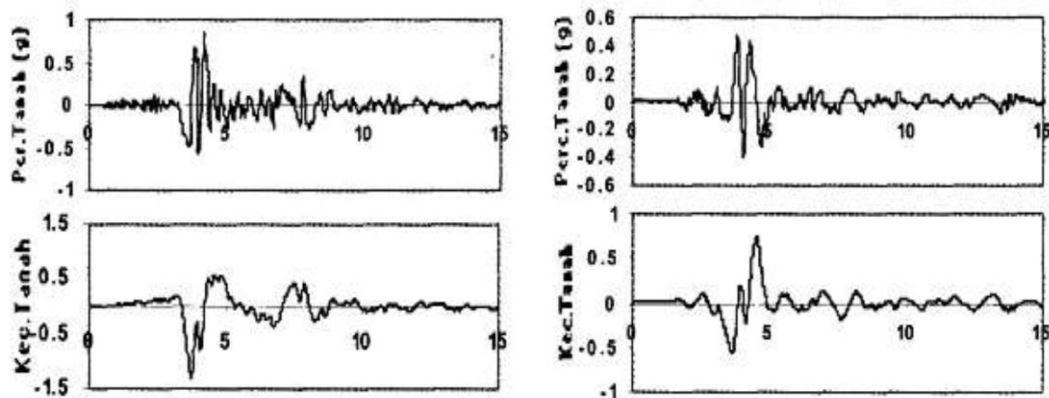


Gambar 2.1: Respons spektra 21 rekaman *ground motion* dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$ (Shakeri dkk, 2018)

2.2.2. Gempa Dekat

Menurut Pawirodikromo (2012), mengatakan bahwa percepatan tanah gempa dekat umumnya mempunyai 1-2 kali siklus getaran kuat (*strong-vibration cycles/pulse*). Siklus getaran kuat tersebut disebabkan oleh adanya kecepatan rambat patah V_r (*fault rupture velocity*) yang relatif dekat dengan kecepatan gelombang geser V_s . Berapa batasan jarak gempa dekat tersebut tidaklah dapat ditentukan secara pasti. Namun, beberapa peneliti mengindikasikan hanya beberapa sampai belasan kilometer saja.

Memberikan batasan bahwa rekaman gempa *near-fault* adalah gempa yang direkam 15 km dari patahan (*fault rupture*). Contoh rekaman gempa dekat dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Kalkan, E., dan Kunnath, 2006).



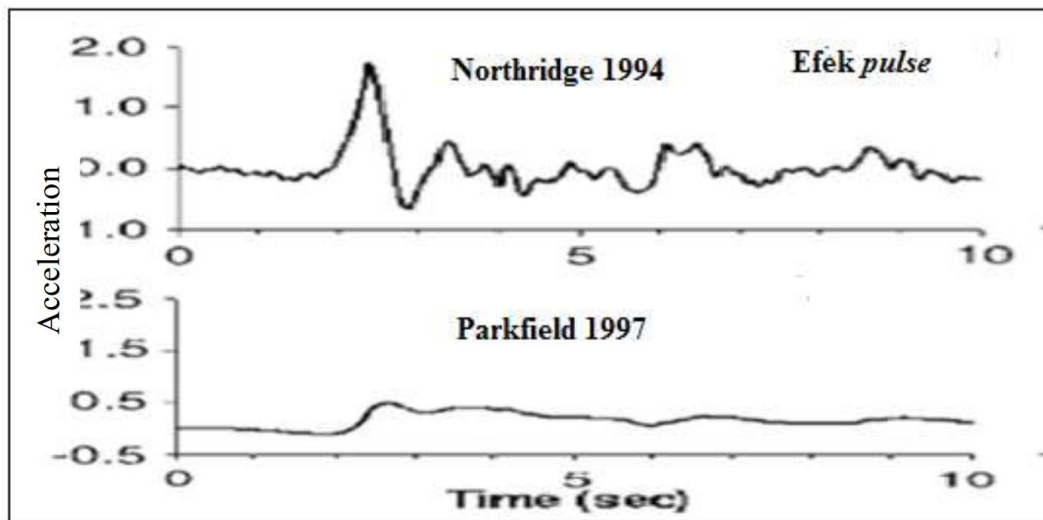
Gambar 2.2 : Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997)
(Pawirodikromo, 2012)

Gambar 2.2 menunjukkan data rekaman gempa yang terjadi di Northridge pada tahun 1994 dan Parkfield pada tahun 1997. Pada gambar tersebut tampak jelas bahwa terdapat 2 kali *acceleration strong pulse* yang sangat berbeda dengan sebelum dan sesudahnya. Secara umum gempa dekat ini ditandai dengan munculnya kandungan *pulse* yang kuat pada rekaman gempanya.

2.2.3. Gempa *pulse*

Getaran gempa dekat yang mengandung efek *pulse* dapat menyebabkan bangunan yang tidak direncanakan secara baik akan mengalami kerusakan.

Bangunan yang tidak simetris sebidang termasuk yang memiliki resiko rusak bila mengalami gempa dekat.



Gambar 2.3 : Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012).

Gambar 2.3 menunjukkan data rekaman gempa yang mengandung *pulse*, pada gambar bagian atas merupakan waktu dengan kecepatan, dapat dilihat bahwa pada waktu ± 2.5 detik terjadi kenaikan yang drastis pada kecepatan rekaman gempa dan pada gambar bagian bawah merupakan waktu dengan perpindahan, dimana pada saat kenaikan kecepatan pada waktu ± 2.5 detik, seketika terjadi juga kenaikan nilai pada perpindahan.

2.3. Filosofi Desain Bangunan Tahan Gempa

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

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

2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ketempat aman.

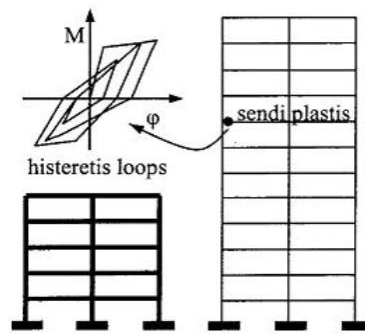
Sulit untuk menghindari kerusakan bangunan akibat gempa bila digunakan perencanaan konvensional yang hanya bergantung pada kekuatan komponen struktur itu sendiri serta perilaku respon pasca elastisnya. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu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

2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen

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

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

1. Apabila didesain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan *hysteresis loops* di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar 2.5 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar T yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



Gambar 2.4 : Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012)

2.4.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

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

2.5. Struktur Beton Bertulang

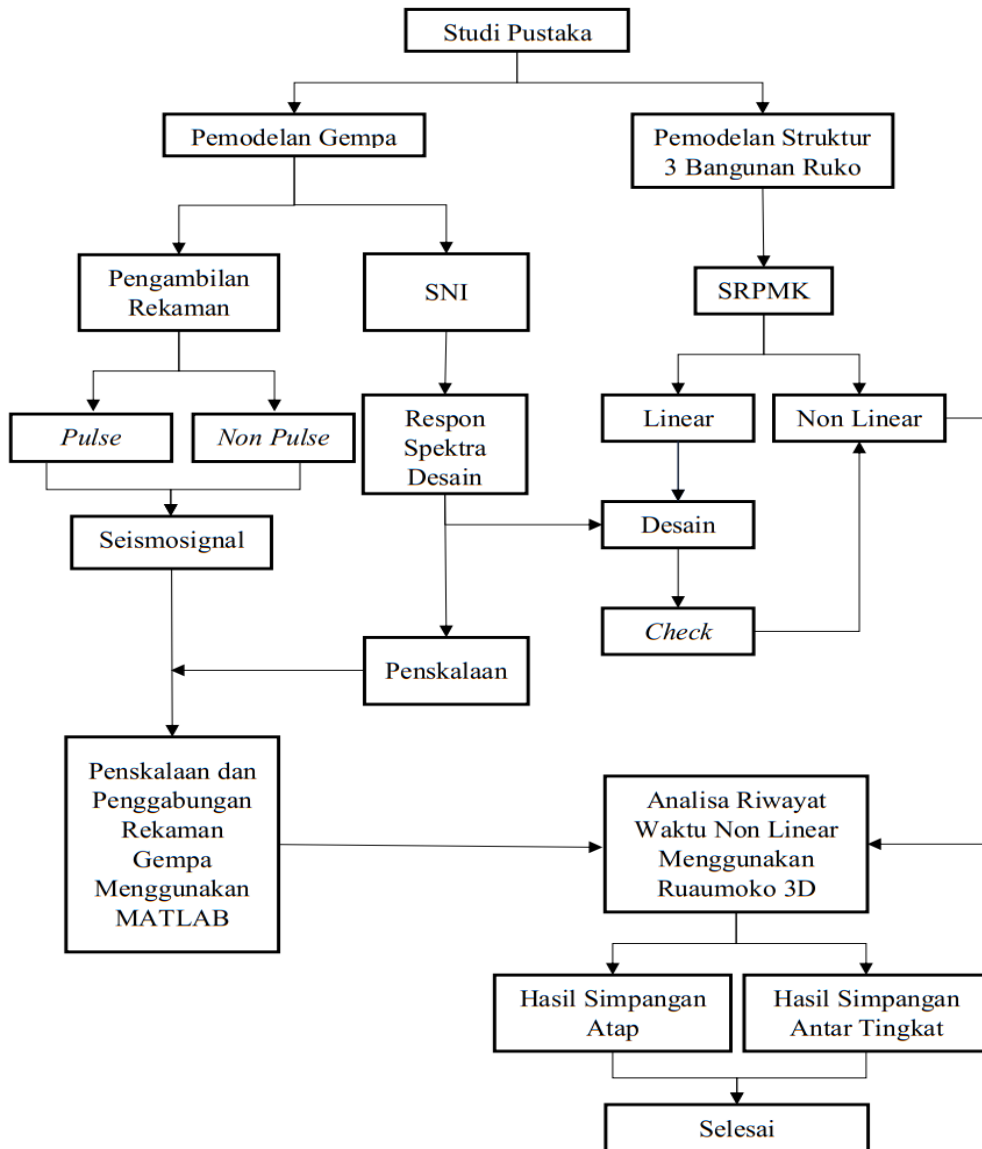
Dalam beberapa tahun terakhir, metode lanjutan dari dinamika struktural menunjukkan bahwa lebih banyak pekerjaan baik dalam kebutuhan eksperimental dan teoritis yang harus dilakukan untuk mengembangkan pemahaman yang tepat tentang perilaku bangunan yang tidak elastis di bawah beban dinamis. Sifat respons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

Analisis dinamik nonlinier dari struktur beton bertulang memerlukan dua jenis pemodelan matematis. Yang pertama adalah untuk distribusi kekakuan di sepanjang member beton bertulang, dan yang lainnya adalah hubungan deformasi gaya di bawah pembalikan tegangan(K. Mahmoud, Prof. Dr. Thamir; Al-Baghdadi 2018).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini menganalisis terhadap 3 model, setiap model memiliki satu sistem rangka pemikul momen yaitu sistem rangka pemikul momen khusus. Ketiga model bangunan rumah toko tersebut dianalisis secara Linier dan Non-Linier dengan menggunakan Metode Analisa Respon Spektrum dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *Software* RUAMOKO 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 3 Model, Pemodelan dalam program analisa struktur, yaitu:

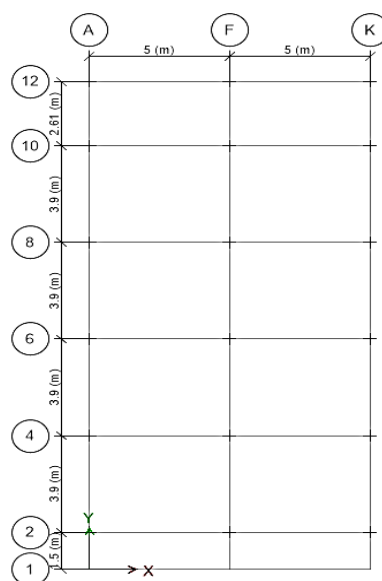
- a. Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- b. Gedung terletak di Kota Parapat.
- c. Klasifikasi tanah sedang (SD)
- d. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- e. Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- f. Kuat tekan beton ($f'c$) yang digunakan:
 - Kolom : 27,48 Mpa
 - Balok dan slab : 27,48 Mpa
- g. 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) : 479,7 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.

1. Model 1 (Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

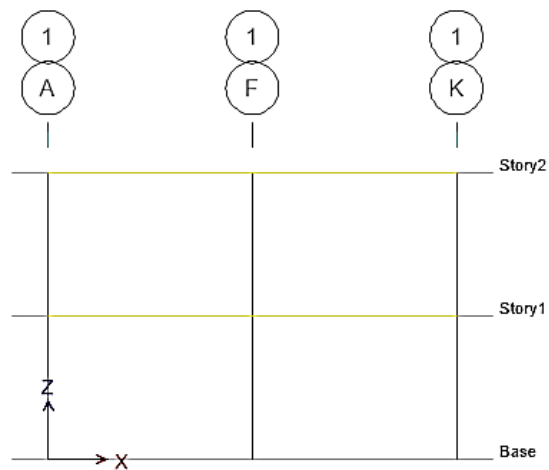


Gambar 3.2 : Survey lokasi model ruko 1.

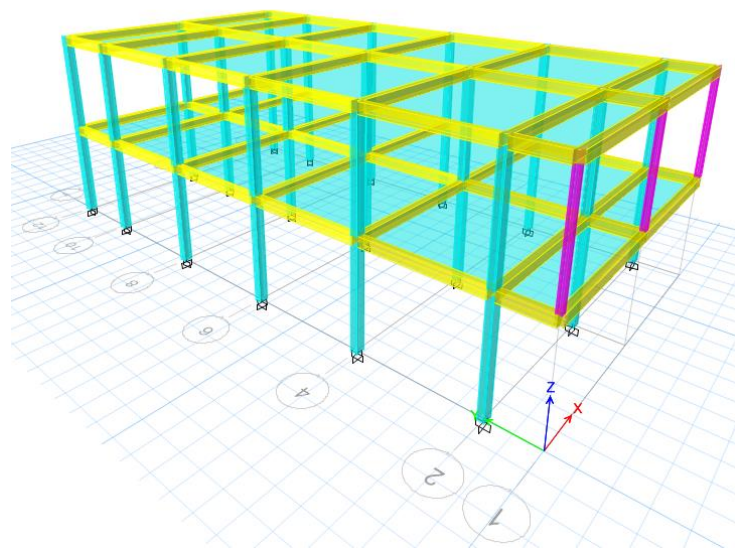
- Rumah Toko model 2 pintu.
- Ukuran rumah toko 5 m x 18,21 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

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

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

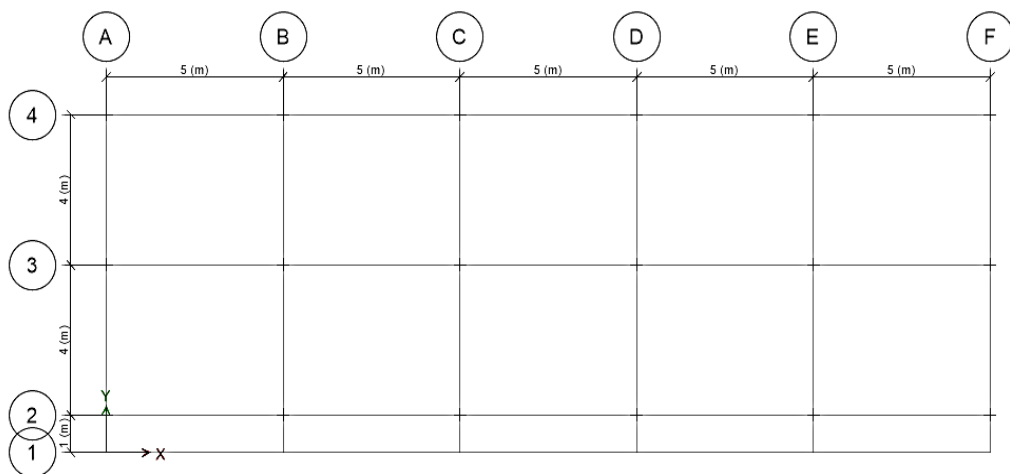
Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	3,5 m	-	25 x 25	-	Utama = D12 Sengkang = D8
Lantai 2	3,5 m	20 x 30	25 x 25	Utama = D12 Sengkang = D8	Utama = D12 Sengkang = D8

2. Model 2 (Jl. Pembangunan 1 Kecamatan Ajibata).

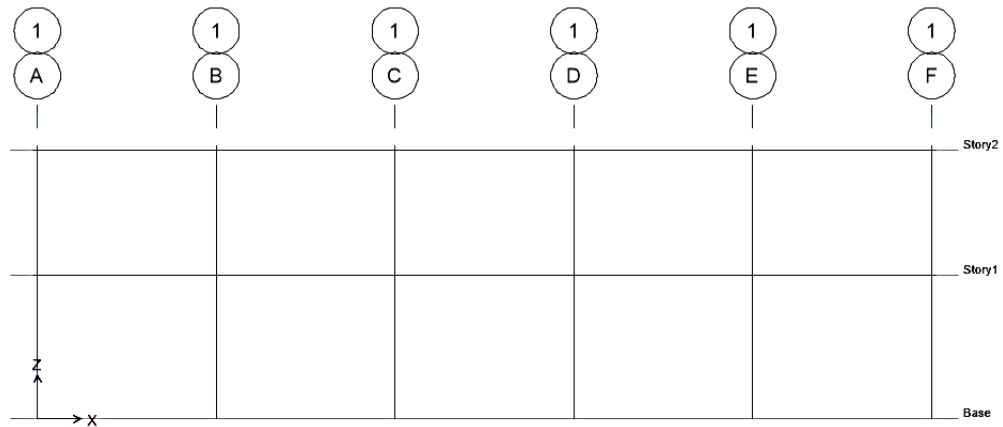


Gambar 3.4: Survey lokasi model ruko 2.

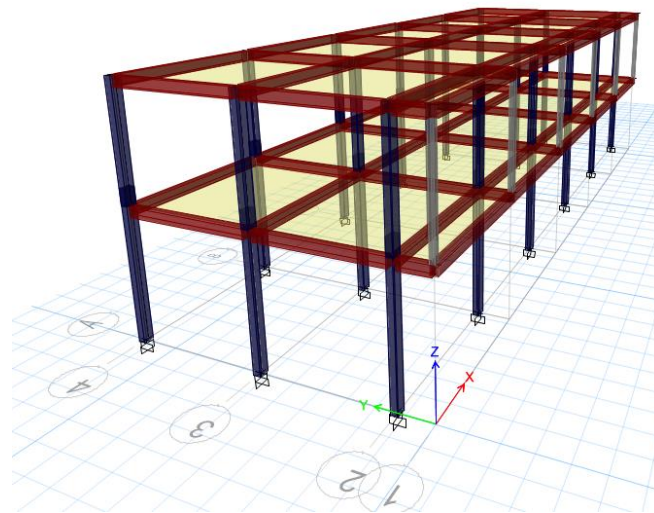
- Rumah Toko model 5 pintu.
- Ukuran rumah toko 9 m x 5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

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

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

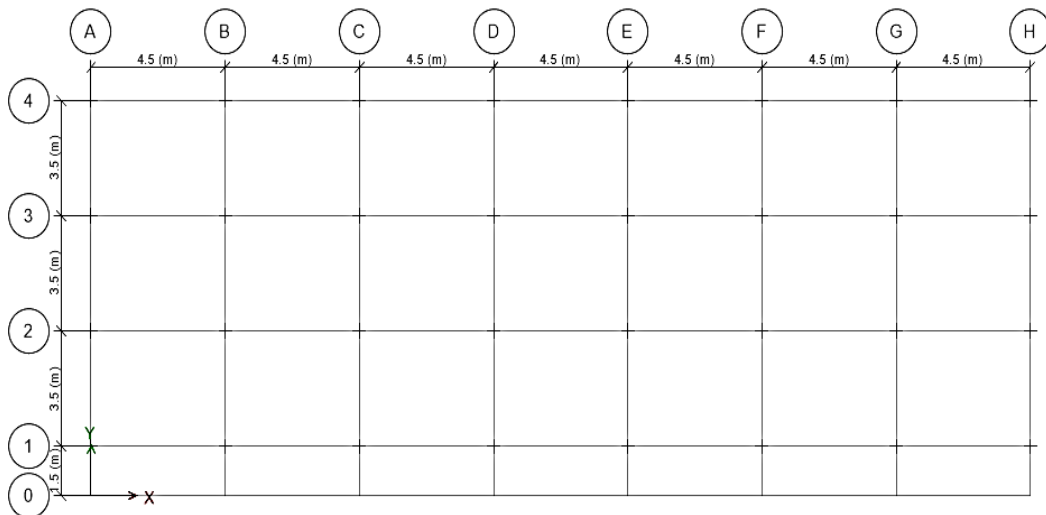
Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	4 m	-	30 x 20	-	Utama = D12 Sengkang = D8
Lantai 2	3,5 m	20 x 30	30 x 20	Utama = D12 Sengkang = D8	Utama = D12 Sengkang = D8

3. Model 3 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).

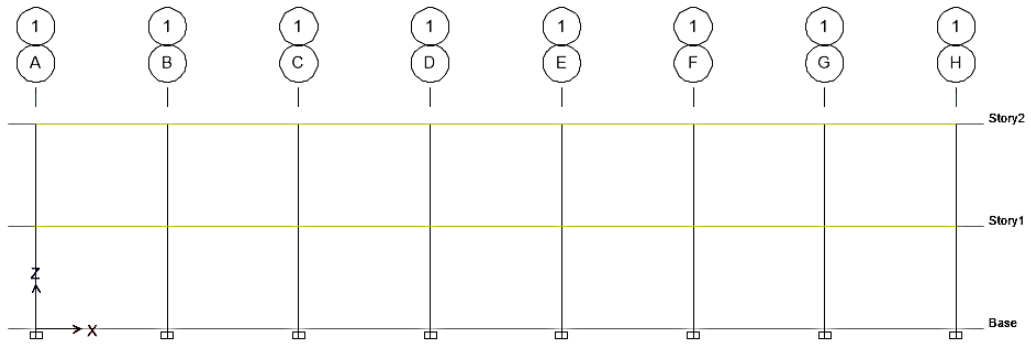


Gambar 3.6: Survey lokasi model ruko 3.

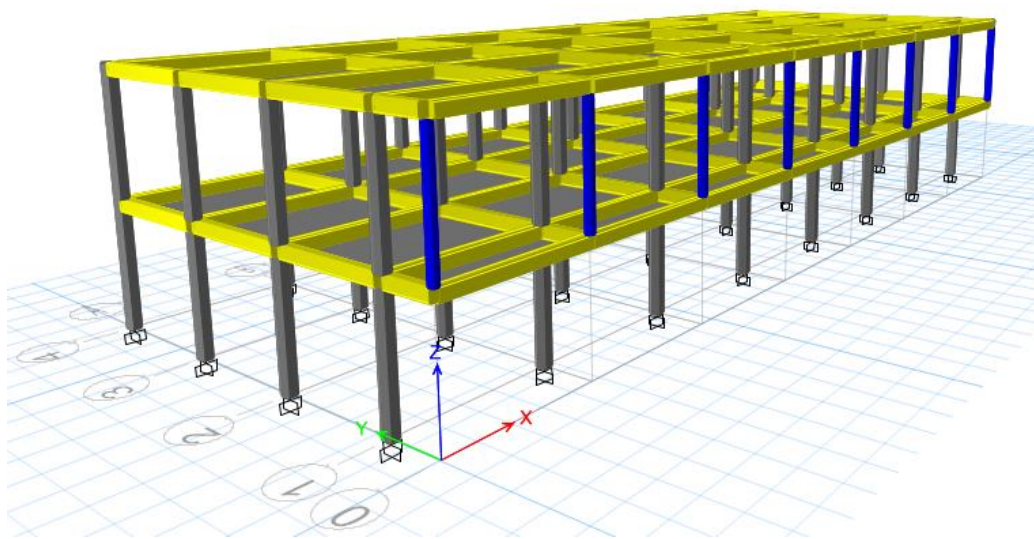
- Rumah Toko model 7 pintu.
- Ukuran rumah toko 12 m x 4,5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:



(a)



(b)



(c)

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

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

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

3.3. Analisa Struktur

3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier

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

3.3.2. Pembebanan

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan rumah toko diambil dari PPPURG (1987) dan SNI 1727:2020 yang telah disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan dengan komponen material bangunan. Nilai beban hidup dan beban mati yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4: 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 3.5: 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

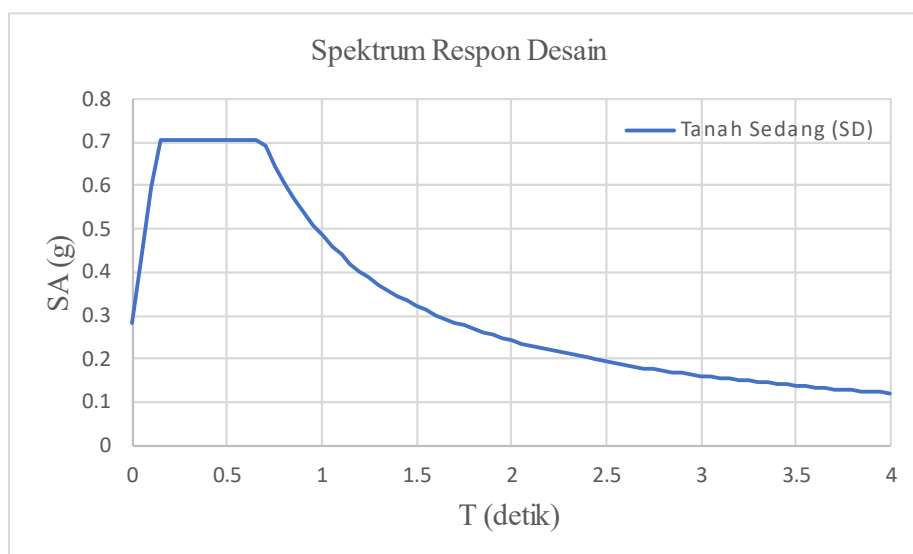
Selanjutnya beban yang diperoleh dari perhitungan dimasukkan sebagai beban area (*assign-shell load-uniform*) dalam program Analisa Struktur, sedangkan untuk berat pelat sendiri akan dihitung otomatis oleh computer dengan memasukan faktor reduksi 0,54 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan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

3.3.3. Respon Spektrum Desain Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah lunak yang terletak di Kota Parapat, kemudian dianalisis dengan data-data yang diambil dari PUSKIM PUPR 2019-2020 akan didapatkan koefisien atau nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut ialah:

- PGA = 0,4130 g
- S_s = 0,9459 g
- S_l = 0,4759 g
- Nilai F_a = 1,122
- Nilai F_v = 1,524
- S_{MS} = 1,061 g
- S_{MI} = 0,725 g
- S_{DS} = 0,707 g
- S_{DI} = 0,484 g
- T_0 = 0,137 detik
- T_1 = 0,684 detik

Respon Spektrum untuk periode max (T_{max}) 4 detik diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.8. Respon Spektrum untuk kelas situs SD digunakan untuk semua model ruko.



Gambar 3.8: Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.

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

1.3.4. Kombinasi Pembebanan

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

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

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

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

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

Dimana :

E = 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, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.6 untuk faktor $R=8$.

Tabel 3.6: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1,3$, $S_{DS} = 0,707306184$.

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

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

3.4. Analisis Respon Spektrum Ragam

Analisis ini merupakan tahap desain yang harus memenuhi syarat-syarat batas berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis telah memenuhi syarat jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi yaitu sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing respon ragam telah dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan respon spektrum dibagi dengan kuantitas (R/I_e). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas (C_d/I_e).

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

3.4.1. Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)

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

Data rekaman gempa yang diambil sebanyak 12 rekaman gempa *pulse* dan 12 *Non Pulse*. Untuk tipe *Pulse-Non pulse* data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.7 sampai 3.8..

Tabel 3.7: Rekaman getaran gempa *Pulse* dari PEER NGA.

KET	No	Nama Groundmotion	Magnitude	Dt
CL/NCL	1	CHY047	7,62	0,004
	2	CHY052	7,62	0,004
	3	HWA002	7,62	0,004
CL1/NCL1	4	CHY088	7,62	0,005
	5	CHY036	7,62	0,005
	6	HWA019	7,62	0,005
	7	Christchurch	6,2	0,005
	8	Mammoth Lakes-01	6,06	0,005
	9	Chichi-01	6,2	0,005
	10	Erzican Turkey	6,69	0,005
	11	Chalfant Valley-02	6,19	0,005
	12	Landers	7,28	0,02

Tabel 3.8: Rekaman getaran gempa *non pulse* dari PEER NGA.

KET	No	Nama Groundmotion	Magnitude	Dt
CL/NCL	1	Coalinga-05	5,8	0,005
	2	Coalinga-07	5,2	0,005
	3	Coalinga-08	5,2	0,005
	4	Livermore-02	5,42	0,005
	5	Mammoth Lakes-02	5,69	0,005
	6	Mammoth Lakes-03	5,91	0,005
	7	Mammoth Lakes-04	5,7	0,005
	8	Mammoth Lakes-05	5,7	0,005
	9	Mammoth Lakes-06	5,94	0,005
	10	Umbria Marche	5,7	0,005
	11	Umbria Marche-01	6	0,005
	12	Umbria Marche (Aftershock)	5,6	0,005

Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X dan gempa vertikal arah Y, karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 3 dimensi (3D).

Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Prapat untuk tanah lunak, Kota Prapat untuk tanah keras, dan

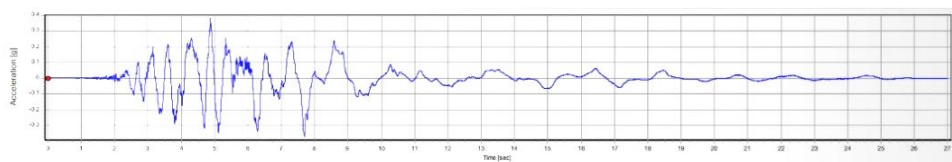
Kota Prapat untuk tanah batuan. Selain itu, rentang perioda alami (T) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail.

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

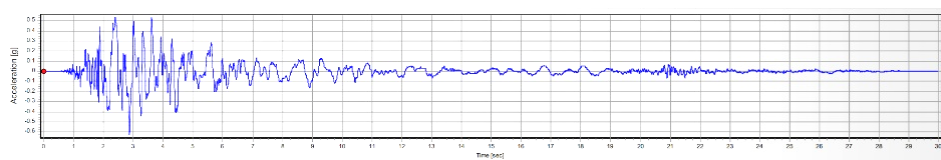
3.4.2. Analisa Respon Riwayat Waktu

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

- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah-daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.7 dan table 3.8.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan..

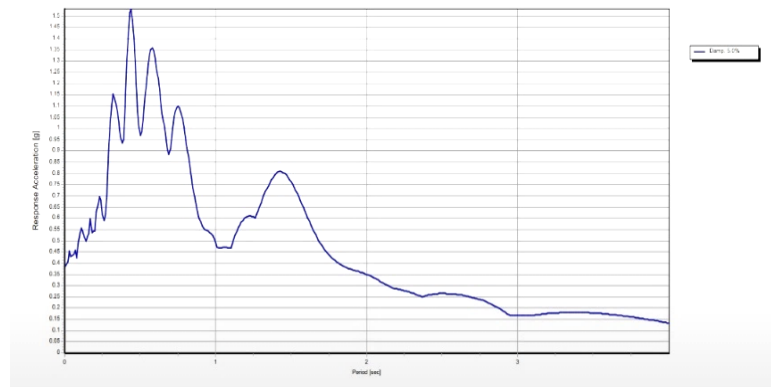


(a)

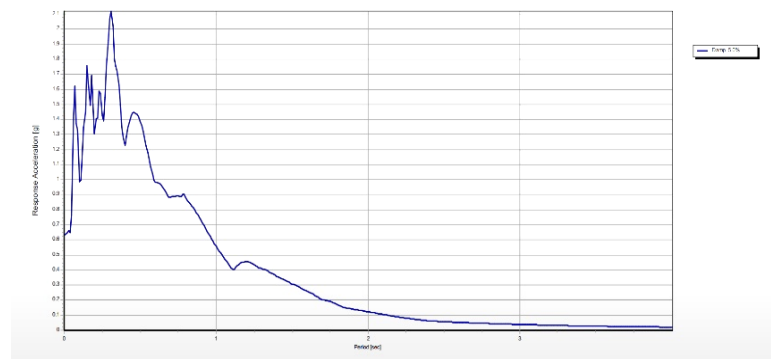


(b)

Gambar 3.9: a) Rekaman gempa mengandung *pulse* Christchurch arah X, b) Rekaman gempa *non pulse* Mammoth Lakes-02 arah X



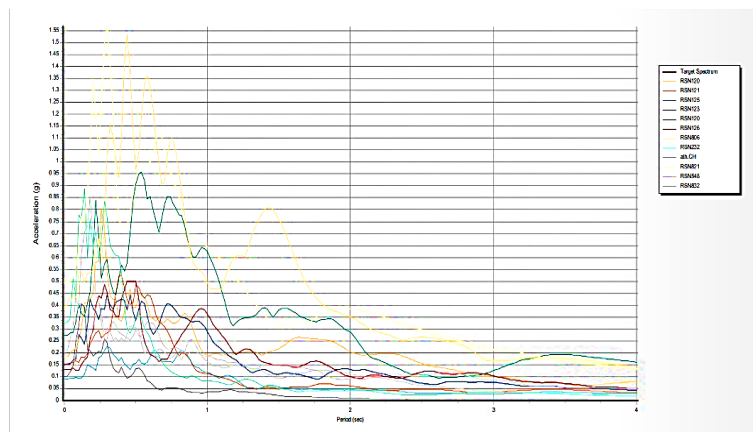
(a)



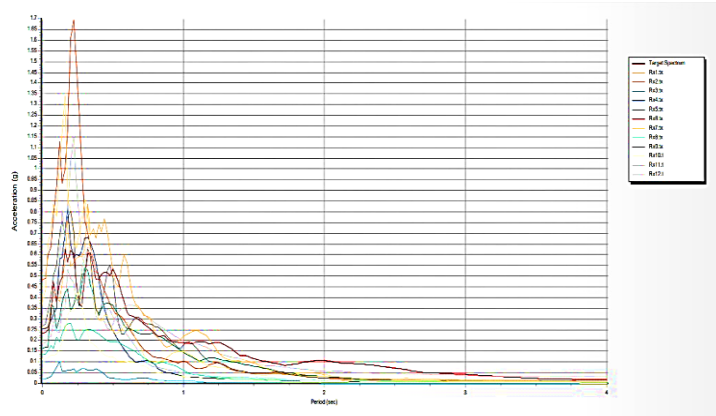
(b)

Gambar 3.10: a) Rekaman gempa mengandung pulse Christchurch arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum , b) Rekaman gempa *non pulse* Mammoth Lakes-02 arah X yang telah diubah menjadi respon

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



(a)



(b)

Gambar 3.11: a) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa *pulse* arah X, b) Respon spektrum dengan 12 daerah gempa *non pulse* arah arah X.

d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan software MATLAB

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

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

- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- M_y : Momen leleh
- M_c : Momen puncak
- K_o : Kekakuan rotasi elastis
- θ_p : Koefisien rotasi leleh
- θ_y : Koefisien rotasi leleh
- θ_c : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- θ_{pc} : Koefisien rotasi post-capping
- θ_u : Koefisien rotasi ultimit
- $\mu\theta_c$: Daktilitas rotasi kapasitas plastis
- r : Rasio kekakuan post-yield

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier

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

4.2. Hasil Analisa Ragam

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

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

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

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

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

Untuk Perhitungan Tertera pada lampiran A.

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	279,808	260,164
	Y	279,808	236,627
2	X	320,423	308,516
	Y	320,423	215,847
3	X	418,284	460,345
	Y	418,284	365,519

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari

1. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A.

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.

4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

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

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

Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)	Cek
1	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
2	X	320,423	308,516	Tidak Oke
	Y	320,423	215,847	Tidak Oke
3	X	418,284	460,345	Oke
	Y	418,284	365,519	Oke

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

4.2.5. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa

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

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

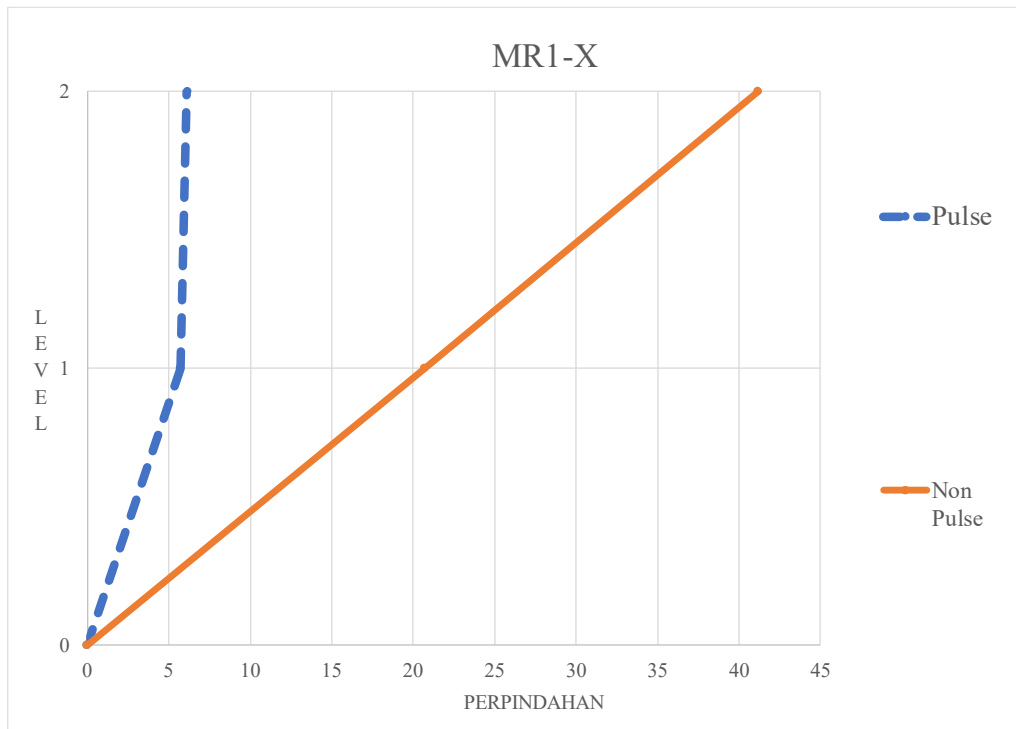
Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat diatasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya. Pada hasil control ketidakberaturan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

4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta

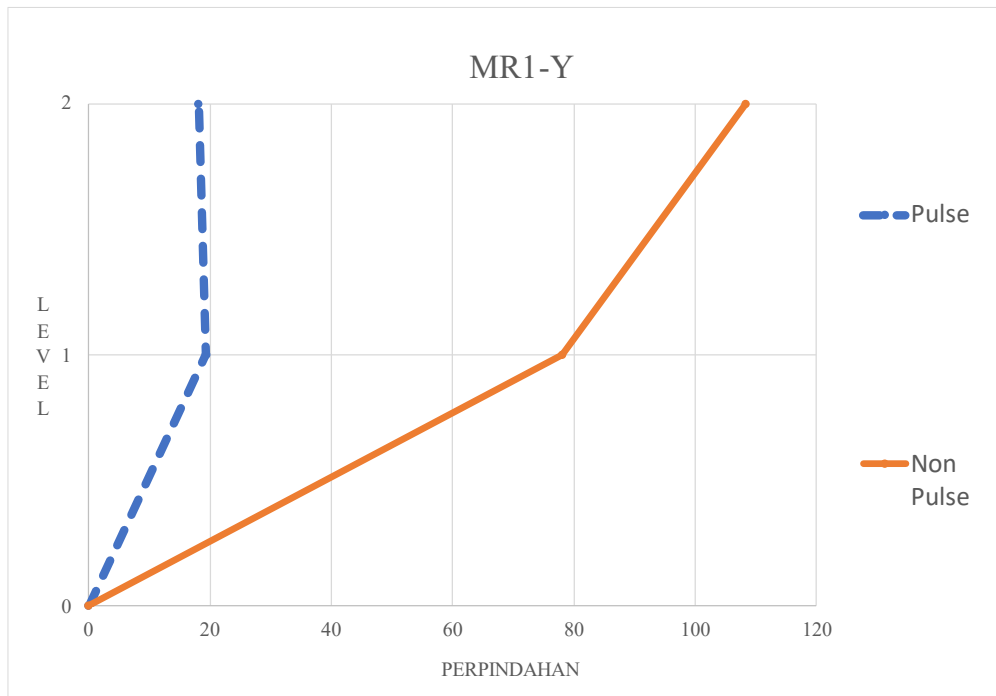
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat *stability ratio* sudah terpenuhi. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.

4.3. Hasil Analisa Non Linier

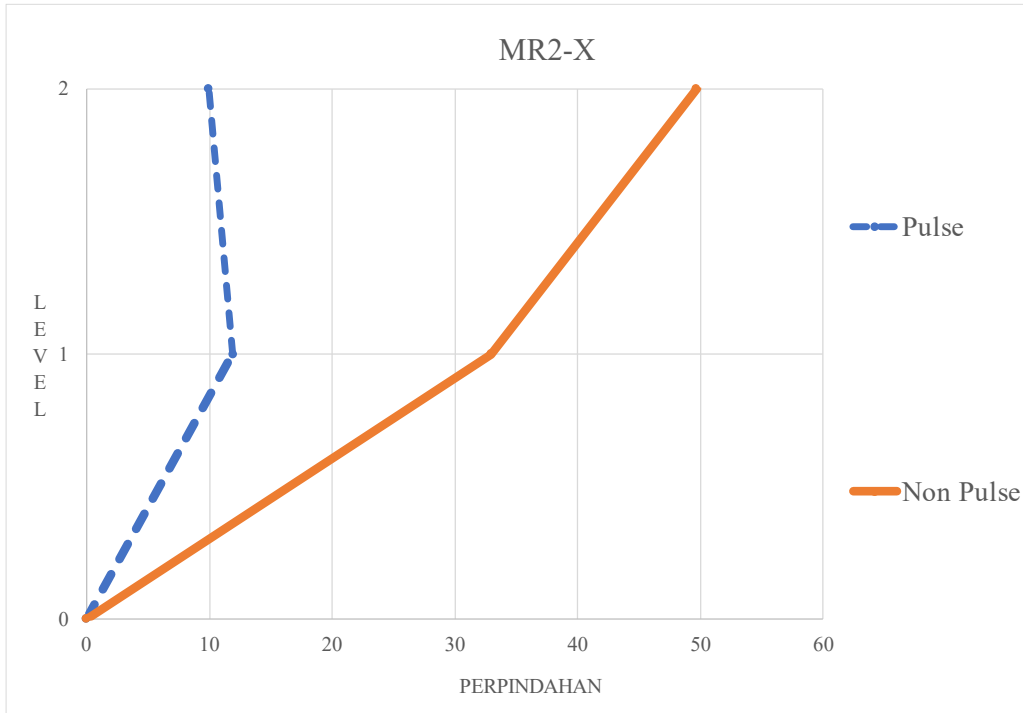
Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur beton bertulang yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa dekat mengandung *pulse-non pulse*. Setiap model struktur akan diambil data simpangan antar lantai (*story drift*), simpangan atap (*top displacement*) dan pola keruntuhan bangunan. Setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.6 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *story drift* dengan pada beberapa rekaman gempa mengandung *pulse-non pulse*. Pada grafik *story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa *ground motion* dan nilai rata-ratanya. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model.



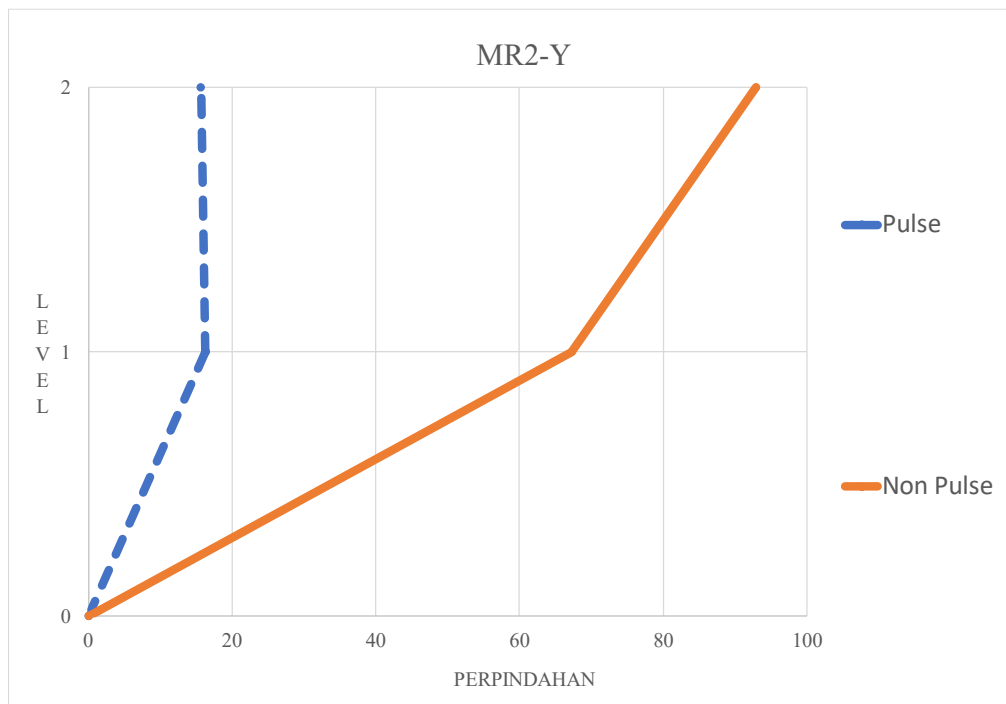
Gambar 4.1: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR1-X akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah x.



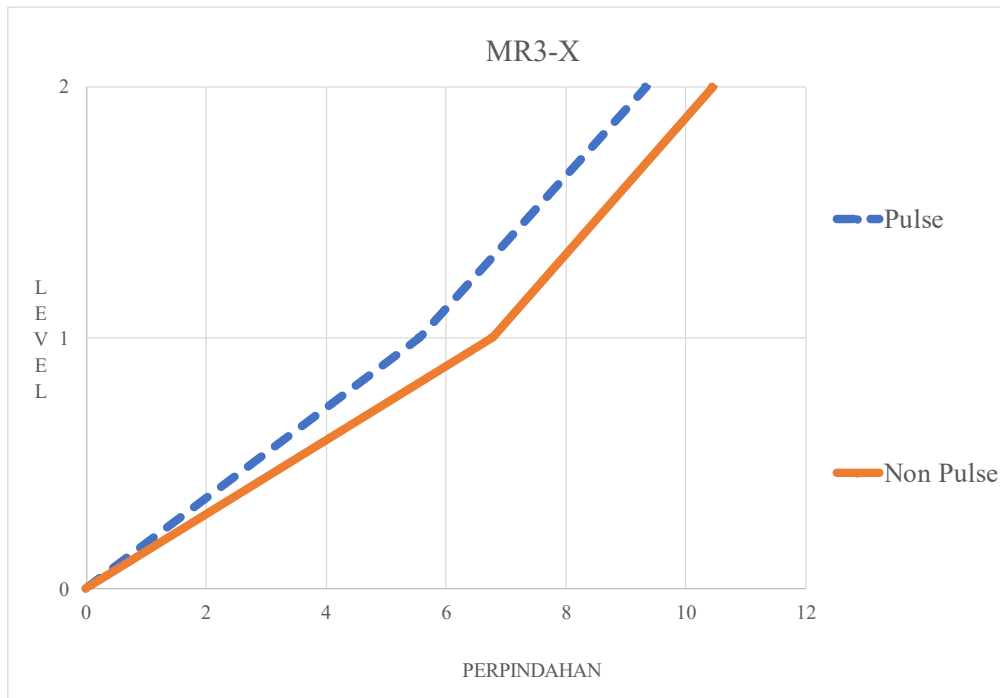
Gambar 4.2: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR1-Y akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah y.



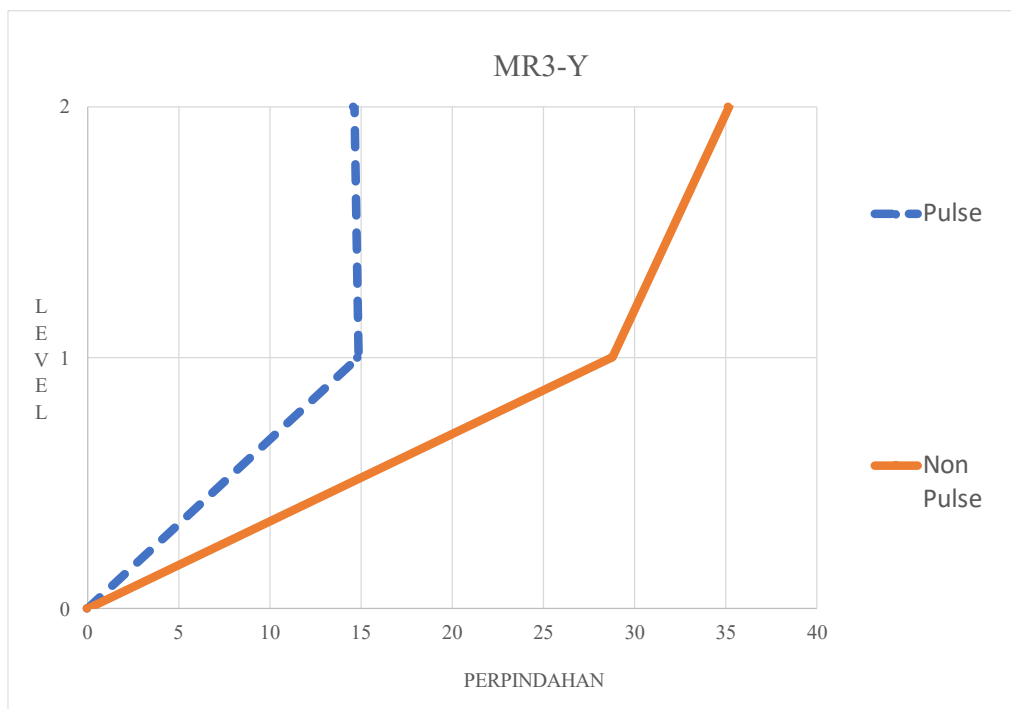
Gambar 4.3: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR2-X akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah x.



Gambar 4.4: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR2-Y akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah y.



Gambar 4.5: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR3-X akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah x.



Gambar 4.6: Perbandingan simpang rata-rata pada model MR3-Y akibat Gempa *Pulse & Non Pulse* arah y.

Tabel 4.3: Nilai rata-rata (*displacement*) untuk setiap model akibat Gempa *Pulse*.

Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	5,727	29,619
		Y	19,349	57,791
	2	X	6,116	30,748
		Y	18,084	56,149
MR2	1	X	11,886	29,800
		Y	16,272	32,191
	2	X	9,914	29,551
		Y	15,688	32,199
MR3	1	X	5,562	30,301
		Y	14,858	43,428
	2	X	9,336	30,486
		Y	14,629	43,784

Pada Tabel 4.3 merupakan hasil dari simpangan pusat massa pada 3 model rumah toko. Dapat dilihat dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 11,886 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 19,349 cm, Untuk lantai 2 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 9,914 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 18,084 cm.

Tabel 4.4: Nilai rata-rata (*displacement*) untuk setiap model akibat Gempa Non *Pulse*.

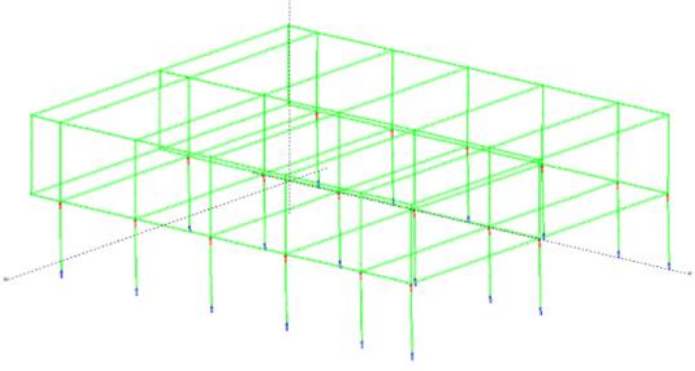
Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	20,758	4,900
		Y	78,138	11,962
	2	X	41,232	24,059
		Y	108,377	11,962
MR2	1	X	32,948	7,365
		Y	67,292	19,849
	2	X	49,713	12,983
		Y	92,897	27,791
MR3	1	X	6,774	7,626
		Y	28,784	11,360
	2	X	10,452	3,687
		Y	35,180	13,291

Pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari simpangan pusat massa pada 3 model rumah toko. Dapat dilihat dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 32,948 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 78,138 cm, Untuk lantai 2 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 49,713 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 108,377 cm.

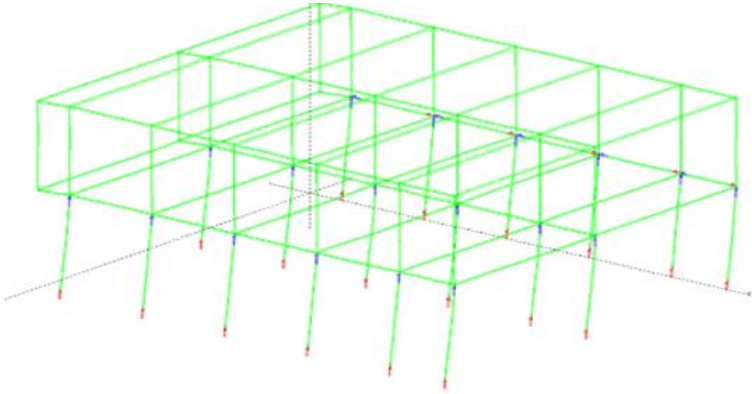
Pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.4 merupakan hasil dari simpangan pusat massa pada 3 model rumah toko pada rekaman gempa *pulse-non pulse*. Dapat dilihat dalam table bahwa simpangan terbesar terdapat pada rekaman gempa *non pulse*.

Dari hasil analisis didapatkan pola keruntuhan yang terjadi untuk setiap model terbentuk sendi – sendi plastis pertama secara keseluruhan terjadi di kolom. Pada pola keruntuhan banyak terjadi *soft story* pada setiap modelnya dan pada beberapa kasus tidak terjadinya keruntuhan. Untuk data terdapat pada lampiran A..

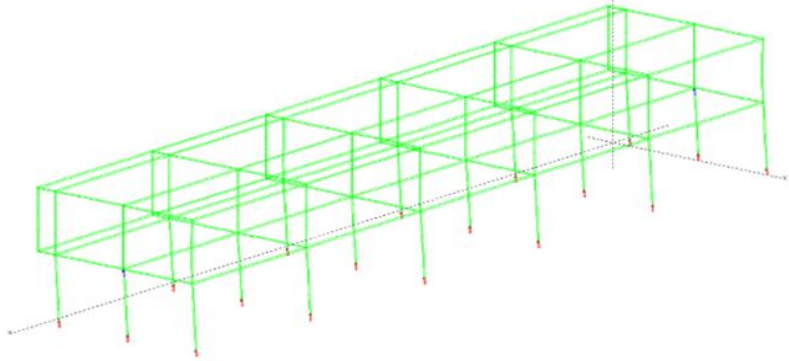
Tabel 4.5: Pola keruntuhan terhadap gempa pulse model ruko 1.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
Chi-Chi_Taiwan-CHY088	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,025
	Gambar				
					

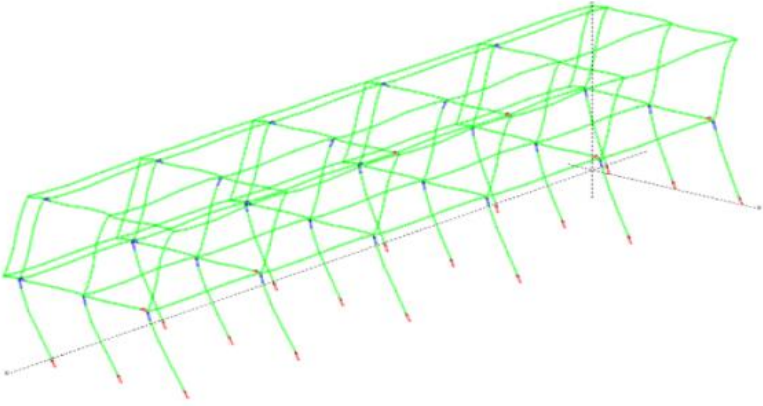
Tabel 4.5: Lanjutan.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	23,2
<p>Pola Keruntuhan</p> 					

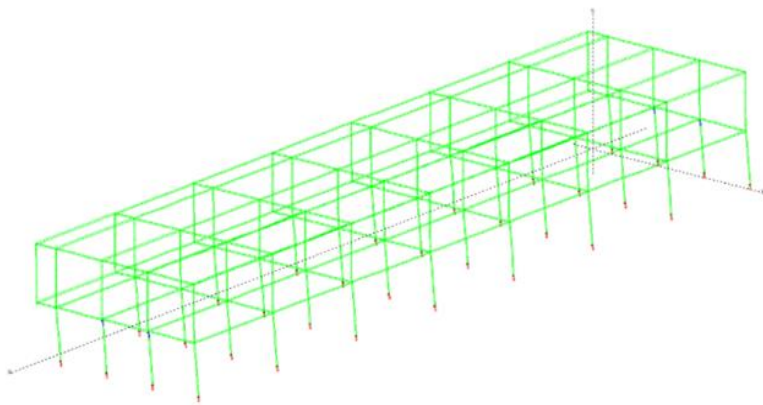
Tabel 4.6: Pola keruntuhan terhadap gempa pulse model ruko 2.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	13,575
Chi-Chi_Taiwan-CHY088	<p>Gambar</p> 				

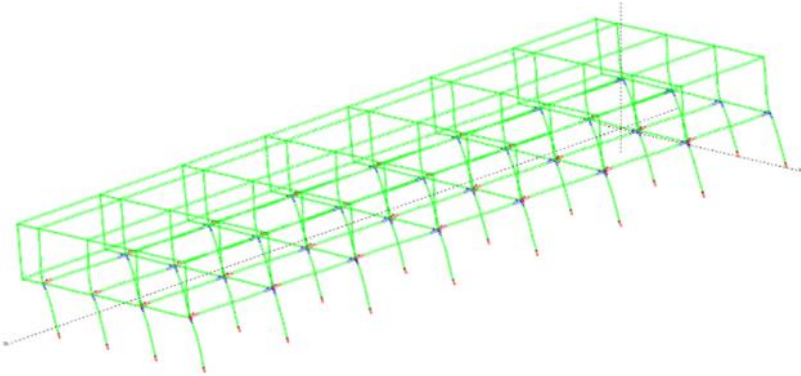
Tabel 4.6: Lanjutan.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	24,9
<p>Pola Keruntuhan</p> 					

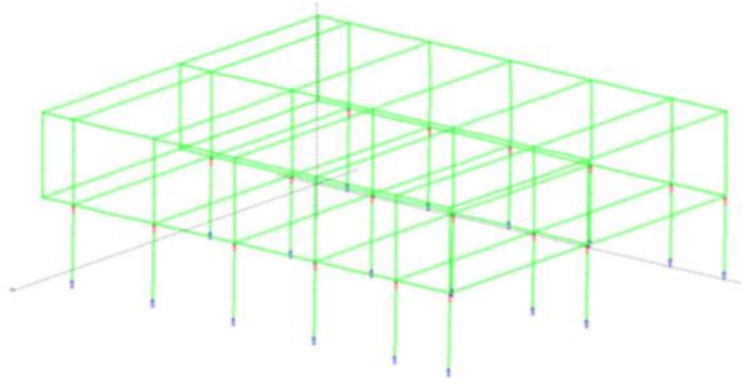
Tabel 4.7: Pola keruntuhan terhadap gempa pulse model ruko 3.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	7,825
Chi-Chi_Taiwan-CHY088	<p>Gambar</p> 				

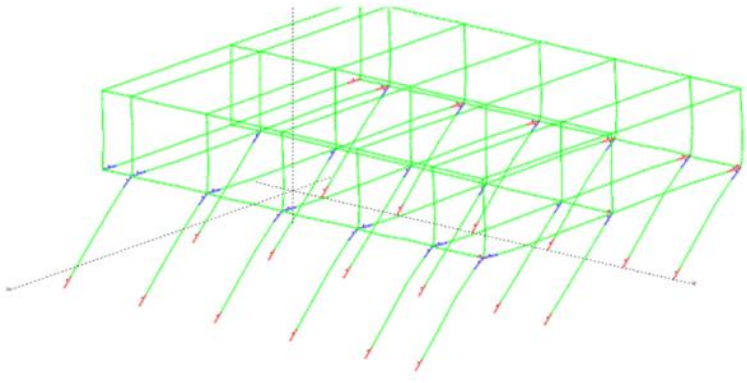
Tabel 4.7: Lanjutan.

Rekaman Gempa Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	25,6
Pola Keruntuhan					
					

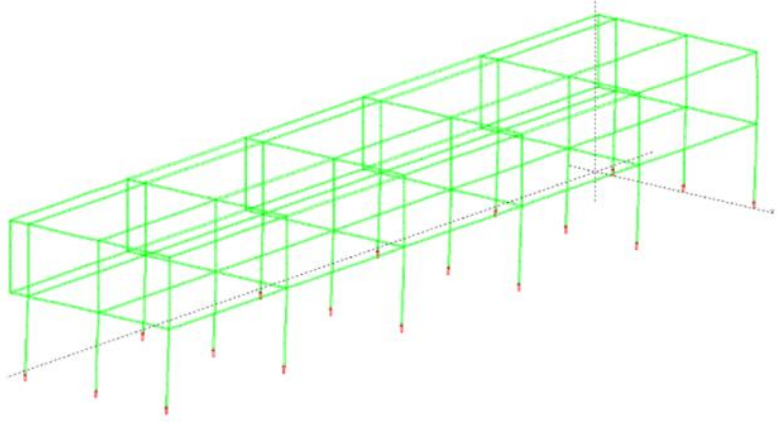
Tabel 4.8: Pola keruntuhan terhadap gempa non pulse model ruko 1.

Rekaman Gempa Non Pulse	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,325
Gambar					
Umbria Marche					

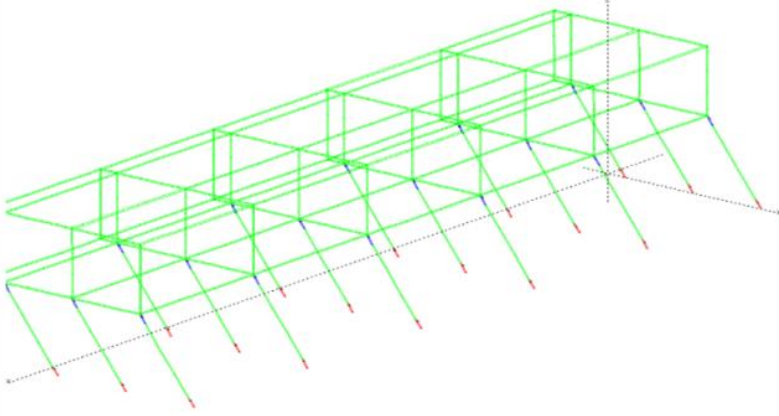
Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa <i>Non Pulse</i>	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,3
Pola Keruntuhan					
					

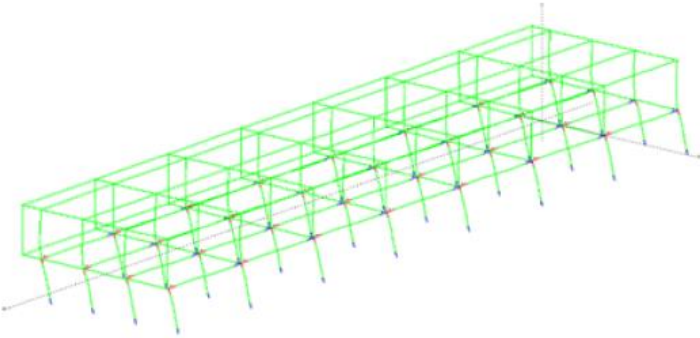
Tabel 4.9: Pola keruntuhan terhadap gempa *non pulse* model ruko 2.

Rekaman Gempa <i>Non Pulse</i>	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,575
Gambar					
Mammoth Lakes-02					

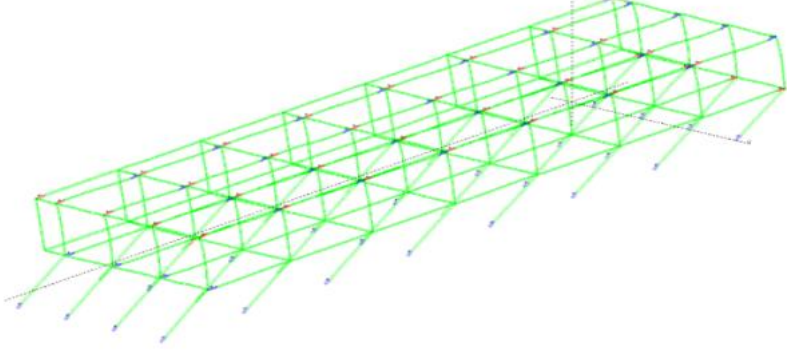
Tabel 4.9: Lanjutan.

Rekaman Gempa <i>Non Pulse</i>	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,13
Pola Keruntuhan 					

Tabel 4.10: Pola keruntuhan terhadap gempa *non pulse* model ruko 3.

Rekaman Gempa <i>Non Pulse</i>	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,45
Livermore -02	Gambar 				

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa <i>Non Pulse</i>	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	<i>Period</i> (sec)
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,35
Pola Keruntuhan 					

Pada table pola keruntuhan diatas, diambil beberapa rekaman gempa dengan magnitide maksimum dari 12 rekaman gempa mengandung *pulse* dan 12 rekaman gempa *non pulse* yang di ambil untuk setiap masing-masing model ruko.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Simpangan antar lantai maksimum dalam analisa nonlinear maupun analisa linear terjadi pada rekaman gempa *non pulse* untuk semua arah, dan untuk simpangan terbesar lantai 1 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 32,948 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 78,138 cm. Untuk lantai 2 arah x terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata sebesar 49,713 cm dan arah y terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata sebesar 108,377 cm.
2. Hasil analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di elemen kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story*.

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

- Anonim. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013. *Badan Standardisasi Nasional*, (8), 1–695.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja tulangan beton (SNI 2052:2017). *Standar Nasional Indonesia*, 15.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, (8), 254.
- Faisal, A., Hutauruk, D. M., & Tarigan, J. (2015). *Efek Pulse Dan Tanpa Pulse Pada Struktur Tidak Simetris Sebidang*. November, 26–27.
- Gempa, R., & Barat, P. S. (2014). *Identifikasi Faktor Dominan Penyebab Kerentanan Bangunan Di Daerah*. 17(2), 116–125.
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). *Jurnal Sipil Statik*, 6(6), 361–372.
- K. Mahmoud, Prof. Dr. Thamir; Al-Baghdadi, D. H. A. (2018). Seismic Response of Nonseismically Designed Reinforced Concrete Low Rise Buildings. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 24(4), 112–127.
- Pawirodikromo, W., (2012), *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar., Yogyakarta.

Shakeri, K., Khansoltani, E., & Pessiki, S. (2018). Ground Motion Scaling For Seismic Response Analysis By Considering Inelastic Response And Contribution Of The Higher Modes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 70-85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.04.007>.

Utomo, D. P., & Purba, B. (2019). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 1(September), 846.

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.2, 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.

2. Model 2

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.3, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,4 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

3. Model 3

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan Tabel L.4, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0,376 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

A.3. Modal Participation Mass Ratios

1. Model 1

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

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

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
------	------	--------	----	----	--------	--------

Modal	1	1,072	0	0,9429	0%	94%
-------	---	-------	---	--------	----	-----

Tabel L.5: Lanjutan

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

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

Tabel L.6: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

2. Model 2

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

Tabel L.7: Hasil *Output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 2.

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

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

Tabel L.8: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

3. Model 3

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

Tabel L.9: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 3.

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

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

Tabel L.10: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

A.4. Berat Sendiri Struktur

1. Model 1

Tabel L.11: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 1.

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

Dapat dilihat pada Tabel L.11 bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 322935,9 kN.

2. Model 2

Tabel L.12: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 2.

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

Dapat dilihat pada Tabel L.12 bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 369811.15 kN.

3. Model 3

Tabel L.13: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 3.

<i>Story</i>	<i>Self weight(kN)</i>
2	190766,3
1	283589,76

Tabel L.13: Lanjutan

Story	Self weight(kN)
Base	8400
Total	482756,06

Dapat dilihat pada Tabel L.13 bahwa berat total struktur untuk Model 3 adalah 482756,06 kN.

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

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

1. Model 1

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai C_s berada diantara $C_{s\ min}$ dan $C_{s\ max}$. Maka yang digunakan adalah nilai C_s sesuai yang terdapat pada Tabel L.14.

Tabel L.14: Perhitungan Nilai C_s dan V .

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

$V = C_s \times W_t$	279,8078349	279,8078349
----------------------	-------------	-------------

Berdasarkan Tabel L.14 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 1 adalah 279,8078349.

Tabel L.15: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

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

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

2. Model 2

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai C_s berada diantara $C_{s\ min}$ dan $C_{s\ max}$. Maka yang digunakan adalah nilai C_s sesuai yang terdapat pada Tabel L.16.

Tabel L.16: Perhitungan Nilai C_s dan V .

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

$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088	0,088
$V = C_s \times W_t$	320,4228988	320,4228988

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

Tabel L.17: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

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

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

3. Model 3

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai C_s berada diantara $C_{s\ min}$ dan $C_{s\ max}$. Maka yang digunakan adalah nilai C_s sesuai yang terdapat pada Tabel L.18.

Tabel L.18: Perhitungan Nilai C_s dan V .

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

$C_{s\ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0,030	0,030
$C_{s\ min} \leq C_{s\ pakai} \leq C_{s\ max}$	0,088c	0,088
$V = C_s \times W_t$	418,2840246	418,2840246

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

Tabel L.19: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

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

Dari Tabel L.19, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 460,3446 untuk arah X dan 465,5191 untuk arah Y.

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

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

Tabel L.20: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 1 arah X.

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

Pada Tabel L.20 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.21: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 1 arah Y

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

Pada Tabel L.21 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Tabel L.22: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan

redundansi 1 untuk Model 2 arah X.

Story	V _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.22 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 2.

Tabel L.23: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah Y

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

Pada Tabel L.23 setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

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

Pada Tabel L.24 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.25: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 3 arah Y

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

Pada Tabel L.25 setiap lantai telah memenuhi syarat.

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

Tabel L.26: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 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	19,572	8,862	48,741	3500	87,5	Oke
1	X	10,710	10,71	58,905	3500	87,5	Oke

Berdasarkan Tabel L.26, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

Tabel L.27: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 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	27,854	10,64	58,52	3500	87,5	Oke
1	Y	17,214	17,214	94,677	3500	87,5	Tidak oke

Berdasarkan Tabel L.27, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari Δ_{ijin} .

A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 2

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

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

Tabel L.29: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 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	34,089	10,161	55,8855	3500	87,5	Oke
1	Y	23,928	23,928	131,604	4000	100	Tidak oke

Berdasarkan Tabel L.29, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari Δ_{ijin} .

A.7.3. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 3

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

Story	Arah	δ_{ex}	δ_{xe} ($\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$)	Δ_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.30, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

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

Story	Arah	δ_{ex}	δ_{xe} ($\delta_{ex} - \delta_{ex-1}$)	Δ_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.31, 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.32: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

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

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

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

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

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

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

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

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

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

Tabel L.35: 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.36: 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.9.2. Pengaruh Efek P-Delta untuk Model 2

Tabel L.37: 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.38: 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

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

Tabel L.39: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	θ_x $\left(\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
2	2485,15	55,32	1	255,15	3500	5,50	0,028	P- Δ dapat diabaikan
1	4866,14	72,54	1	460,34	3500	5,50	0,039	P- Δ dapat diabaikan

Tabel L.40: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

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

A.10. Hasil Analisa Non Linier

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

A.10.1. Story Drift

A.10.1.1. Terhadap Gempa *Pulse*

1. Model 1

Tabel L.41: *Story Drift* untuk Gempa *Pulse* Model 1.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS1	Base	0	0
	1	7,365	31,07
	2	6,833	29,46
PS2	Base	0	0
	1	6,833	36,76
	2	16,3	36,2
PS3	Base	0	0
	1	15,39	88,7
	2	14,71	90,2
PS4	Base	0	0
	1	3,141	8,302
	2	3,12	7,921
PS5	Base	0	0
	1	1,489	9,283
	2	1,382	6,772
PS6	Base	0	0
	1	8,742	13,74
	2	5,47	13,67
PS7	Base	0	0
	1	1,773	12,34
	2	1,751	7,74
PS8	Base	0	0

	1	7,042	3,986
	2	7,107	3,694
PS9	Base	0	0
	1	5,181	9,347
	2	5,138	5,407
PS10	Base	0	0
	1	1,657	0,8925
	2	1,665	0,887
PS11	Base	0	0
	1	2,779	8,364
	2	2,992	4,676

Tabel L.41: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS12	Base	0	0
	1	7,329	9,4
	2	6,924	10,38

2. Model 2

Tabel L.42: *Story Drift* untuk Gempa *Pulse* Model 2.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS1	Base	0	0
	1	5,271	31,12
	2	4,542	29,59
PS2	Base	0	0
	1	52,21	53,88
	2	40,5	56,07
PS3	Base	0	0
	1	36,94	28,1
	2	28,63	30,53
PS4	Base	0	0
	1	6,495	7,263
	2	6,149	6,533
PS5	Base	0	0
	1	1,812	15,74
	2	1,689	14,73
PS6	Base	0	0

	1	11,32	16,18
	2	14,82	13,24
PS7	Base	0	0
	1	0,4159	6,138
	2	0,3868	3,599
PS8	Base	0	0
	1	5,724	8,171
	2	6,063	5,466
PS9	Base	0	0
	1	4,69	16
	2	4,699	14,66

Tabel L.42: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS10	Base	0	0
	1	2,602	0,7691
	2	2,651	0,7608
PS11	Base	0	0
	1	2,02	2,69
	2	1,826	2,66
PS12	Base	0	0
	1	13,13	9,21
	2	7,012	10,42

3. Model 3

Tabel L.43: *Story Drift* untuk Gempa *Pulse* Model 3.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS1	Base	0	0
	1	4,006	36,48
	2	6,422	35,68
PS2	Base	0	0
	1	10,52	25,95
	2	17,47	25,15
PS3	Base	0	0
	1	5,593	59,66
	2	13,37	62,86
PS4	Base	0	0

	1	3,354	4,156
	2	5,773	3,784
PS5	Base	0	0
	1	1,287	5,957
	2	2,66	5,144
PS6	Base	0	0
	1	10,59	7,15
	2	26,81	6,511
PS7	Base	0	0
	1	1,238	2,671
	2	1,595	2,243

Tabel L.43: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
PS8	Base	0	0
	1	8,148	5,262
	2	6,75	4,942
PS9	Base	0	0
	1	6,608	10,82
	2	5,944	10,35
PS10	Base	0	0
	1	1,622	1,463
	2	1,977	1,486
PS11	Base	0	0
	1	3,046	7,341
	2	3,869	5,898
PS12	Base	0	0
	1	10,73	11,38
	2	19,39	11,5

A.10.1.2. Terhadap Gempa *Non Pulse*

1. Model 1

Tabel L.44: *Story Drift* untuk Gempa *Non Pulse* Model 1.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R1	Base	0	0
	1	1,017	1,113
	2	0,9674	1,272
R2	Base	0	0

	1	3,684	4,353
	2	3,877	4,344
R3	Base	0	0
	1	36,85	34,54
	2	79,16	50,01
R4	Base	0	0
	1	13,5	5,277
	2	13,5	5,315
R5	Base	0	0
	1	2,598	2,354
	2	2,602	2,388

Tabel L.44: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R6	Base	0	0
	1	6,65	10,29
	2	16,77	10,42
R7	Base	0	0
	1	1,79	5,732
	2	1,791	5,755
R8	Base	0	0
	1	10,72	29,99
	2	10,72	30,14
R9	Base	0	0
	1	1,111	6,253
	2	1,105	6,285
R10	Base	0	0
	1	134,9	750,5
	2	329,5	1097
R11	Base	0	0
	1	21,13	78,94
	2	19,99	79,35
R12	Base	0	0
	1	15,15	8,312
	2	14,8	8,242

2. Model 2

Tabel L.45: *Story Drift* untuk Gempa *Non Pulse* Model 2.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R1	Base	0	0
	1	2,954	4,866
	2	3,186	7,481
R2	Base	0	0
	1	3,495	4,796
	2	3,933	4,784
R3	Base	0	0
	1	180,5	100,2
	2	241,1	145,9

Tabel L.45: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R4	Base	0	0
	1	28,24	10,07
	2	28,23	10,14
R5	Base	0	0
	1	2,315	2,506
	2	2,336	2,543
R6	Base	0	0
	1	3,517	10,03
	2	7,221	10,16
R7	Base	0	0
	1	4,216	3,17
	2	4,216	3,17
R8	Base	0	0
	1	23,75	30,36
	2	23,7	30,51
R9	Base	0	0
	1	5,884	5,661
	2	5,698	5,685
R10	Base	0	0
	1	94,22	562,9
	2	237,1	821,2
R11	Base	0	0
	1	28,63	65,42
	2	23,8	65,74
R12	Base	0	0
	1	17,66	7,526

	2	16,03	7,456
--	---	-------	-------

3. Model 3

Tabel L.46: *Story Drift* untuk Gempa *Non Pulse* Model 3.

Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R1	Base	0	0
	1	1,771	1,994
	2	4,083	2,212

Tabel L.46: *Lanjutan.*

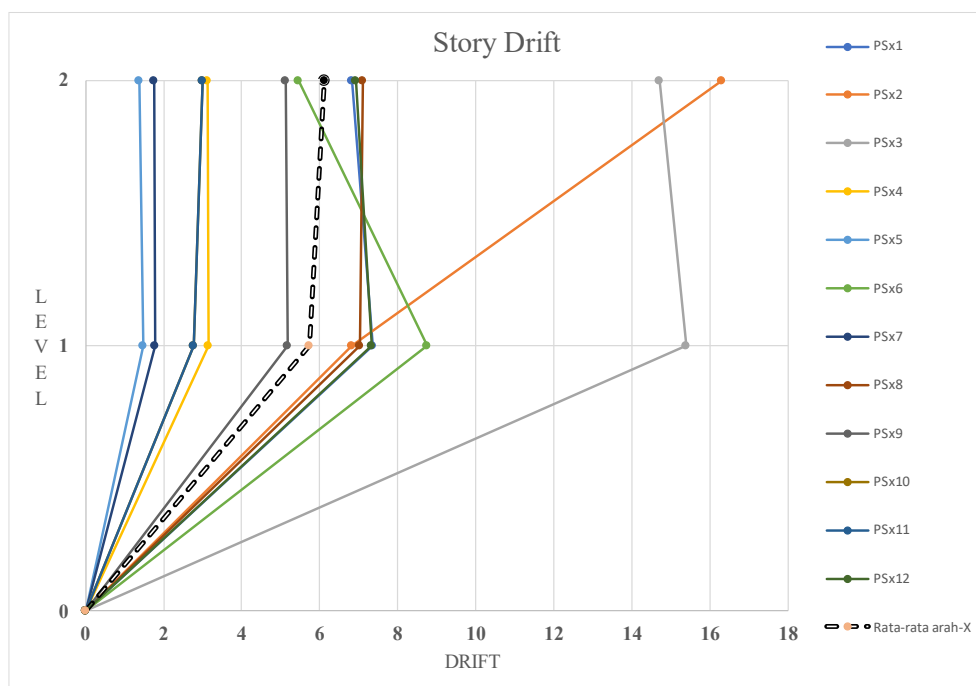
Rekaman Gempa	Lantai	Perpindahan Arah X	Perpindahan Arah Y
R2	Base	0	0
	1	2,67	1,737
	2	3,175	1,732
R3	Base	0	0
	1	21,65	16,91
	2	26,11	17,6
R4	Base	0	0
	1	5,075	2,342
	2	5,112	2,365
R5	Base	0	0
	1	1,253	2,879
	2	1,325	2,927
R6	Base	0	0
	1	4,138	6,698
	2	4,328	6,81
R7	Base	0	0
	1	4,14	4,422
	2	4,197	4,47
R8	Base	0	0
	1	3,191	12
	2	3,134	12,11
R9	Base	0	0
	1	0,9657	7,539
	2	1,23	7,614
R10	Base	0	0

	1	11	255,7
	2	30,86	330,3
R11	Base	0	0
	1	13,56	30,18
	2	26,32	30,99
R12	Base	0	0
	1	11,88	3,005
	2	15,55	3,025

A.10.2. Grafik Story Drift

A.10.2.1. Terhadap Gempa Pulse

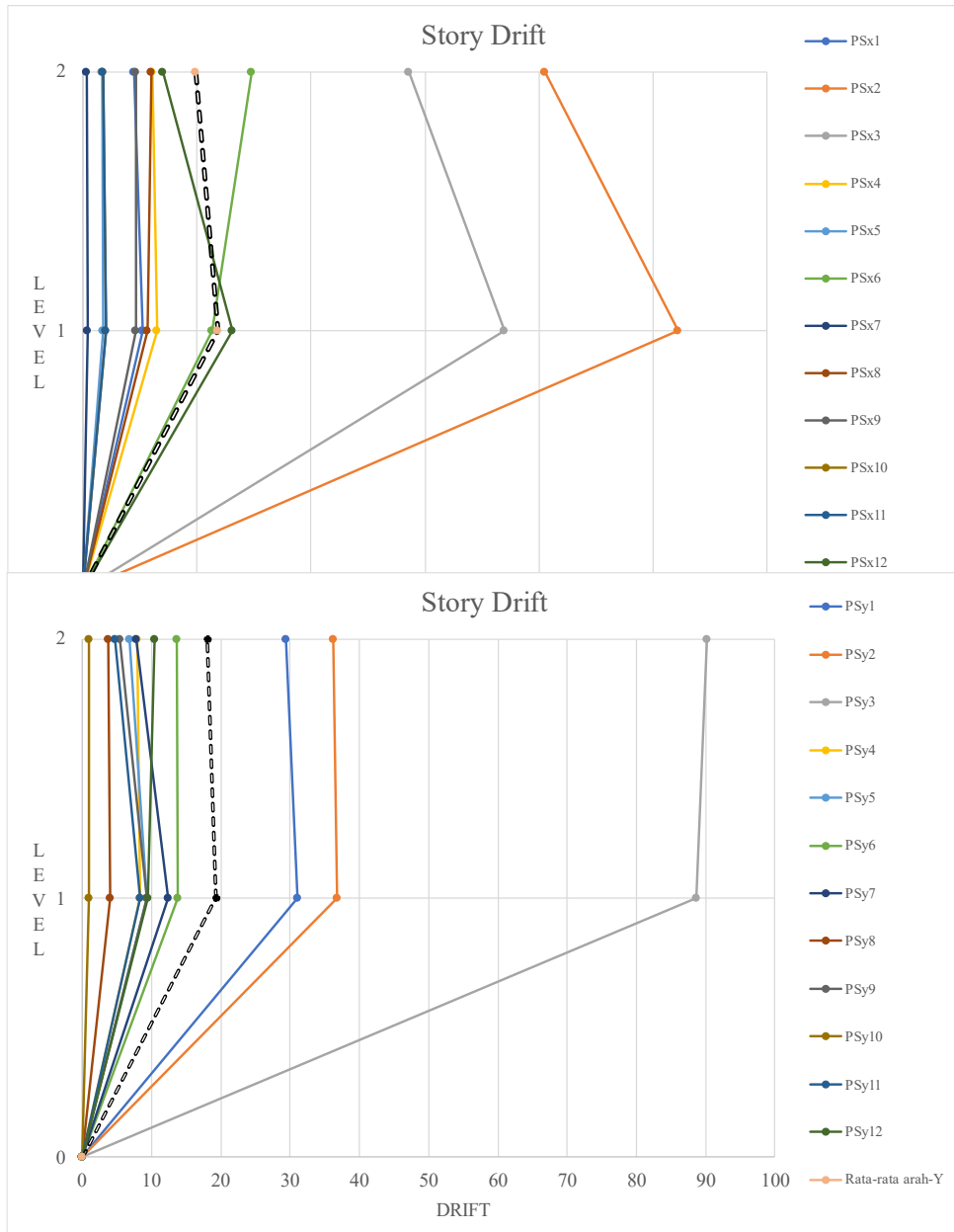
1. Model 1



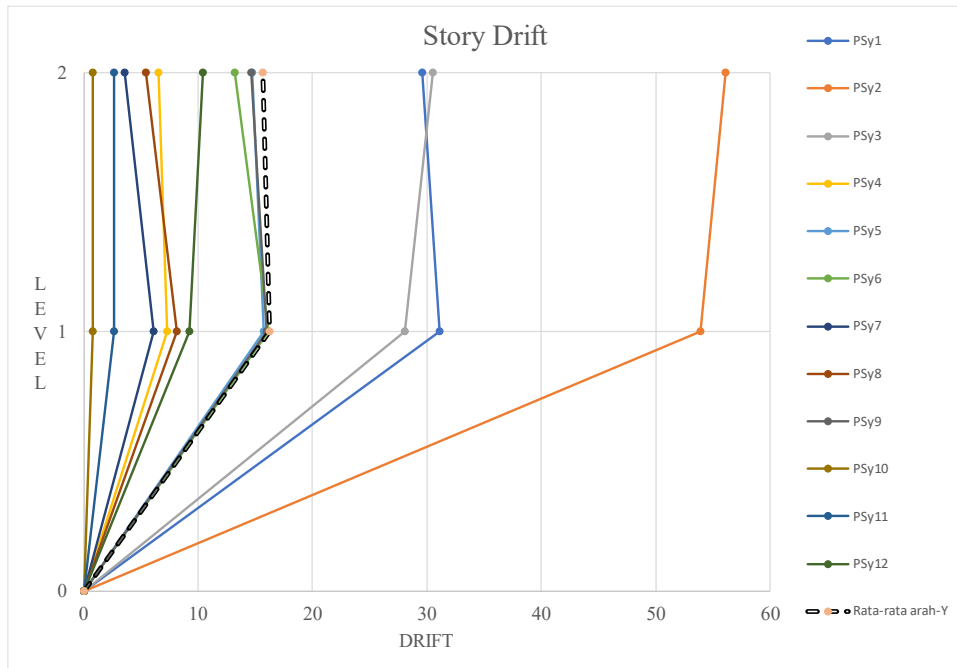
Gambar L.1: Nilai story drift Gempa *Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 1.

Gambar L.2: Nilai story drift Gempa *Pulse* arah y untuk struktur rumah toko model 1.

2. Model 2

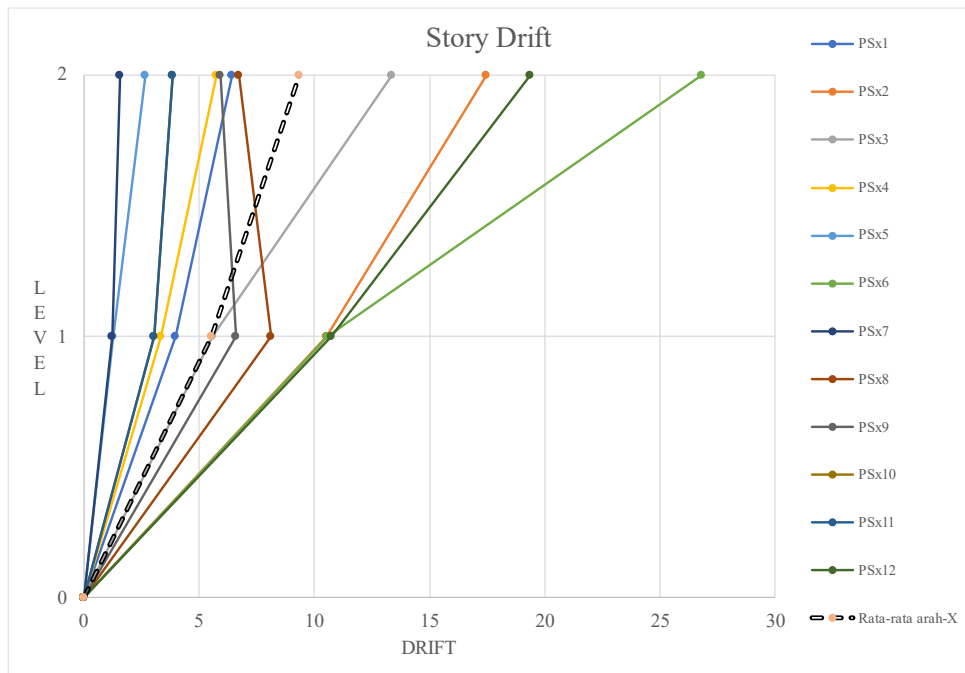


Gambar L.3: Nilai story drift Gempa *Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 2.

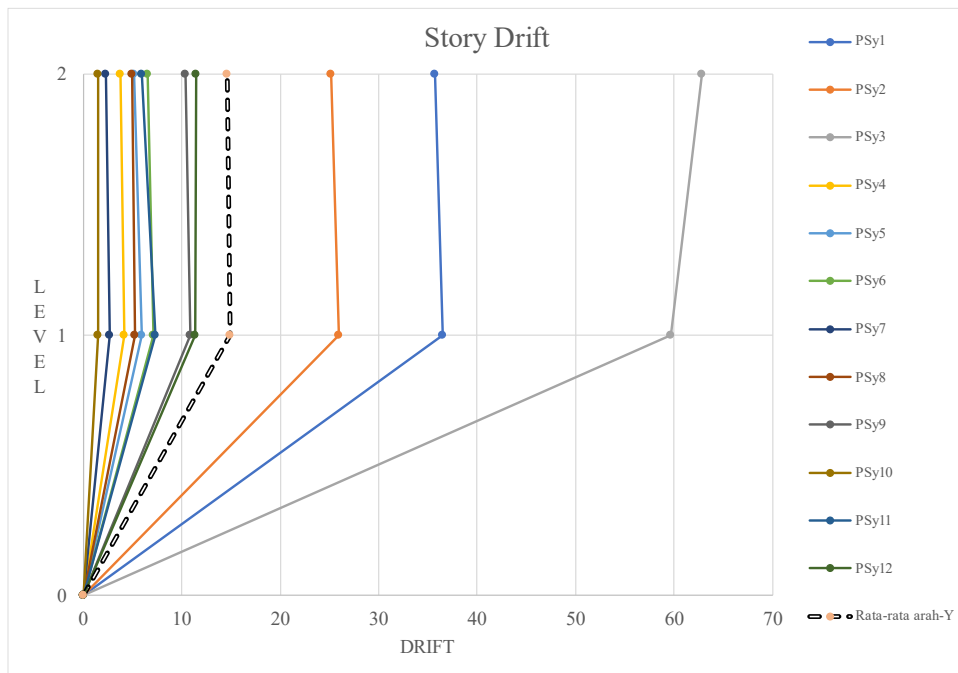


Gambar L.4: Nilai *story drift* Gempa *Pulse* arah y untuk struktur rumah toko model 2.

3. Model 3



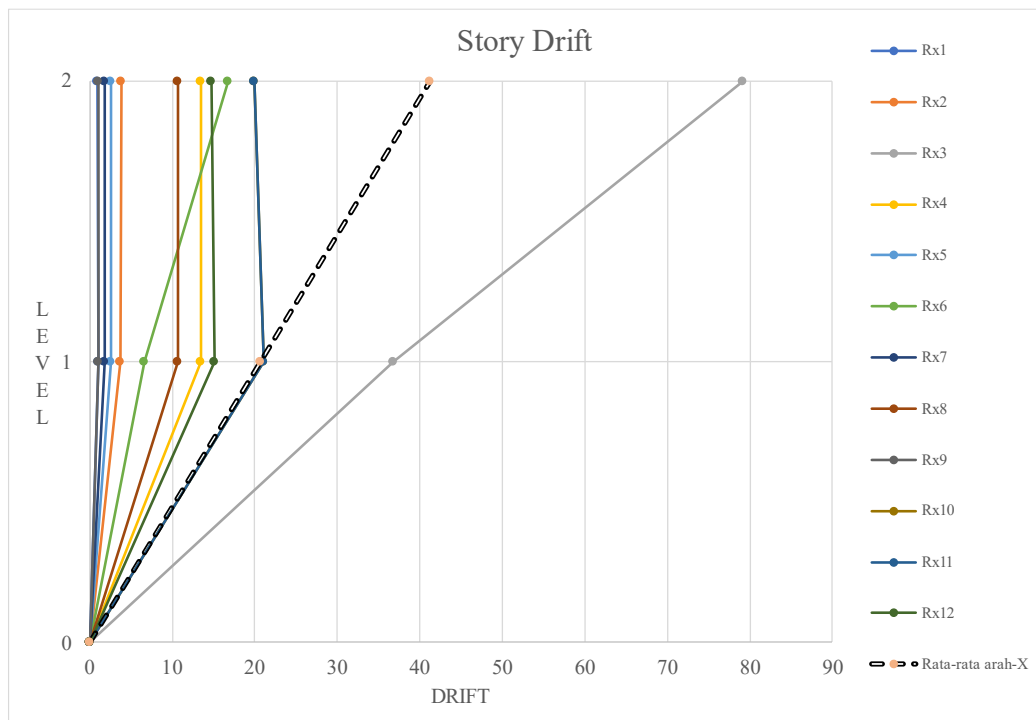
Gambar L.5: Nilai *story drift* Gempa *Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 3.



Gambar L.6: Nilai *story drift* Gempa *Pulse* arah *y* untuk struktur rumah toko model 3.

A.10.2.2. Terhadap Gempa *Non Pulse*

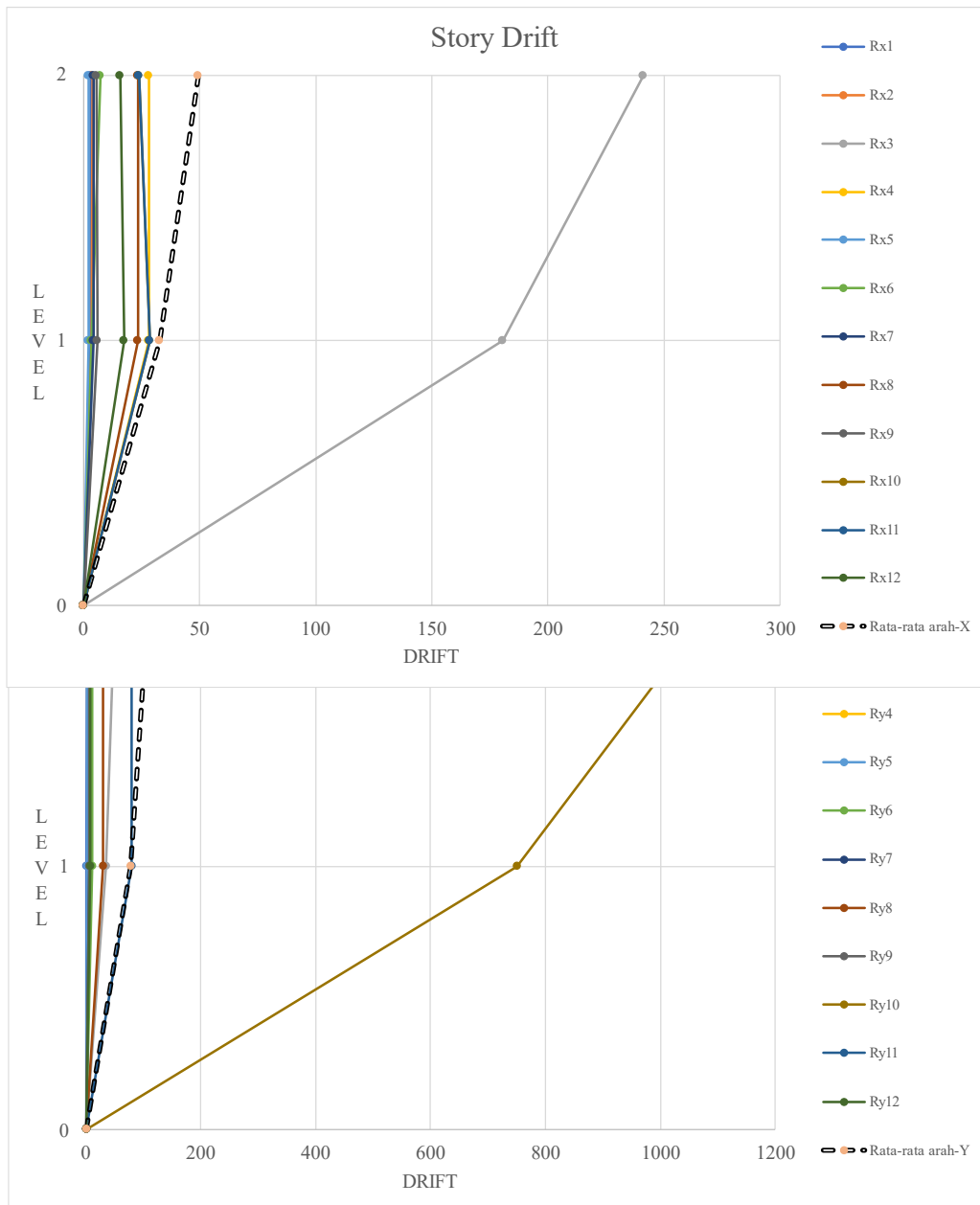
1. Model 1



Gambar L.7: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 1.

Gambar L.8: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah y untuk struktur rumah toko model 1.

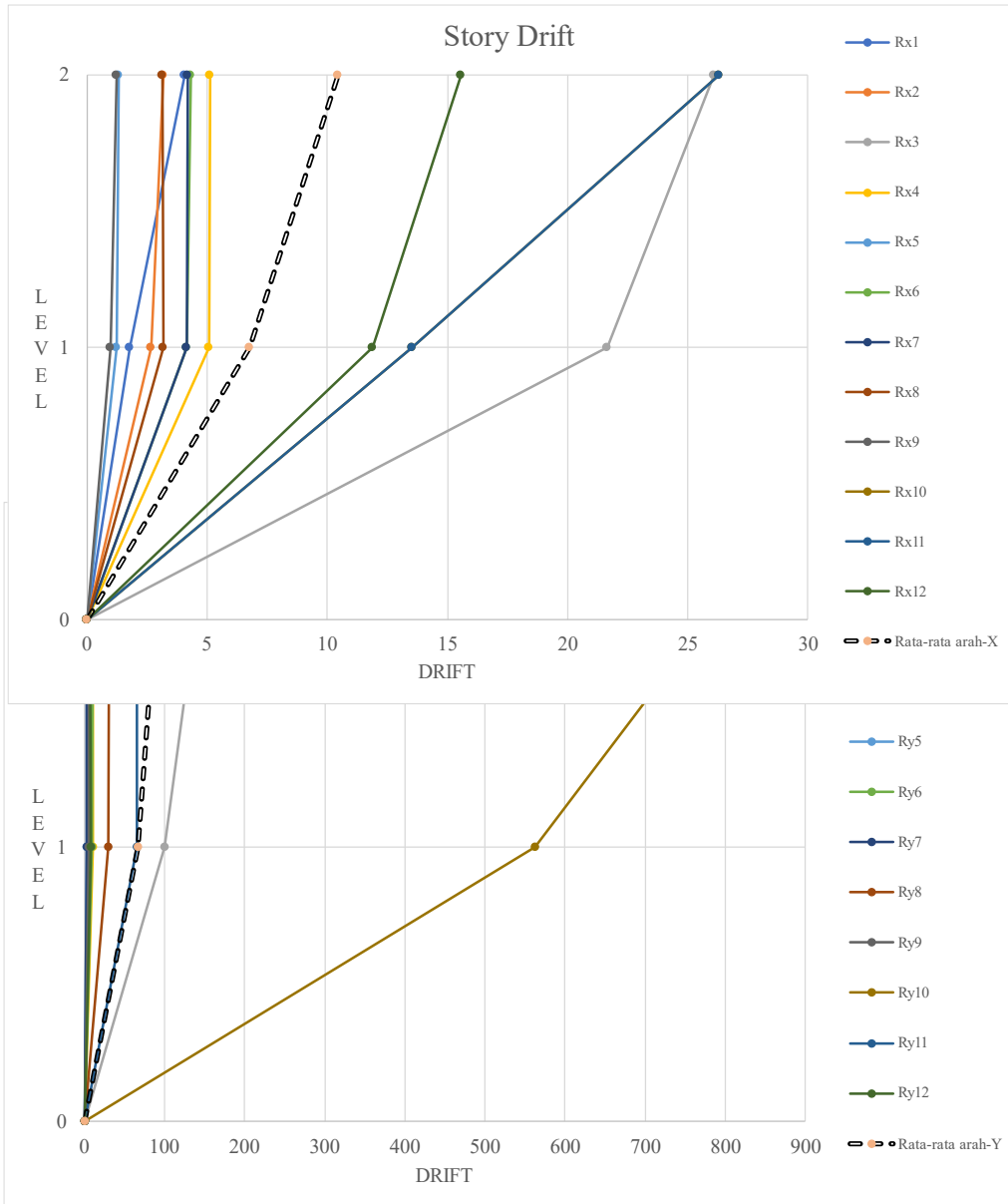
2. Model 2



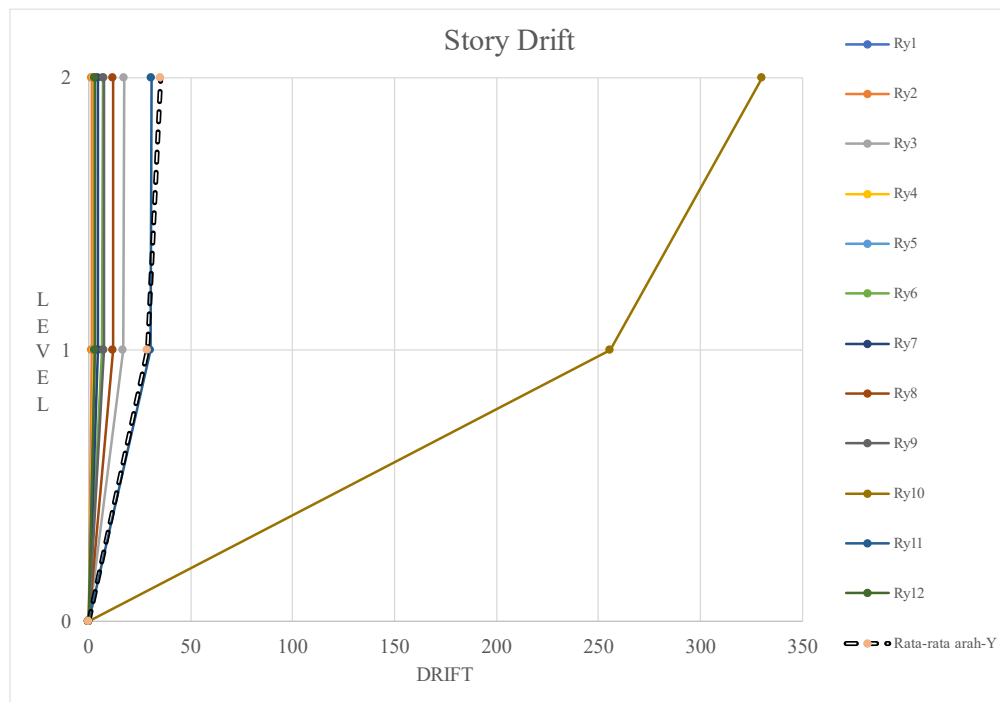
Gambar L.9: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 2.

Gambar L.10: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah y untuk struktur rumah toko model 2.

3. Model 3



Gambar L.11: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah x untuk struktur rumah toko model 3.



Gambar L.12: Nilai *story drift* Gempa *Non Pulse* arah y untuk struktur rumah toko model 3.

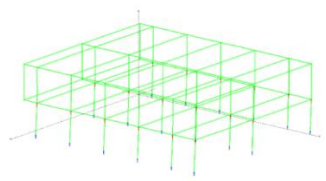
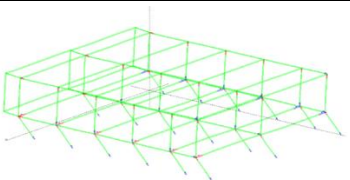
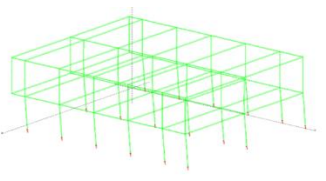
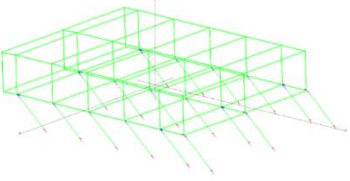
A.10.3. Pola Keruntuhan

A.10.3.1. Terhadap Gempa Pulse

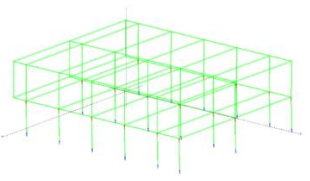
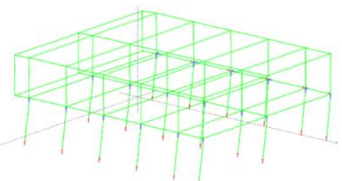
1. Model 1

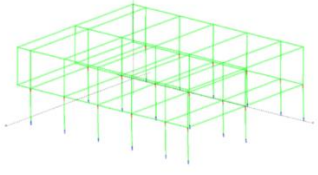
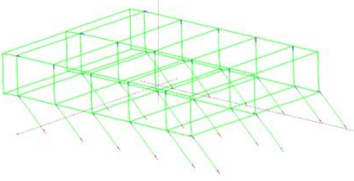
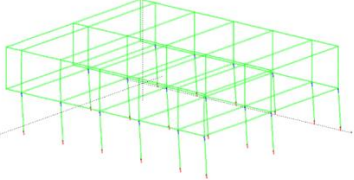
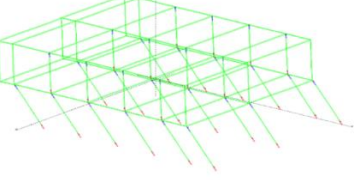
Tabel L.47: Pola Keruntuhan untuk model 1.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,6	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,5	

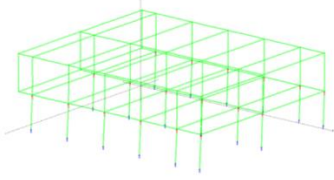
PS2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,36	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	7,5	
PS3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,88	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3	

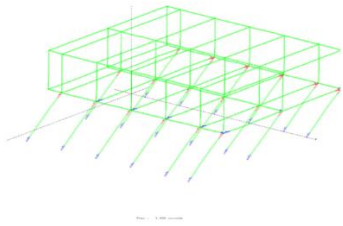
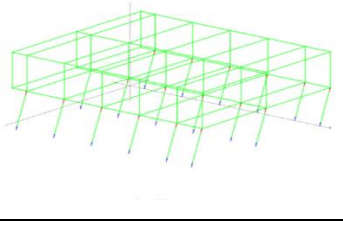
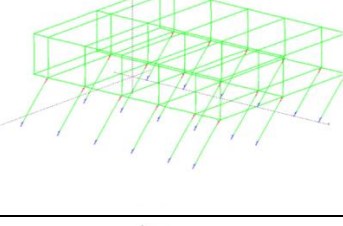
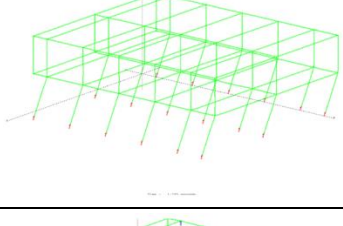
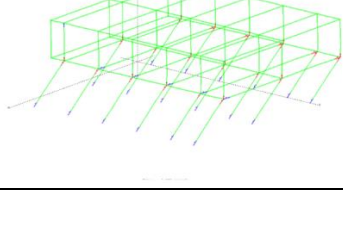
Tabel L.47: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,025	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	23,2	

PS5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,25	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	16	
PS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	3	

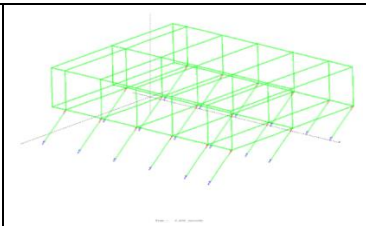
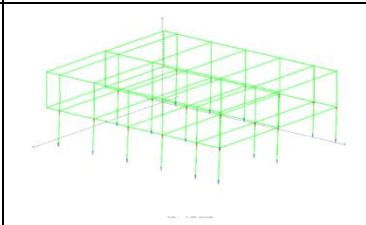
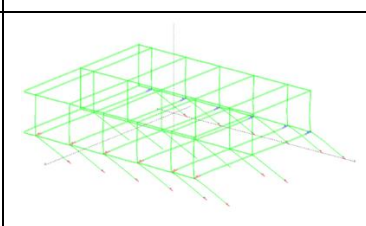
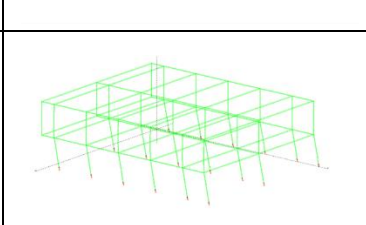
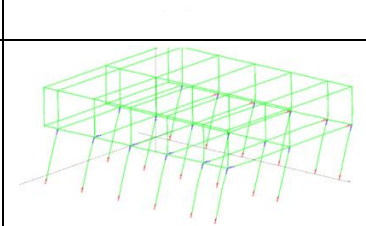
Tabel L.47: Lanjutan

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,75	

	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,8	
PS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,4	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,65	
PS9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,725	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	5	

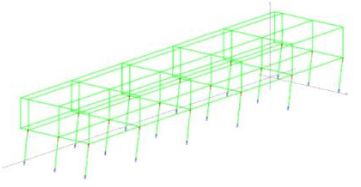
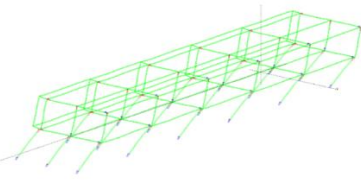
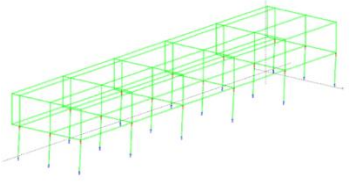
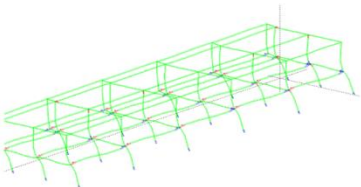
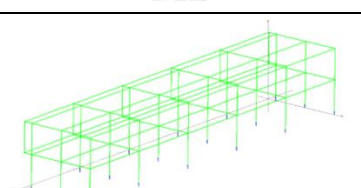
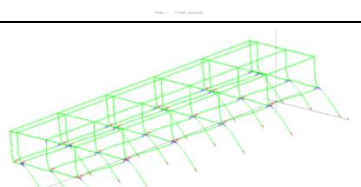
Tabel L.47: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		0,8	

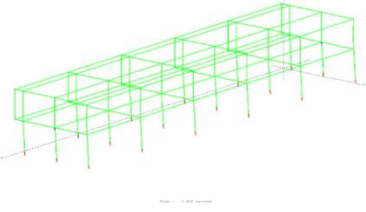
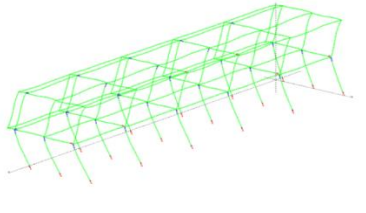
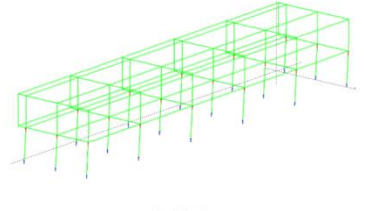
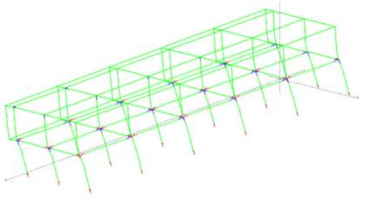
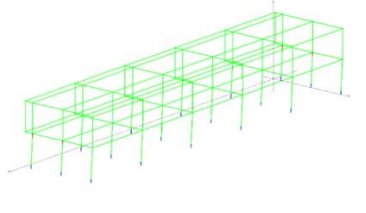
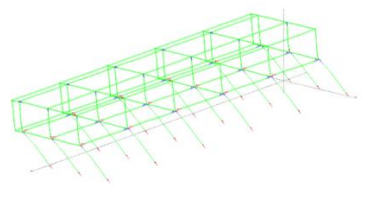
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	2,65	
PS11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		1,175	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,2	
PS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		0,8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	1,4	

2. Model 2

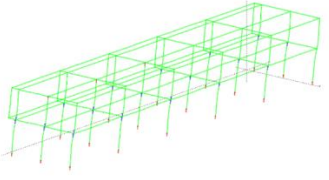
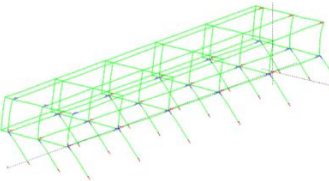
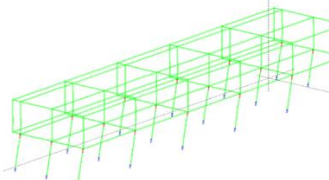
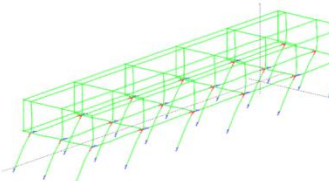
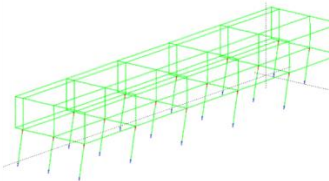
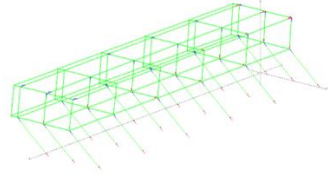
Tabel L.48: Pola Keruntuhan untuk model 2.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,76	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	9,4	
PS2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,32	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	5,3	
PS3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,96	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3	

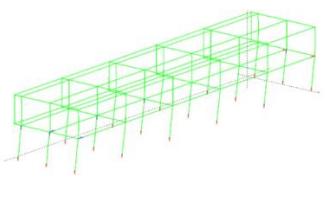
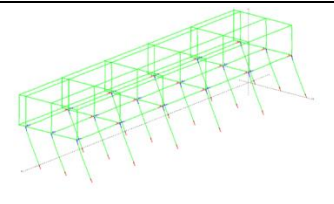
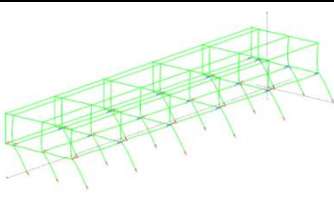
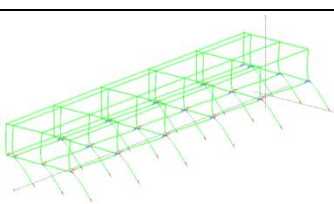
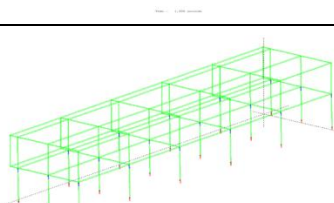
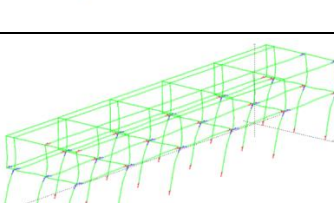
Tabel L.48: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	13,575	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	24,9	
PS5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,625	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	14,60	
PS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,7	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3,4	

Tabel L.48: *Lanjutan*

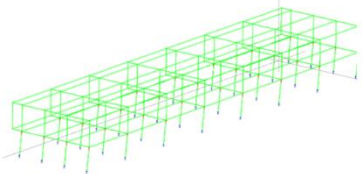
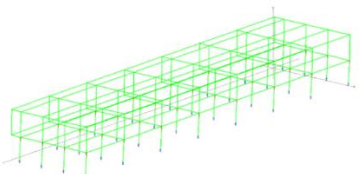
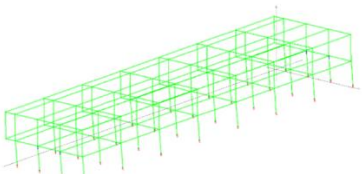
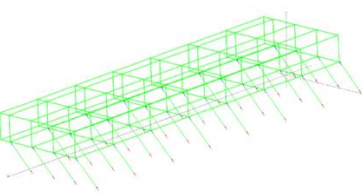
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	3,375	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3,9	
PS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,325	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	0,65	
PS9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,475	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3,9	

Tabel L.48: *Lanjutan*

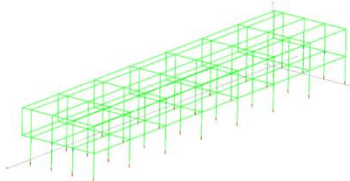
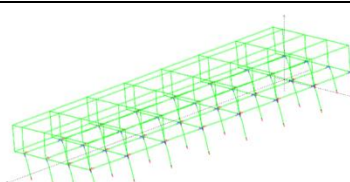
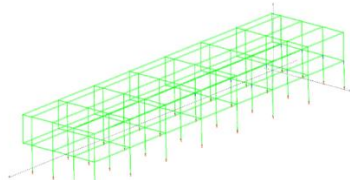
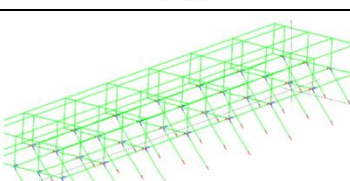
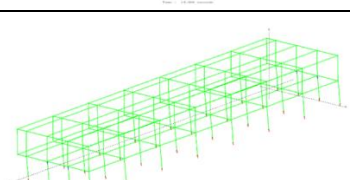
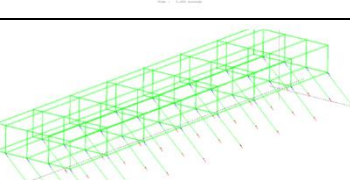
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		0,85	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,8	
PS11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		1,025	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,2	
PS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		1	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,3	

3. Model 3

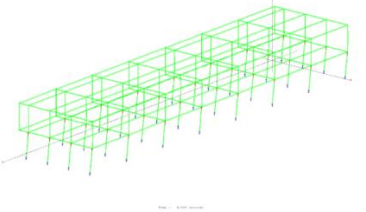
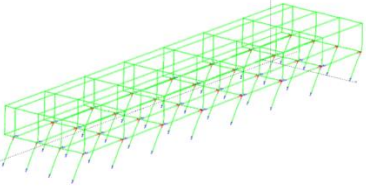
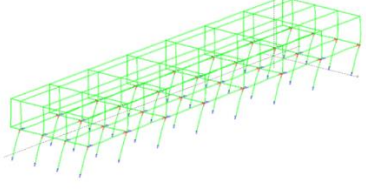
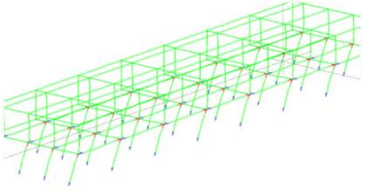
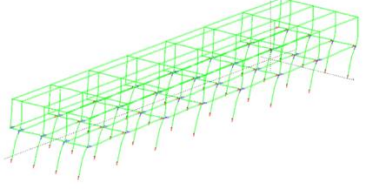
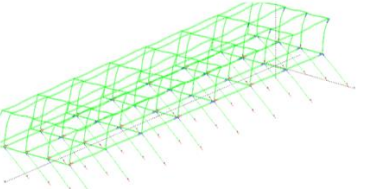
Tabel L.49: Pola Keruntuhan untuk model 3.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	4,72	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Samping	17,46	
PS2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,32	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	15,2	
PS3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,38	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	4,6	

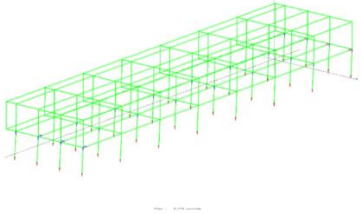
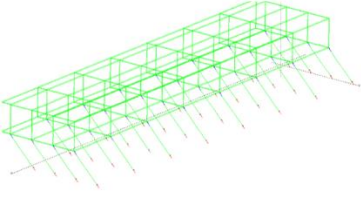
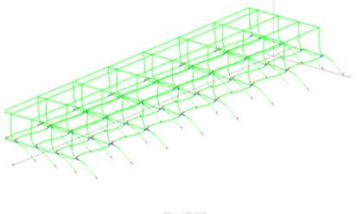
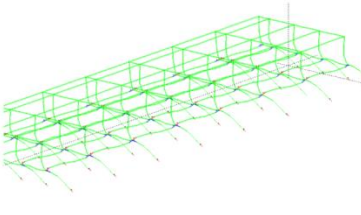
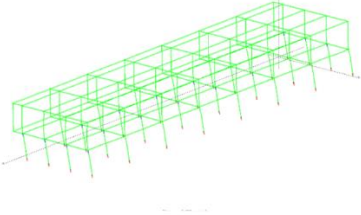
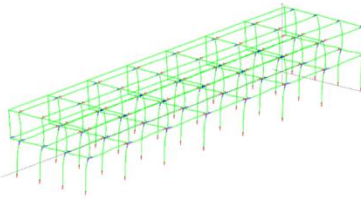
Tabel L.49: Lanjutan

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	7,825	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	25,6	
PS5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	7,775	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	19,5	
PS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,225	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	7,8	

Tabel L.49: Lanjutan

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,525	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,2	
PS8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,425	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	0,45	
PS9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,625	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	3,9	

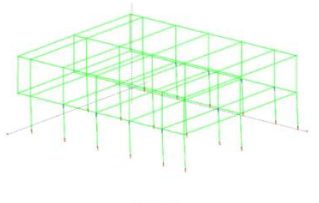
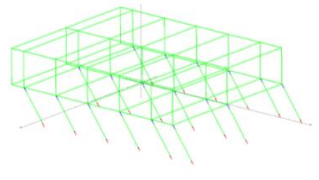
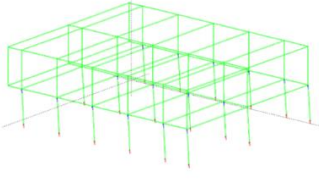
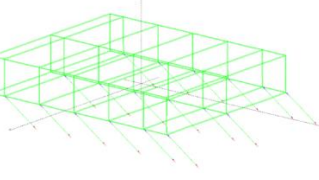
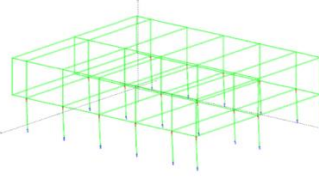
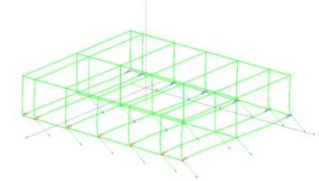
Tabel L.49: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
PS10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		0,775	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,5	
PS11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		1,225	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,225	
PS12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar		0,8	
	Soft Story	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	0,9	

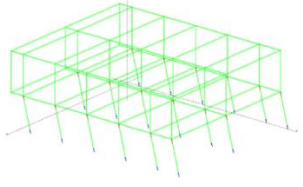
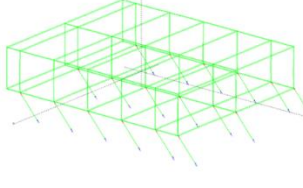
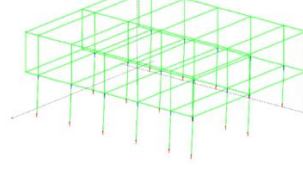
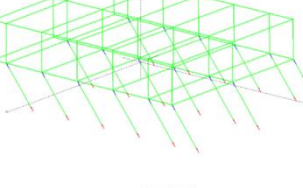
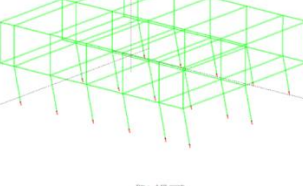
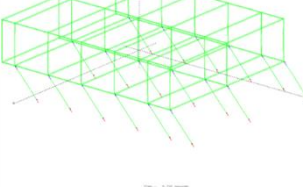
A.10.3.2. Terhadap *Gempa Non Pulse*

1. Model 1

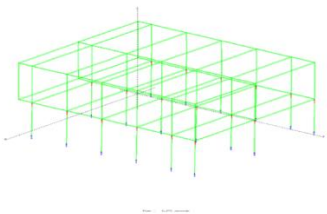
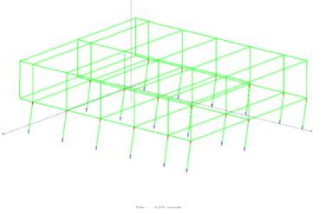
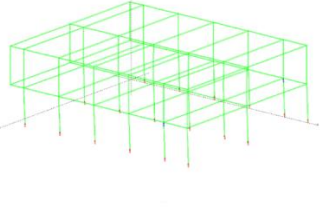
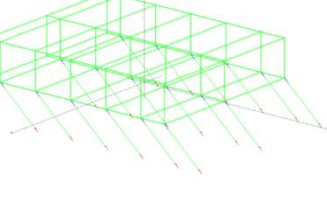
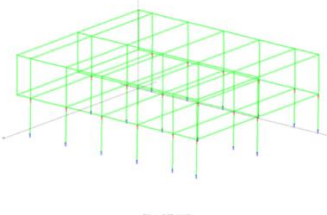
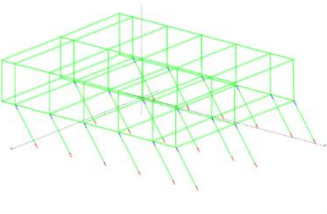
Tabel L.50: Pola Keruntuhan untuk model 1

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,25	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,95	
R2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,325	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	1	
R3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,75	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,175	

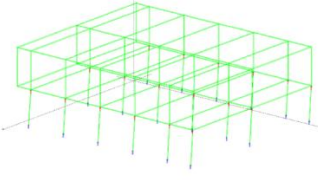
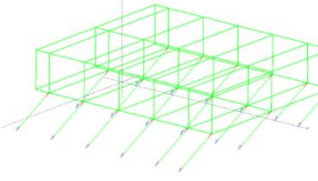
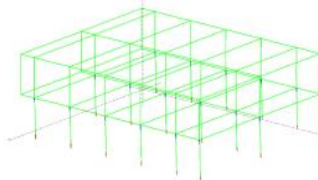
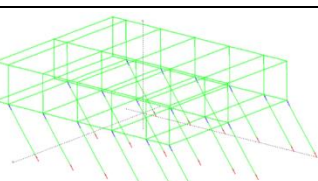
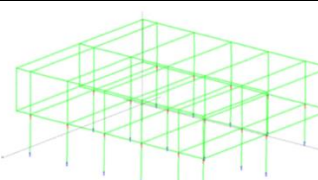
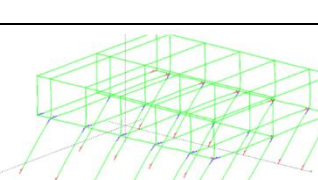
Tabel L.50: Lanjutan

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,25	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,5	
R5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Balok	Lantai 1	-	0,575	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	1,1	
R6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,425	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,75	

Tabel L.50: *Lanjutan*

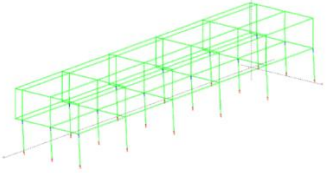
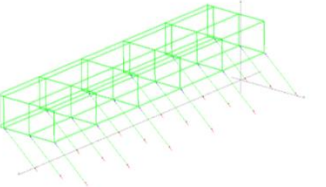
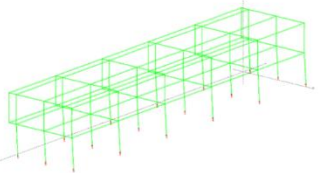
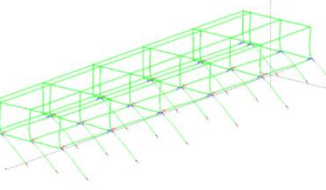
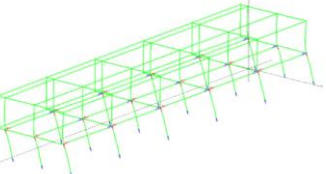
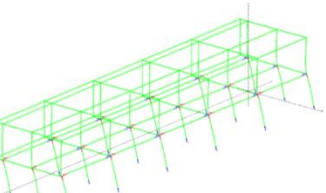
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,275	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,675	
R8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,075	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,4	
R9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,275	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	1	

Tabel L.50: *Lanjutan*

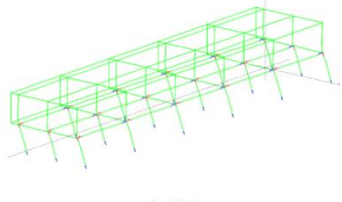
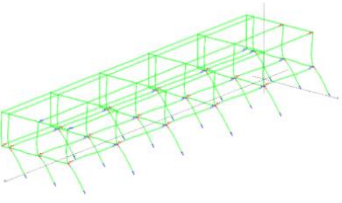
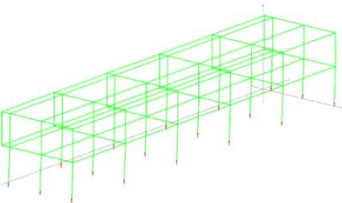
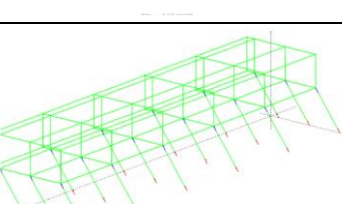
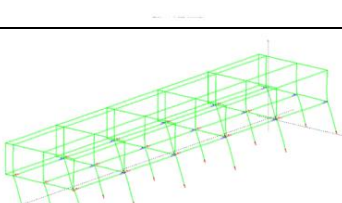
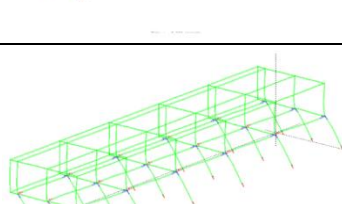
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,125	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,5	
R11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,075	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,4	
R12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,325	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	1,3	

2. Model 2

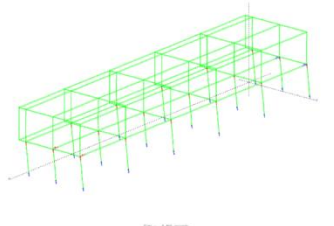
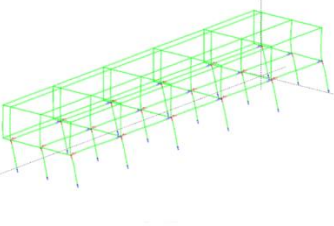
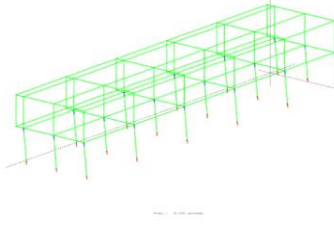
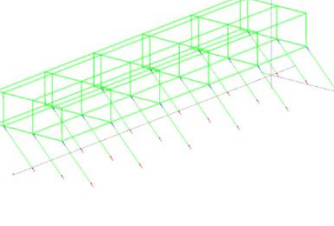
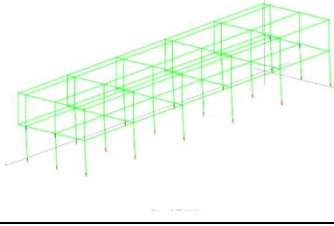
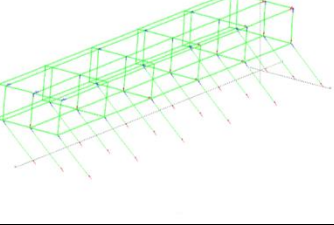
Tabel L.51: Pola Keruntuhan untuk model 2

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,15	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,7	
R2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,325	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	1,0	
R3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,05	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,1	

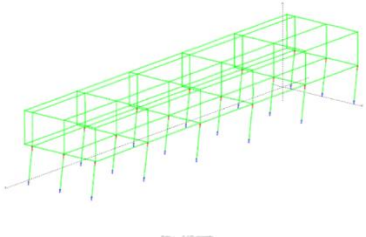
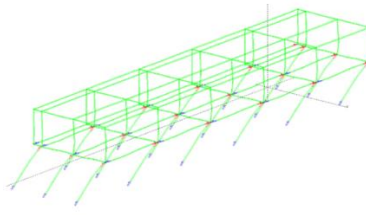
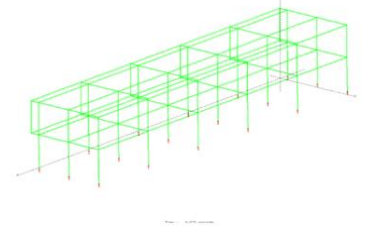
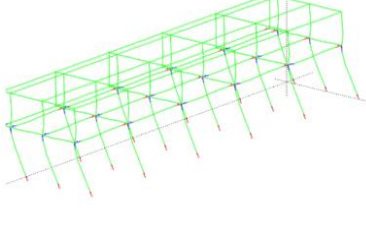
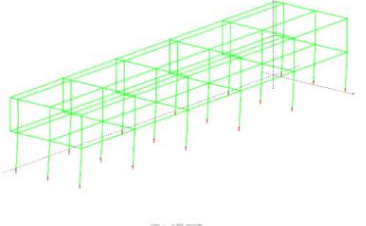
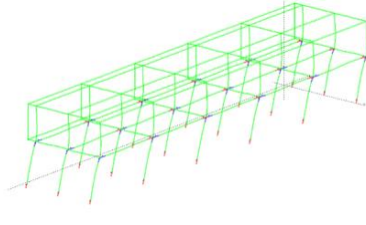
Tabel L.51: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,2	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,3	
R5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,575	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	1,13	
R6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,55	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,75	

Tabel L.51: *Lanjutan*

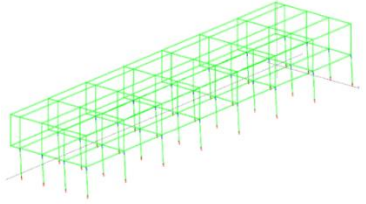
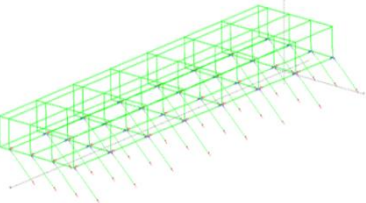
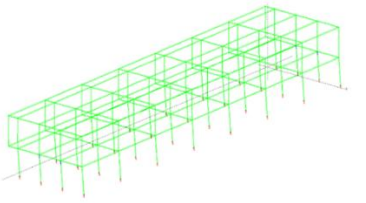
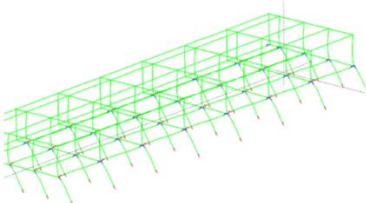
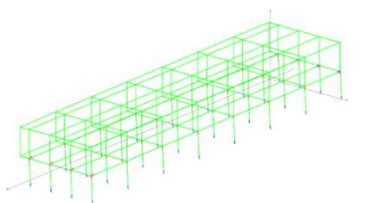
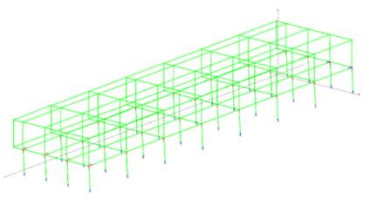
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,45	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,675	
R8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,1	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,45	
R9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,325	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,65	

Tabel L.51: *Lanjutan*

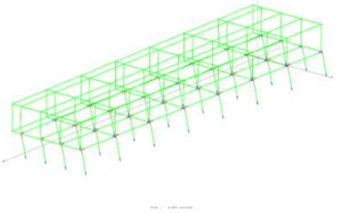
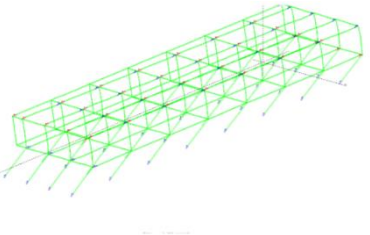
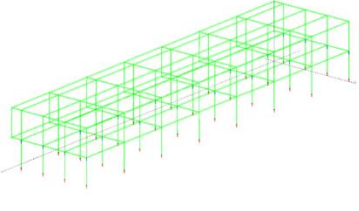
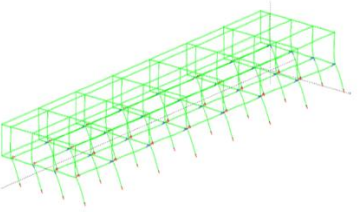
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,175	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,5	
R11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,075	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,4	
R12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,4	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,8	

3. Model 3

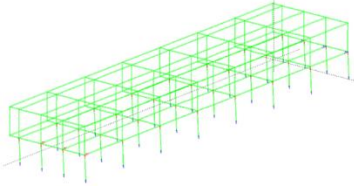
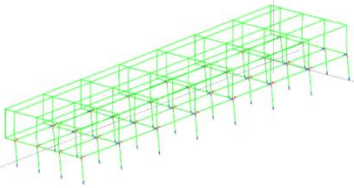
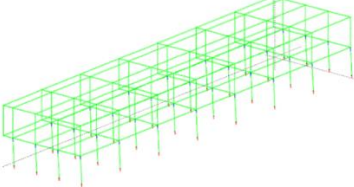
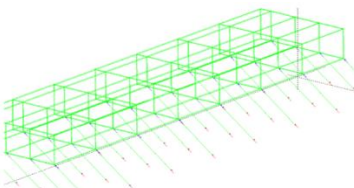
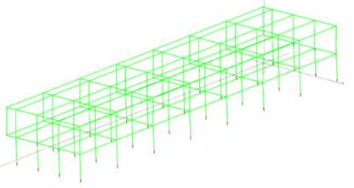
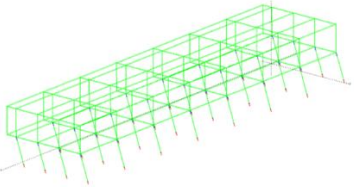
Tabel L.52: Pola Keruntuhan untuk model 3

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R1	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,225	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,9	
R2	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,575	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	1,0	
R3	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,075	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,075	

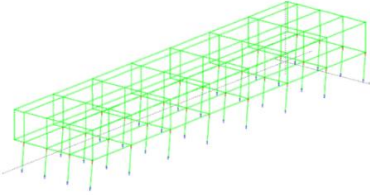
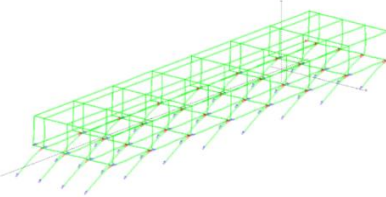
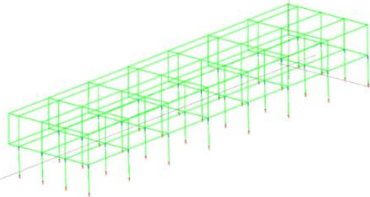
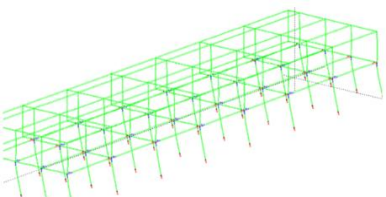
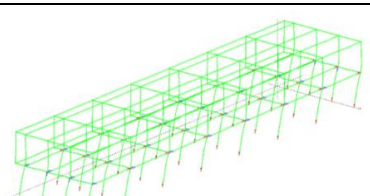
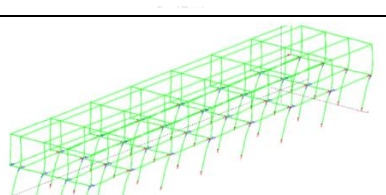
Tabel L.52: Lanjutan

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R4	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,45	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	1,35	
R5	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,575	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	1,1	
R6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,575	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,675	

Tabel L.52: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R7	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,375	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,45	
R8	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,15	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,7	
R9	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,275	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,65	

Tabel L.52: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
R10	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,2	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,9	
R11	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,15	
	Soft Story	Kolom	Base	Muka/Belakang	0,375	
R12	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Base	-	0,775	
	Soft Story	Kolom	Base	Samping	0,9	



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : SEPTA PRANATA TARIGAN
NPM : 1707210124
JUDUL : " EVALUASI KERUSAKAN RUMAH TOKO AKIBAT
GEMPA DEKAT MENGANDUNG PULSE "

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- Perbaiki Ringkasan pustaka - Perbaiki metode penelitian - Buat Gantt Chart!	Mh 16/02/21
		all program Seminar!	Mh 18/02/21
		- Perbaiki Bab 2 - Buat pemodelan linear	Mh 20/03/21
		- Lanjutkan ke Bab 3 - Perbaiki model linear	Mh 11/04/21
		- Perbaiki model linear - Cari ground motion	Mh 29/04/21
		- Cari hasil analisis struktur - Buat model non linear	Mh 14/05/21
		- Perbaiki Bab 3 - Buat grafik hasil	Mh 24/05/21
		- Buat Bab 4	Mh 13/06/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc.,PhD)



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : SEPTA PRANATA TARIGAN
NPM : 1707210124
JUDUL : "EVALUASI KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO
AKIBAT GEMPA DEKAT MENGANDUNG PULSE"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
-		perbaiki gambar bab 4	
-		perbaiki judul (model nonlinear)	10/02/21
-		Cek hasil model nonlinear	
-		perbaiki gambar & Tabel	23/08/21
-		perbaiki bab 4	
-		buat kesimpulan	12/09/21
-		buat daft pustaka	
-		Daft. isi dll	28/09/21
-		perbaiki kesimpulan	
-		perbaiki daft isi	
-		Daft. pustaka	15/10/21
-		perbaiki kesimpulan	
-		perbaiki daft isi	30/10/21
-		ace utk seminar akhir	09/11/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Septa Pranata Tarigan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 06 September 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Seroja 2A LK VIII No.3, Medan Helvetia
Agama : Islam
Nama Orang Tua
a. Ayah : Piher Tarigan
b. Ibu : Innawati Tumangger
No. Hp : 0812-6232-3300
E-Mail : septapranata99@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD Negeri 064982 Medan	2011
2	MTS Darul Arafah	2014
3	MA Darul Arafah	2017
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 s/d Selesai