

TUGAS AKHIR

MENCARI ANTI *SOFT STORY* PADA KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA (STUDI KASUS)

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

Disusun oleh:

OKKY ADITYA FAHREZA
1707210155



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

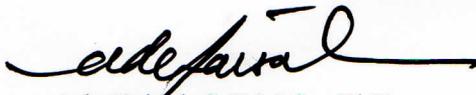
Nama : Okky Adytia Fahreza
NPM : 1707210155
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Mencari Anti Soft Story Pada Kerusakan Struktur Rumah
Toko Akibat Gempa (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 9 Februari 2022

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Okky Adytia Fahreza

NPM : 1707210155

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Mencari Anti *Soft Story* Pada Kerusakan Struktur Rumah
Toko Akibat Gempa (Studi Kasus).

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 9 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Tondi Amirsyah Putera, 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 : Okky Adytia Fahreza
Tempat/Tanggal Lahir : Cimahi /18 Februari 1999
NPM : 1707210155
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Mencari Anti Soft Story Pada Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa (Studi Kasus)."

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

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

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

Medan, 9 Februari 2022
Saya yang menyatakan,



Okky Adytia Fahreza
Okky Adytia Fahreza

ABSTRAK

MENCARI ANTI SOFT STORY PADA KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA (*Studi Kasus*)

Okky Adytia Fahreza
1707210155
Ade Faisal, ST,MSc,PhD

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan tingkat tinggi, beban gempa merupakan parameter yang sangat berpengaruh. Sehingga perlu perlakuan khusus untuk mendapatkan struktur tahan gempa untuk menghindari kegagalan struktur akibat gempa. Untuk mengetahui bagaimana Soft Story Pada Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa pada struktur yang fleksibel kriteria penentu sudah akan berbalik menjadi *displacement govern*, yaitu nilai lendutan/simpangan yang terjadi. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh. Penelitian ini menganalisis 3 model, setiap model memiliki 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, Hasil analisis top displacement dari variasi kekuatan 2.5%, 5%, 7.5%, 10% kekakuan yang ditambahkan pada ketiga model menghasilkan nilai displacement yang relatif kecil. Sebagian struktur sudah mencapai lelehnya. Hasil inter *story drift* yang diperoleh untuk dalam ketiga model dipengaruhi oleh nilai perioda setiap modelnya dan berat bangunan itu sendiri dilihat di table pola keruntuhan Sebagian besar telah terjadinya keruntuhan atau *Soft Story*. Dari hasil analisa koreksi skala simpangan antar tingkat sebagian model tidak memenuhi syarat SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1 yaitu, gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen.

Kata Kunci : Gempa Berulang,SRPMK,*Soft Story*,Ruko,Kekakuan

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ANTI SOFT STORY ON STRUCTURAL DAMAGES OF SHOP HOUSE DUE TO EARTHQUAKE (Case Study)

Okky Adytia Fahreza
1707210155
Ade Faisal, ST,MSc,PhD

In planning the structure of high-rise buildings, earthquake load is a very influential parameter. So that special treatment is needed to obtain earthquake-resistant structures to avoid structural failure due to earthquakes. To find out how Soft Story on the value of Damage to House Structures Due to Earthquake in a flexible structure, the determinants will turn into government transfers, namely loans/savings that occur. Special Moment Resistant Frame System (SRPMK), this system has full ductility. This study analyzes 3 models, each model has a moment resisting frame system, namely a special moment resisting frame system. The three shophouse building models were analyzed linearly and non-linearly using the Response Spectrum Analysis Method using the Structural Analysis Program and Time History Analysis using the RUAMOKO Software, the results of the top displacement analysis of the reinforcement variation 2.5%, 5%, 7.5%, 10% of the added stiffness in the third model results in a relatively small displacement value. part of the structure has reached its melting point. The results of the inter story drift obtained for the three models are influenced by the value of each model and the weight of the building itself as seen from the table of collapse patterns, most of which have occurred or Soft Story. From the results of the analysis of the improvement in the scale of the deviation between levels, some models do not meet the requirements of SNI 1726:2019 article 7.9.1.4.1, namely, the basic shear force resulting from the analysis of variance (V_t) is less than 100% of the shear force (V) calculated using the equivalent static method.

Keywords: Repeated Earthquake, SRPMK, Soft Story, Shophouse, stiffness

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Mencari anti Soft Story pada kerusakan struktur rumah toko akibat gempa”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Ade Faisal, ST,MSc,PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Assoc.Prof.Dr. Fahrizal Zulkarnain,S.T.,M.Sc selaku Dosen Penguji I dan selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Tondi Amirsyah Putera, ST., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
7. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Zulfahmi dan Ibunda Erliza Sandra, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kakak penulis Amelia Fahreza dan Nindy Ananda Fahreza yang selalu

memberi semangat dan dukungan kepada penulis.

9. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Siti Hardianti Tbn, Lisa Handayani Sihotang, Dea Melani, Adjudira Novani, Ayu Wundari, Nurul Wahida siregar, Dwi Ambar Kartika Ratrei, Ilma Novanda yang telah sama- sama saling memberi dukungan dan motivasi, saling membantu dan mengarahkan ketika penulis melakukan kekeliruan serta ketika penulis mendapatkan kesulitan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk semua pengalaman dan kebahagiaan yang telah dibagikan
10. Terimakasih kepada kelas D1 pagi khususnya kepada Mhd tondi alfarizi, Farhan Langen, Kevin Pratama, Al Hafiz, Brilian Sukarsyah, Mariadly Rizky Abdillah, Taufiqurrahman, Boby maulana, Muhammmad Riqi Fauzan, Iqbal Mubarriq yang telah banyak memberi dukungan dan semangat kepada penulis
11. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.
12. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.

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

Medan,9 Februari 2022

Okky Adytia Fahreza

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Teori Gempa	6
2.2.1. Ground Motion (Pergerakan Tanah)	7
2.2.2. Respon Spektrum	8
2.3. Struktur Beton Bertulang	8
2.4. Soft Story	9
2.5. Kekakuan (stiffies)	9
2.6. Sistem Rangka Pemikul Momen	10
2.6.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	11
2.7. Kombinasi Pembebanan	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Umum	14
3.2. Pemodelan Struktur	15

3.2.1. Data Perencanaan Struktur	15
3.2.2. Model 1 (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	16
3.2.3. Model 2 (Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	18
3.2.4. Model (Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon).	20
3.3. Analisis Struktur	22
3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier	22
3.3.2. Pembebanan	22
3.3.3. Respon Spektrum Desain Gempa	23
3.3.4. Kombinasi Pembebanan	24
3.4. Analisis Respon Spektrum Ragam	26
3.4.1. Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)	26
3.4.2. Analisa Respon Riwayat Waktu	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier	31
4.2. Hasil Analisa Ragam	31
4.2.1. Respon Spektrum Ragam	31
4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal	32
4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi	32
4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	33
4.2.5. Nilai Simpangan Gedung	33
4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	34
4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta	34
4.2.8. Hasil Analisa Non Linier	34
4.3. Penambahan kekakuan	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1:	Peta zonasi gempa di Indonesia	2
Gambar 2.1:	Respons spektra 21 rekaman ground motion dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$	7
Gambar 2. 2:	Respon spektrum tanah sedang di Kota Medan hasil simulasi skenario terburuk	8
Gambar 2.3:	Simpangan Antar tingkat dan drift index	10
Gambar 2.4:	Histeresis di sendi plastis yang stabil	11
Gambar 3.1:	Bagan alur penelitian	14
Gambar 3.2:	Survey lokasi model ruko 1.	16
Gambar 3.3:	a) Denah struktur model 1, b) Proyeksi bangunan model 1, c) geometri ruko model 1.	18
Gambar 3.4:	Survey lokasi model ruko 2.	18
Gambar 3.5:	a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2, c) Geometri ruko model 2.	20
Gambar 3.6:	Survey lokasi model ruko 4.	20
Gambar 3.7:	a) Denah struktur model 4, b) Proyeksi bangunan model 4, c) Geometri ruko model 4.	22
Gambar 3.8:	Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Lunak	24
Gambar 3.9:	Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum	28
Gambar 3.10:	Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum	29
Gambar 3.11:	Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia.	29
Gambar 3.12:	Rekaman gempa berulang LA Hollywood Stor FF Main Shock dan After Shock setelah digabungkan.	30
Gambar 4.1:	a) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 1.	35
Gambar 4.2:	a) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 2.	36
Gambar 4.3:	a) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai story drift arah y untuk struktur rumah toko model 3.	37

Gambar 4.4: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 1.	43
Gambar 4.5: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 1.	44
Gambar 4.6: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 1.	45
Gambar 4.7: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 1.	46
Gambar 4.8: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 2.	47
Gambar 4.9: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 2.	48
Gambar 4.10: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 2.	49
Gambar 4.11: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 2.	50
Gambar 4.12: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2.5% untuk struktur rumah toko model 3.	51
Gambar 4.13: a) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 3.	52
Gambar 4.14: a) Nilai story drift arah x ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai story drift arah y	

ditambahkan kekakuan sebesar 7.5% untuk struktur rumah toko model 3. 53

Gambar 4.15: a) Nilai story drift arah x ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai story drift arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 3. 54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 1.	16
Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.	19
Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 4.	21
Tabel 3.4: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	22
Tabel 3.5: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2013.	23
Tabel 3.6: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai ρ	25
Tabel 3.7: Rekaman getaran gempa berulang dari PEER NGA.	27
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.	32
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.	33
Tabel 4.3: Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) untuk setiap model.	38
Tabel 4.4: Pola Keruntuhan untuk Model 1.	39
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 2	40
Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 3	41
Tabel 4.7: Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) ditambahkan 2,5% kekakuan untuk setiap model.	55
Tabel 4.8: Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) ditambahkan 5% untuk setiap model.	55
Tabel 4.9: Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) ditambahkan 7,5% kekakuan untuk setiap model.	56
Tabel 4.10: Nilai rata-rata (<i>displacement</i>) ditambahkan 10% kekakuan untuk setiap model.	56
Tabel 4. 11: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan varisi perkuatan 2,5%	58
Tabel 4. 12: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan varisi perkuatan 5%	59
Tabel 4. 13: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan varisi perkuatan 7,5%	60

Tabel 4. 14: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan varisi perkuatan 10%	61
Tabel 4. 15: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 2,5%	62
Tabel 4. 16: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 5%	63
Tabel 4.17: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 7,5%	64
Tabel 4. 18: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 10%	65
Tabel 4. 19: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan varisi perkuatan 2,5%	66
Tabel 4. 20: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan varisi perkuatan 5%	67
Tabel 4. 21: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan varisi perkuatan 7,5%	68
Tabel 4. 22: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan varisi perkuatan 10%	69

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 SDL
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 kuat lebih sistem

BAB 1

PENDAHULUAN

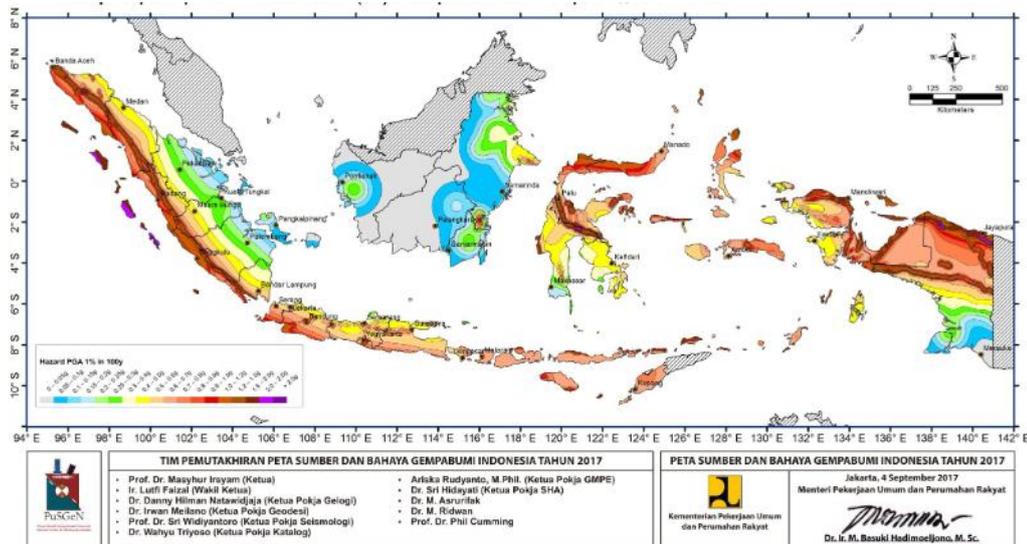
1.1. Latar Belakang

Bangunan dengan struktur rangka beton bertulang bisa dilengkapi dengan dinding geser, sebagai tambahan dari elemen pelat, balok, kolom dan dinding pengisi rangka. Bangunan struktur rangka beton bertulang dengan dinding geser menjadi pilihan yang populer karena lebih efektif dalam menyediakan keamanan terhadap gempa dan keruntuhan dapat dihindari. Struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas, dengan konsep ini struktur tidak lagi perlu direncanakan agar tetap dalam batas elastis saat memikul beban gempa terbesar yang diramalkan mungkin terjadi. Suatu taraf pembebanan dengan faktor reduksi terhadap beban gempa maksimum dapat dipakai sebagai beban gempa rencana, sehingga struktur dapat didesain secara lebih ekonomis. (Manalip dkk ,2015).

Kejadian sebuah gempa umumnya dikaitkan kepada gempa utama yang dimilikinya. Sedangkan pada proses perencanaan, suatu bangunan hanya didesain untuk menahan gempa tunggal yang berasal dari gempa dengan magnitudo terkuat yang pernah terjadi sebelumnya. Pada kenyataannya struktur bangunan, yang telah rusak sebagian (tetapi bangunan tetap berdiri dan bisa dihuni) akibat sebuah gempa utama, dapat mengalami guncangan gempa susulan yang lebih kecil kekuatannya dari pada gempa utama, atau mengalami guncangan gempa utama lain di kemudian hari (gempa berulang). (Tondi Amirsyah Putra dkk., 2018).

Indonesia merupakan Negara yang terletak di wilayah rawan bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan letak geografis yang menempati zona tektonik saat aktif. Indonesia terletak di pertemuan 4 lempeng besar dunia. Lempeng indo-australia, dan lempeng Eurasia pada bagian pantai barat sumatera, pantai selatan jawa (dikenal sebagai kawasan gusur sunda atau sunda Arc, dan terus melintasi nusa tenggara timur dan kepulauan Maluku). lempeng pasifik dan lempeng philipina dibagian timur kepulauan Maluku dan bagian utara daerah kepala burung papua. Di

bagian terakhir ini adalah kawasan pusat pertemuan 4 lempeng besar dunia tersebut. Zonasi gempa yang terdapat di Indonesia ditunjukkan pada gambar 1.1



Gambar 1.1: Peta zonasi gempa di Indonesia.

Untuk bangunan yang mengalami gempa berulang, tentunya kehancuran yang terjadi pada bangunan tersebut akan meningkat seiring dengan berlangsungnya gempa berikut dengan periode tertentu. Oleh karena itu perlu untuk mengetahui kinerja struktur yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami gempa berulang dengan periode tertentu agar ketahanan bangunan dapat kita rencanakan sebaik mungkin.

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

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang masalah yang telah di uraikan diatas, maka rumusan masalah adalah:

1. Bagaimana perilaku Perpindahan (*displacement*) Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Berulang?

2. Bagaimana penambahan kekuatan lateral bila ditambahkan variasi 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10% kekakuan Pada Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Berulang?

1.3. Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan masalah yang di tetapkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Struktur Bangunan yang direncanakan merupakan:
 - a. Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), pada rumah toko yang terdiri dari 2 lantai yang difungsikan sebagai tempat usaha atau perkantoran yang terdapat di daerah Kota Prapat.
 - b. Struktur rumah toko dengan dimensi kolom, balok, dan dinding serta penulangan yang hanya di analisa pada batas aman saja, tidak di analisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur beton bertulang. Pembebanan serta gedung di rencanakan berdasarkan:
 - a. Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan persyaratan beton structural 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. RUAUMOKO3D, 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 control sesuai dengan SNI 1726:2019.
 - b. Non linier:
 - Simpangan antar tingkat
 - Top displacement

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perilaku Perpindahan (*displacement*) Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Berulang.
2. Untuk mengetahui penambahan kekakuan lateral bila ditambahkan variasi kekuatan 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10% kekakuan Pada Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat Gempa Berulang

1.5. Manfaat Penelitian

1. Sebuah penelitian hendaknya dapat memberikan manfaat tertentu. Demikian pula manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana Soft Story Pada Kerusakan Struktur Rumah Toko Akibat 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 eton bertulang, analisa struktur beton bertulang system rangka pemikul momen (SRPM), dan konsep tentang kekuatan bangunan eton bertulang terhadap gempa yang terjadi.

BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR

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

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: 2012, 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 beberapa sumber itu diantaranya adalah sebagai berikut ini.

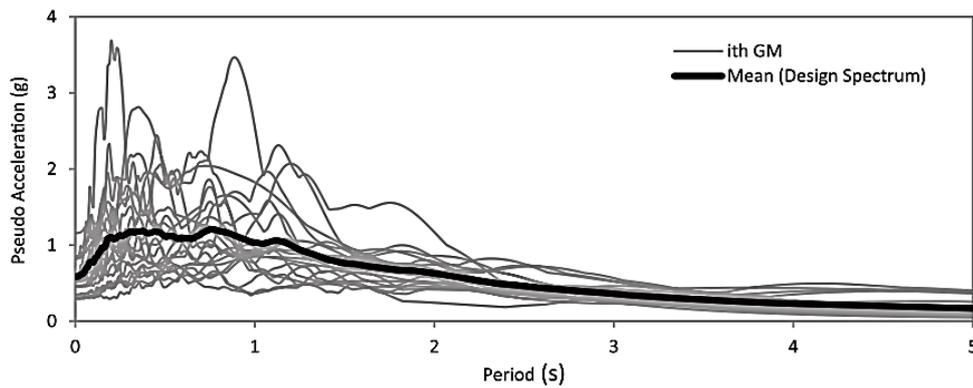
- Gempa bumi adalah gerakan tiba-tiba atau gemetar di bumi yang disebabkan oleh pelepasan tegangan yang terakumulasi secara perlahan secara tiba-tiba
- Gempa bumi adalah getaran tanah atau radiasi energi seismik yang disebabkan oleh perubahan tegangan secara tiba-tiba atau tergelincir secara tiba-tiba 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 di 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 ke segala 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 (Pergerakan Tanah)

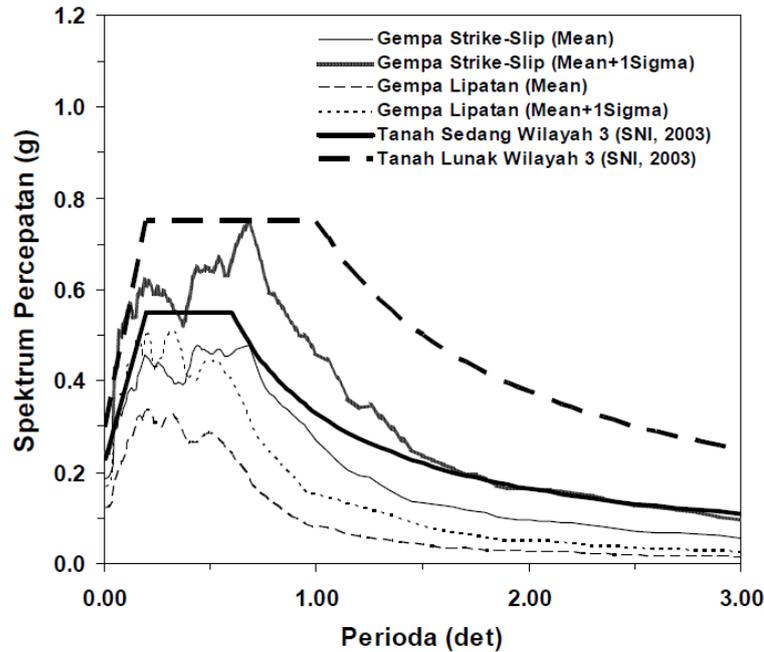
Pada umumnya, pengertian gerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah, sekaligus menjadi parameter utama. Gerakan tanah dengan makna seperti itu dimaksudkan sebagai terjemahan atas istilah *Ground Motions* yaitu suatu istilah yang populer dalam teknik gempa. Istilah tersebut kadang-kadang juga disebut *Strong Motions* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada *respons-respons* tanah yang lain. Selain percepatan tanah (*Ground Acceleration*), maka kecepatan gerakan (*Ground Velocity*) dan simpangan tanah (*Ground Displacement*) sangat umum dipakai sebagai sebutan tentang *Ground Motions* (Pawirodikromo, 2012). Gambar 2.1 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motion* serta respons spektrum desain rata-rata.



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

2.2.2. Respon Spektrum

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



Gambar 2. 2: Respon spektrum tanah sedang di Kota Medan hasil simulasi skenario terburuk (Faisal, 2007).

2.3. 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.

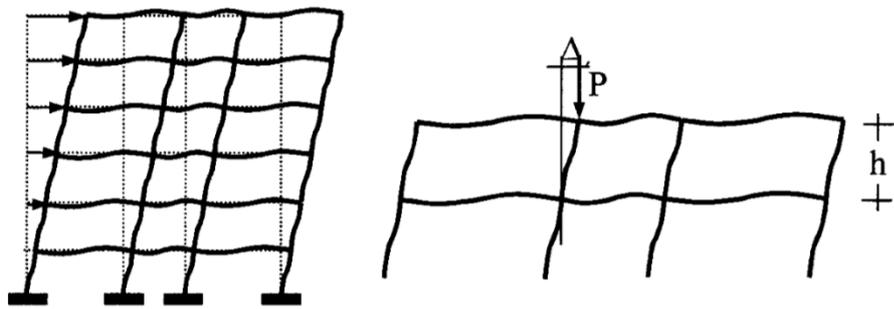
Analisis dinamik nonlinier dari struktur beton bertulang memerlukan dua jenis pemodelan matematis. Yang pertama adalah untuk distribusi kekakuan di sepanjang member beton bertulang, dan yang lainnya adalah hubungan deformasi gaya di bawah pembalikan tegangan (K. Mahmoud, Prof. Dr. Thamir; Al-Baghdadi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

2.4. Soft Story

Bangunan SoftStory Salah satu definisi bangunan gedung tidak beraturan adalah adanya suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil dari pada tingkat-tingkat yang lain (soft storey). Didalam SNI 03-2002, TCPKGUBG-2002 atau RSNI 03-1726 (2010) dijelaskan tentang bangunan gedung reguler itu adalah gedung yang sistem strukturnya memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak (soft storey). Yang dimaksud dengan struktur tingkat lunak adalah suatu tingkat yang mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya “Efrida, R. (2018)”.

2.5. Kekakuan (stiffies)

Kriteria desain tidak cukup hanya kekuatan bangunan, tetapi ada kemungkinan kriteria lain yang harus dipenuhi. Sebagaimana pada struktur yang relatif kaku maka yang menjadi kriteria penentu adalah tegangan (*stress govern*). Pada struktur yang fleksibel kriteria penentu sudah akan berbalik menjadi *displacement govern*, yaitu nilai lendutan/simpangan yang terjadi. Pada kondisi seperti itu tegangan bahan mungkin masih dalam kategori elastik, tetapi lendutan sudah cukup besar sehingga sudah tidak nyaman untuk ditempati.



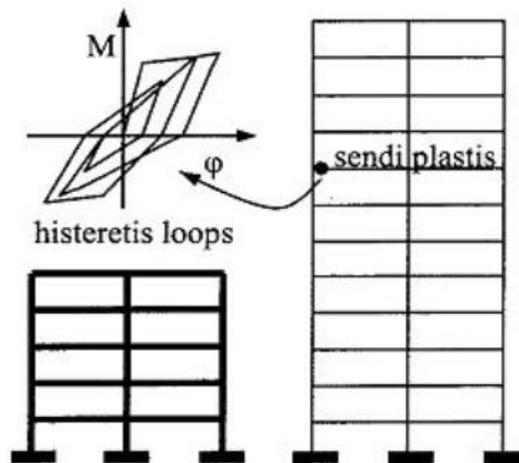
Gambar 2.3: Simpangan Antar tingkat dan drift index
(Pawirodikromo, 2012).

2.6. Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

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

1. Apabila di desain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan *hysteresis loops* di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar2.3 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar T yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



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

2.6.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu strong kolom weak beam, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus, keuntungan dari sistem ini adalah dari arsitekturalnya yang sederhana sedangkan kerugiannya yaitu pendetailan yang complex sehingga dapat mempersulit pengerjaan “Karisoh, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018)”.

2.7. 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

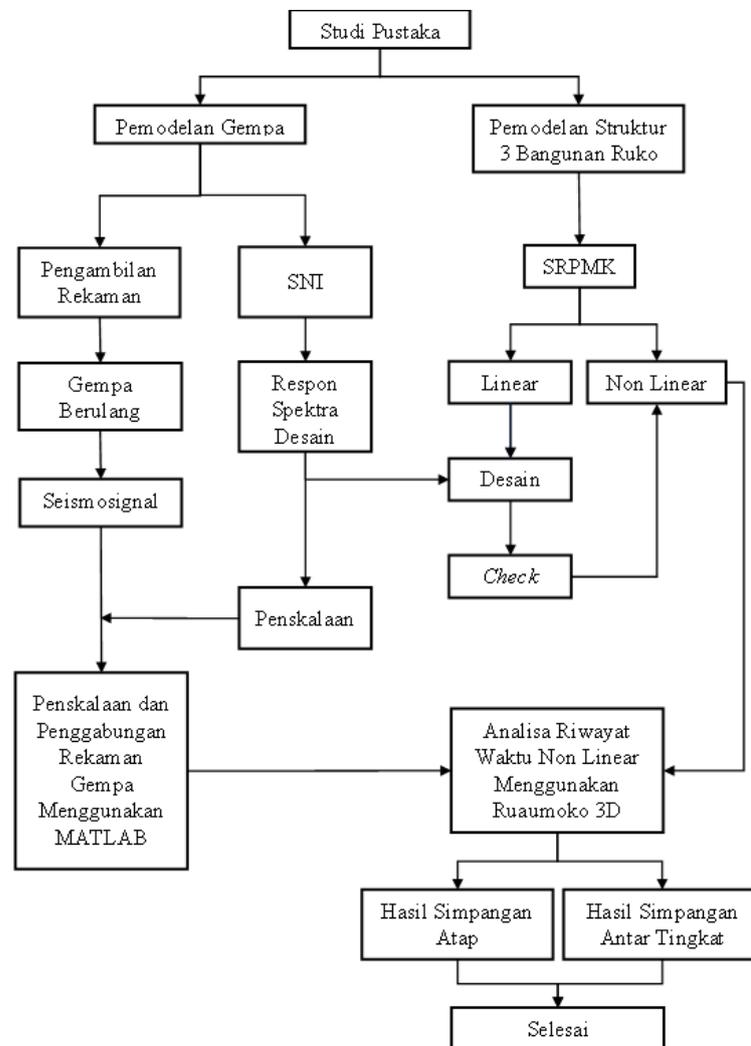
S_{DS} = Parameter percepatan respon spektrum desain pada periode pendek

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

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



Gambar 3.1: Bagan 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* RUAMOKO3D, untuk didapatkan nilai simpangan dan pola keruntuhan yang ada ketika bangunan telah dikenakan dengan Gempa Berulang. Kemudian nilai simpangan dan pola keruntuhan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

3.2. Pemodelan Struktur

3.2.1. Data Perencanaan Struktur

Data perencanaan struktur Rumah Toko (Ruko) yang ada dikota Perapat terdiri dari 3 Model, diantaranya Model 1 yang berada di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Model 2 yang berada di Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Model 3 yang berada di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon. Pemodelan dalam program analisa struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
2. Gedung terletak di Kota Parapat. Klasifikasi tanah sedang (SD)
3. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
4. Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
5. Kuat tekan beton (f'_c) yang digunakan:
 - a. Kolom : 27,48 Mpa
 - b. Balok dan slab: 27,48 Mpa
6. 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

7. Tebal Plat lantai 140mm.

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

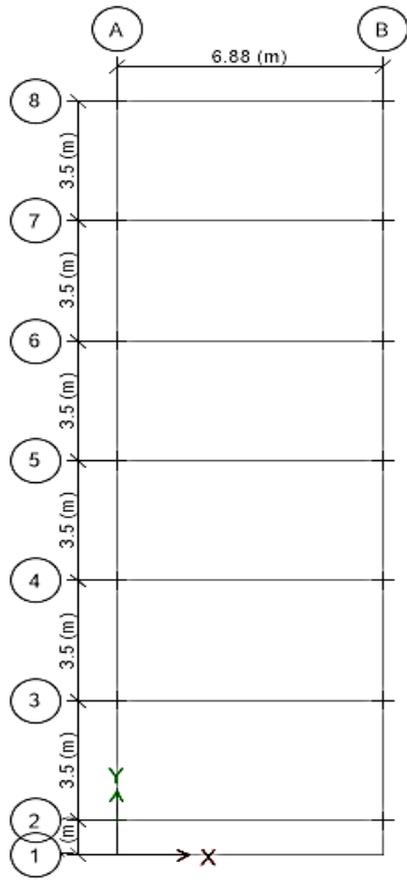


Gambar 3.2: Survey lokasi model ruko 1.

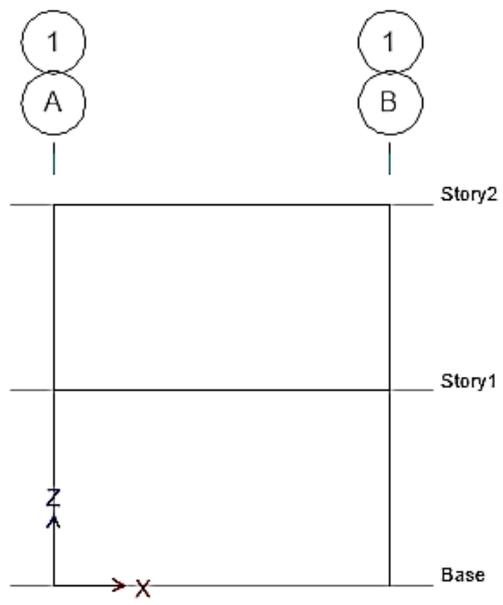
Model Ruko 1 ini sudah selesai pembangunan dan telah beroperasi, terdiri dari 1 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan adalah 6,88 meter dan panjang ke belakang 22 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal adalah 3,85 meter dan lantai base adalah 4 meter.

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

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Base	4 m	-	30 x 30	-	Utama = D12 Sengkang = D8
1	3.85 m	30 x 30	30 x 30	Utama = D12 Sengkang = D8	Utama = D12 Sengkang = D8

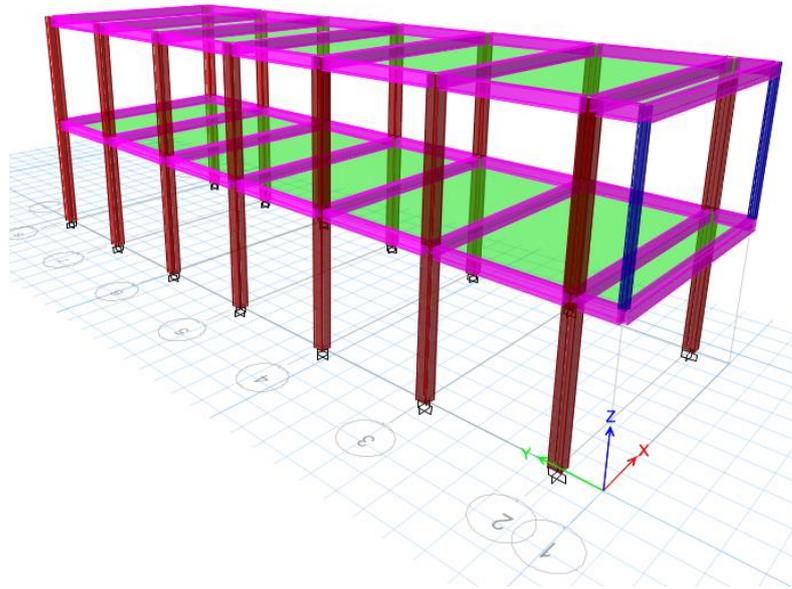


(a)



(b)

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



(c)

Gambar 3.3: Lanjutan.

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



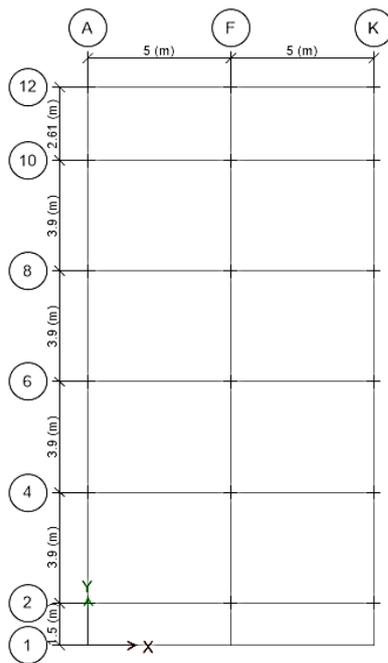
Gambar 3.4: Survey lokasi model ruko 2.

Untuk Model Ruko 2 juga telah selesai pekerjaan dan telah digunakan sebagai usaha restoran makan cepat saji, terdiri dari 2 pintu dengan 2 lantai. Lebar

bangunan adalah 10 meter dibagi 2 pintu dan panjang kebelakang adalah 18,21 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal dan lantai base adalah sama yaitu 3,5 meter.

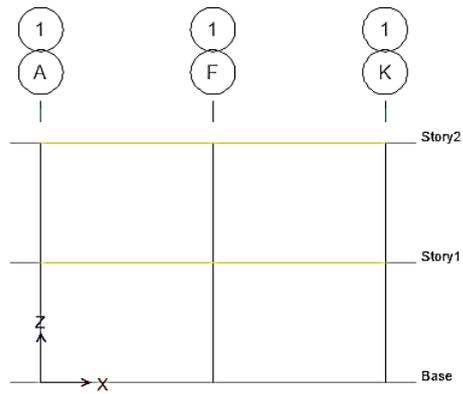
Tabel 3.2: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 2.

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

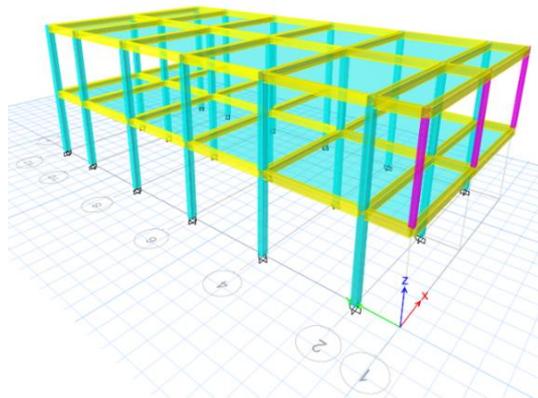


(a)

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



(b)



(c)

Gambar 3.5: Lanjutan

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



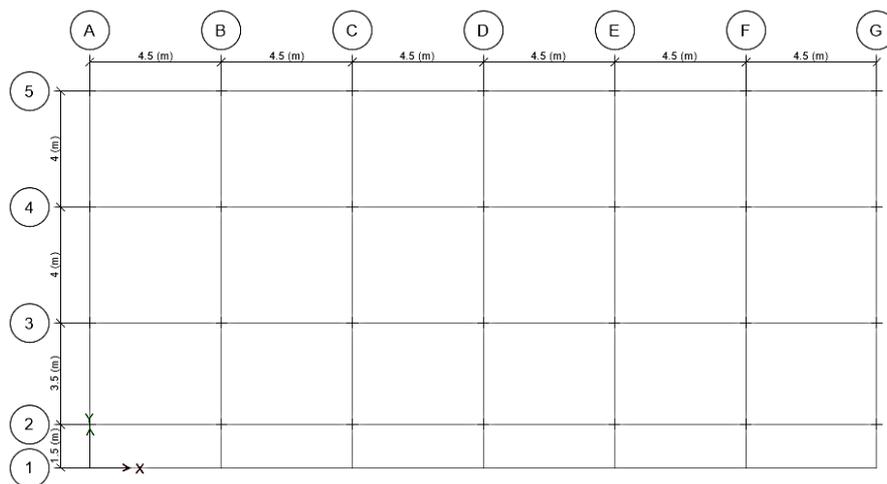
Gambar 3.6: Survey lokasi model ruko 4.

Untuk Model Ruko 4 telah selesai dan digunakan untuk tempat tinggal, terdiri dari 6 pintu dengan 2 lantai. Lebar bangunan 27 meter dibagi 6 pintu dan panjang

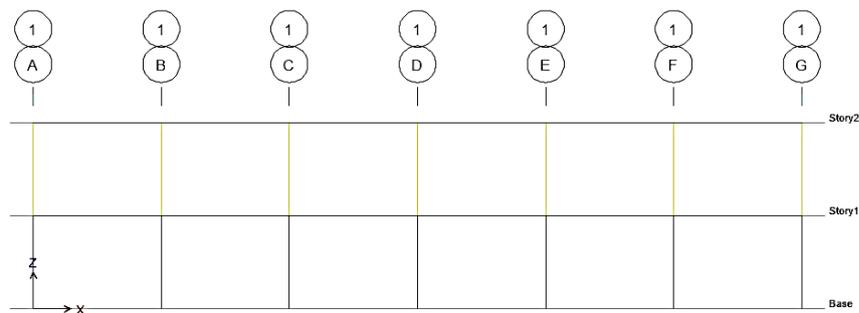
kebelakang adalah 14,5 meter, untuk tinggi bangunan pada lantai tipikal dan lantai base adalah sama yaitu 3,30 meter.

Tabel 3.3: Hasil Survey Terhadap Ukuran Penampang dan Tulangan Bangunan Rumah Toko Model 4.

Level	Tinggi	Penampang		Tulangan	
		Balok	Kolom	Balok	Kolom
Lantai Dasar	3,29 m	-	25 x 25	-	Utama = D12 Sengkang = D8
Lantai 2	2,29 m	20 x 30	25 x 25	Utama = D12 Sengkang = D8	Utama = D12 Sengkang = D8

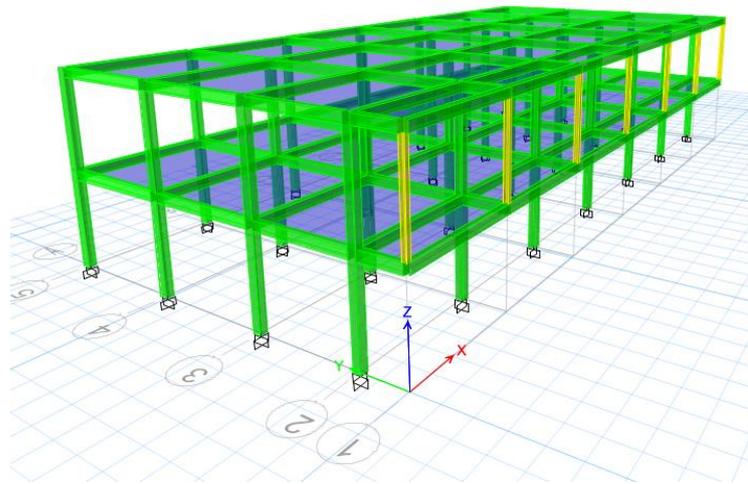


(a)



(b)

Gambar 3.7: a) Denah struktur model 4, b) Proyeksi bangunan model 4, c) Geometri ruko model 4.



(c)

Gambar 3.7: Lanjutan

3.3. Analisis 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

Tabel 3.4: *Lanjutan*

Beban Mati	Besarnya Beban
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 1727:2013.

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*).

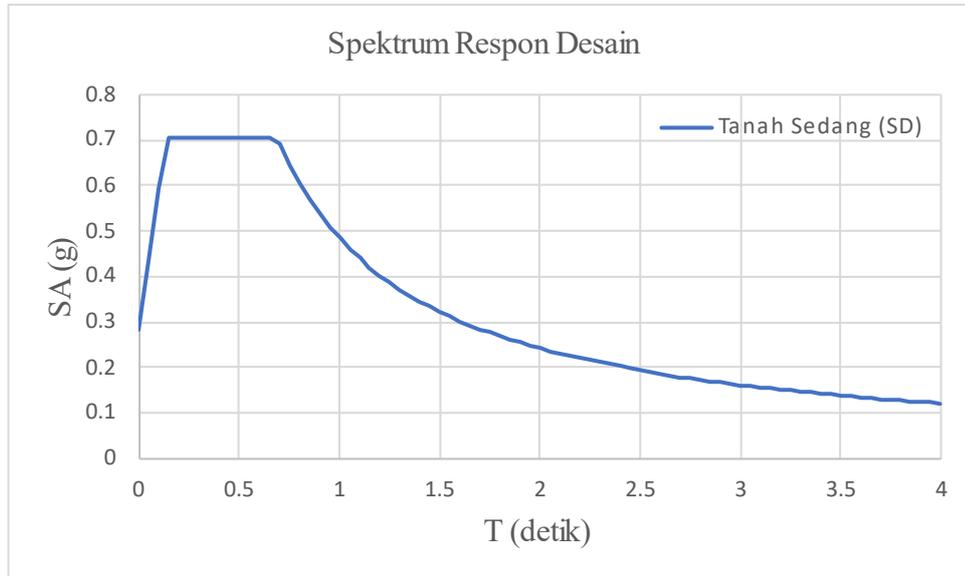
3.3.3. Respon Spektrum Desain Gempa

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_I = 0,4759 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 Lunak.

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

3.3.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi 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 $SDS = 0,708516$ untuk tanah lunak, untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $SDS = 0,721349$ untuk tanah keras, untuk Faktor $R= 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $SDS = 0,541012$ 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 Berulang. Untuk tipe rekaman gempa Berulang diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Rekaman getaran gempa berulang dari PEER NGA.

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	HOSF19940117	1994	LA — Hollywood Stor FF	6,7
2	NFAR19940117	1994	LA — N Faring Rd	6,7
3	OBRE19940117	1994	LA — Obregon Park	6,7
4	WOND19940117	1984	LA — Wonderland Ave	6,7
5	CRES19940117	1994	La Crescenta — New York	6,7
6	MOOR19940117	1994	Moorpark — Fire Sta	6,7
7	SANT19940117	1994	Santa Monica City Hall	6,7
8	SIMI19940117	1994	Simi Valley — Katherine Rd	6,7
9	SUNV19940117	1994	Sun Valley — Roscoe Blvd	6,7
10	SUNL19940117	1994	Sunland — Mt Gleason Ave	6,7
11	ARLE19940117	1994	Arleta — Nordhoff Fire Sta	6,7
12	BEVE19940117	1994	Beverly Hills — 12520 Mulhol	6,7

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

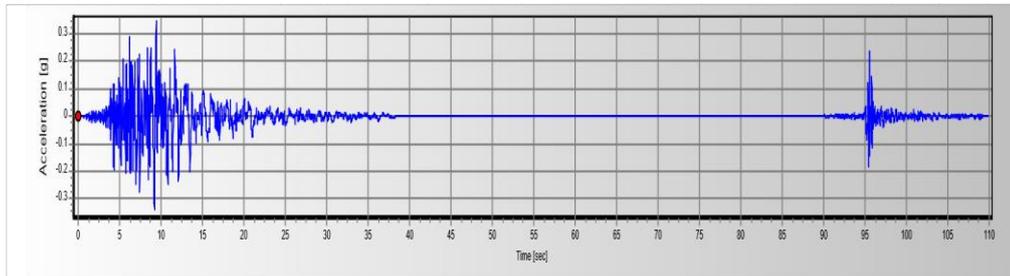
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Prapat untuk tanah sedang, Selain itu, rentang perioda alami (T) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail.

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

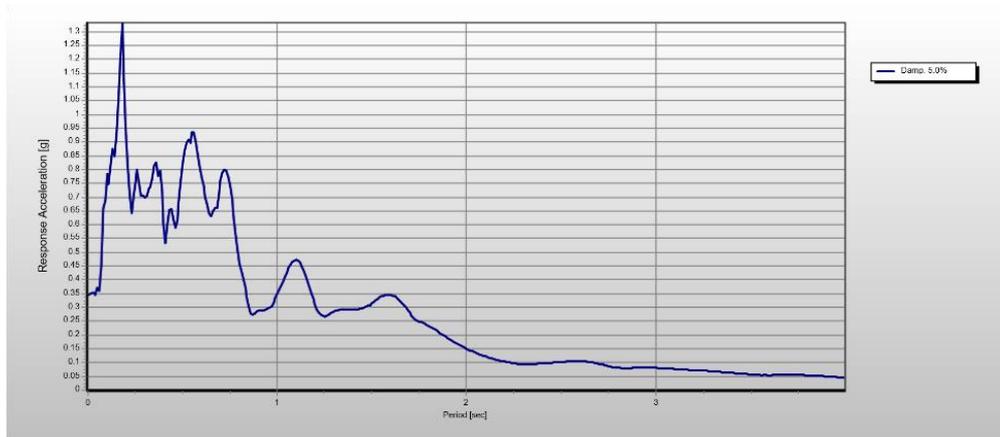
3.4.2. Analisa Respon Riwayat Waktu

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

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

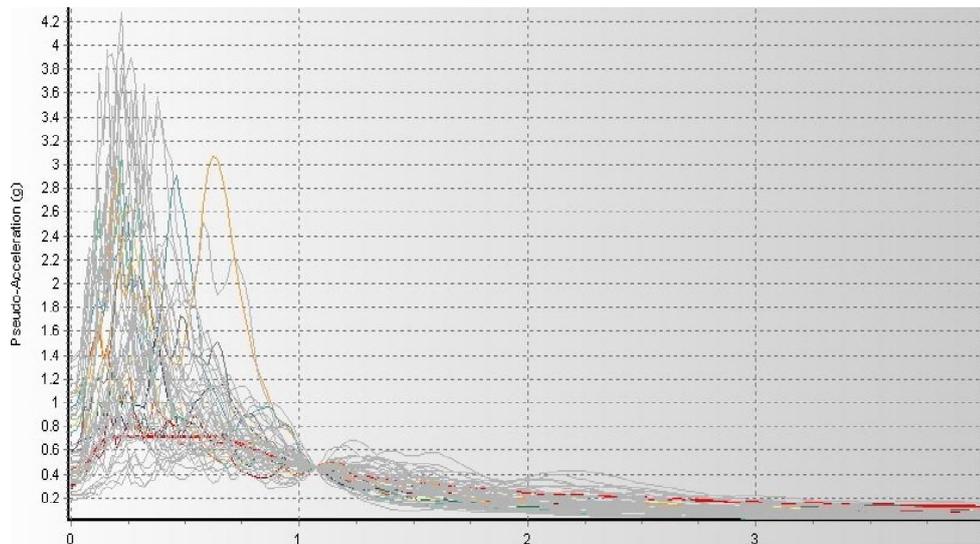


Gambar 3.9: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.



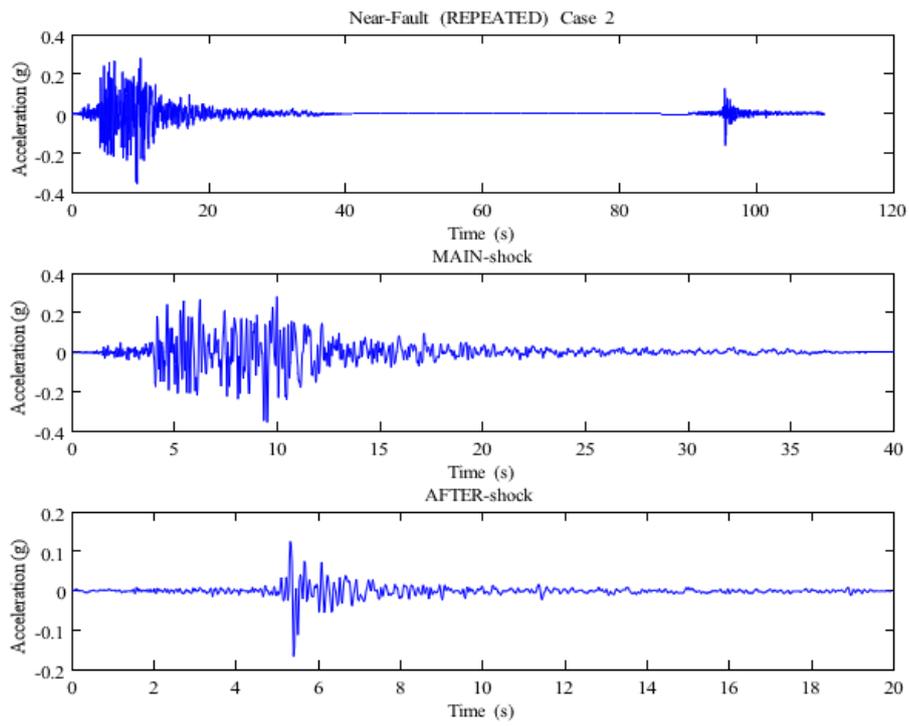
Gambar 3.10: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum.

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



Gambar 3.11: Respon spektrum dengan 12 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia.

- d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan software MATLAB rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal dan gempa berulang.



Gambar 3.12: Rekaman gempa berulang LA Hollywood Stor FF Main Shock dan After Shock setelah digabungkan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier

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

4.2. Hasil Analisa Ragam

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

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

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

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

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

- Model 3 untuk Rumah Toko 6 Pintu, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 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	174,002	158,469
	Y	174,002	203,704
2	X	279,808	260,164
	Y	279,808	236,627
3	X	371,853	450,229
	Y	371,853	452,252

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1 (>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	174,002	158,469	Tidak Oke
	Y	174,002	203,704	Oke
2	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
3	X	371,853	450,229	Oke
	Y	371,853	452,252	Oke

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

4.2.5. Nilai Simpangan Gedung

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

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

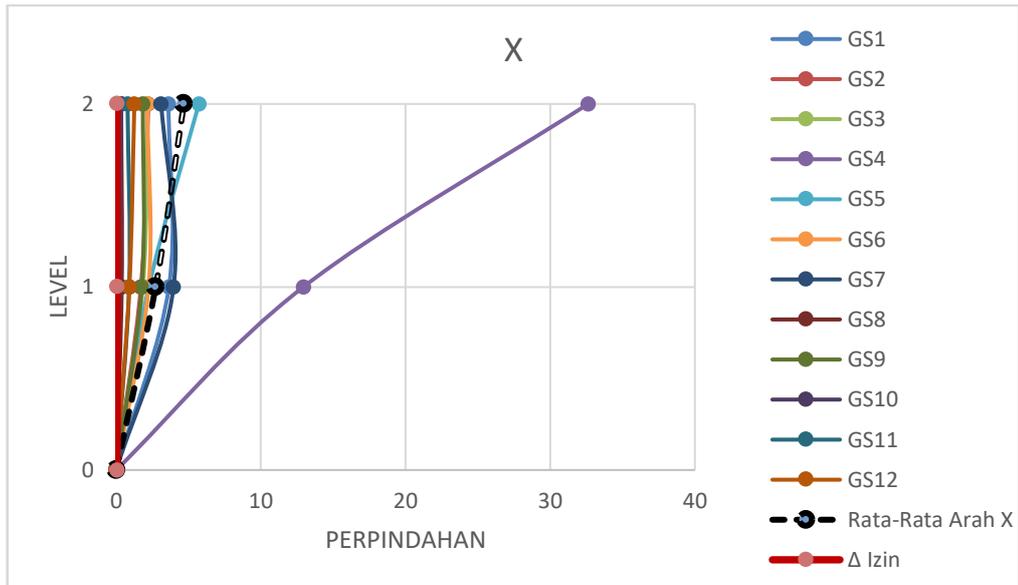
Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat diatasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya. Pada hasil control ketidak beraturan 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

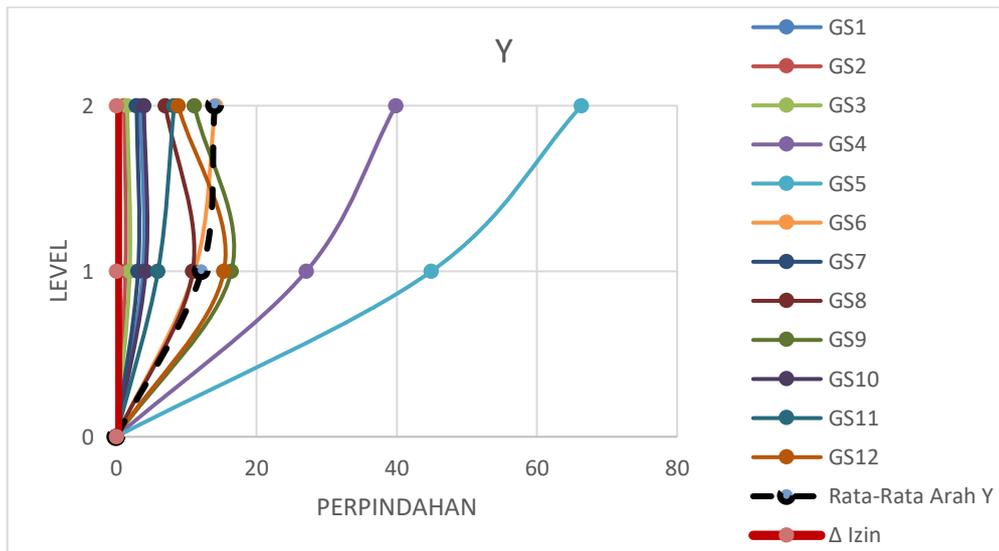
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat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

4.2.8. 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 yaitu gempa berulang. Setiap model struktur akan diambil data simpangan antar lantai (*story drift*), simpangan atap (*top displacement*) dan pola keruntuhan bangunan. Setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada gambar 4.1 sampai 4.3 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *story drift* dengan pada beberapa rekaman gempa. Pada grafik *story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa *ground motion* dan nilai rata-ratanya. Kemudian nilai-nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model.



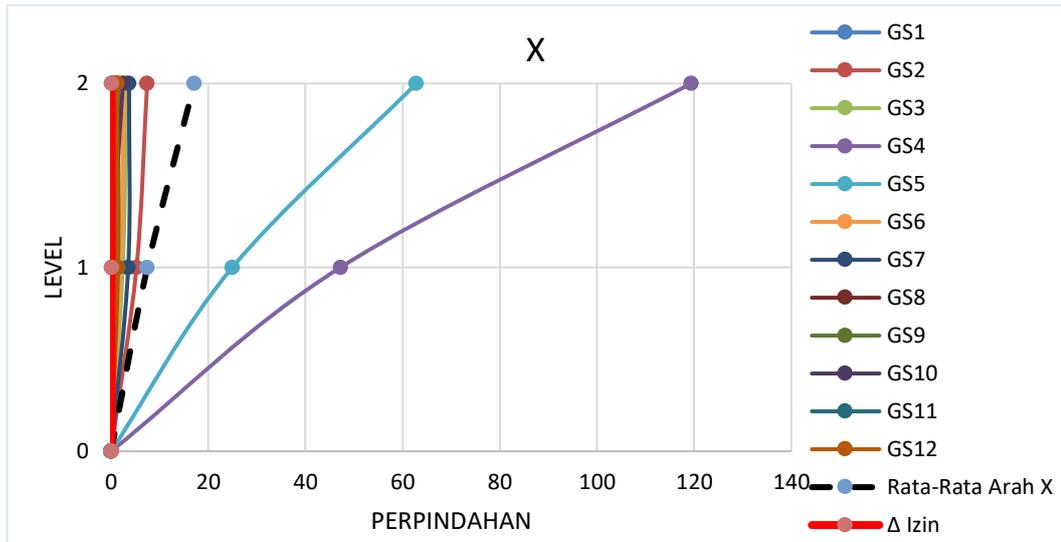
(a)



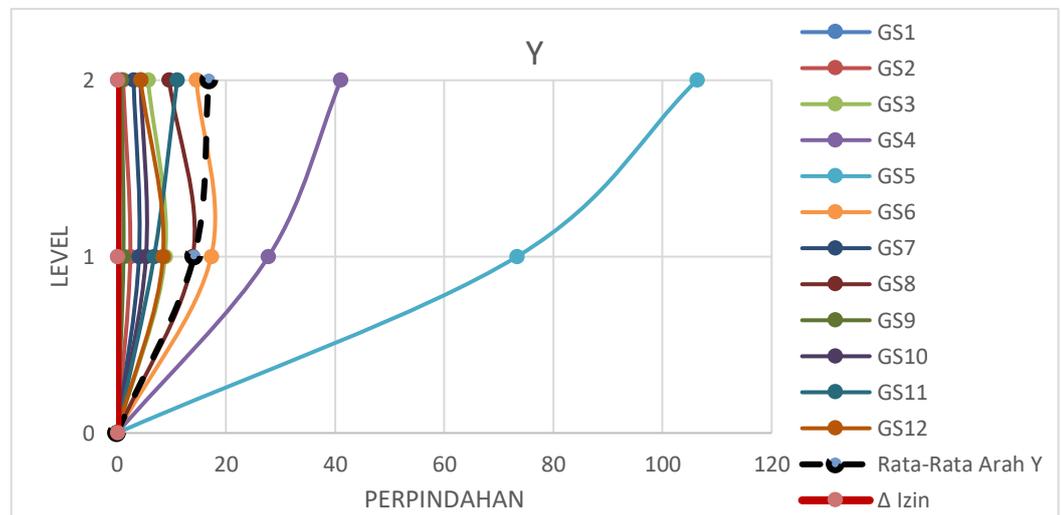
(b)

Gambar 4.1:a) Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 1.
 b) Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 1.

Pada gambar 4.1 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS4 hasil displacement maksimum yaitu 12,94 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 sebesar 32,62 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 44,95 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 66,37 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



(a)

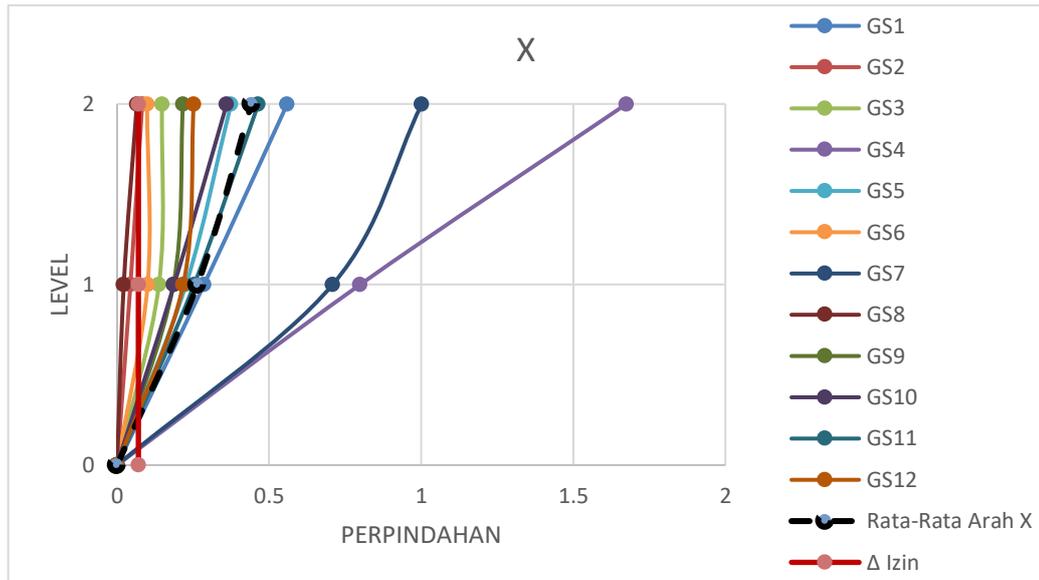


(b)

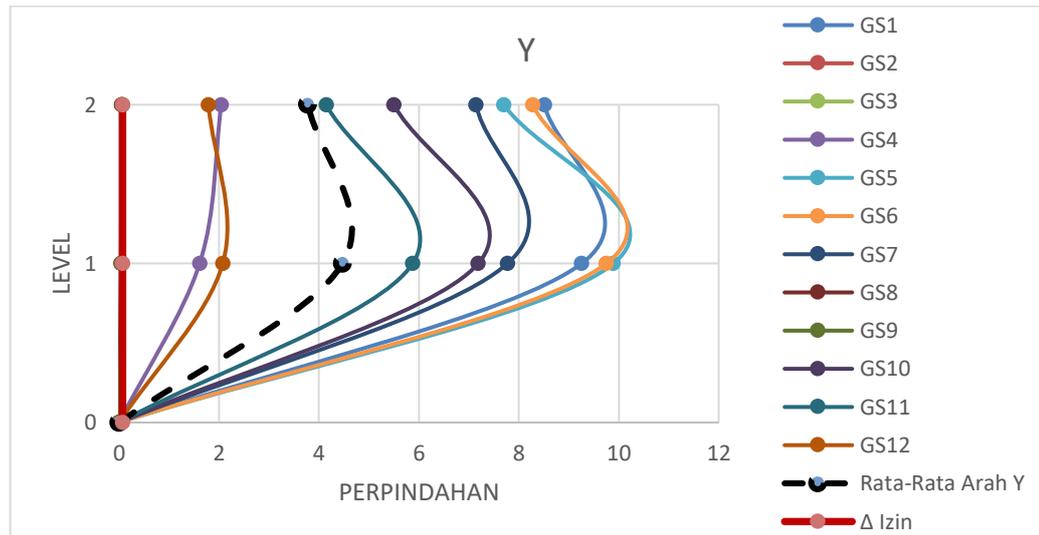
Gambar 4.2: a) Nilai *story drift* arah x untuk struktur rumah toko model 2.

b) Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 2.

Pada gambar 4.2 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS4 hasil displacement maksimum yaitu 47,22 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 sebesar 119,4 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 73,31 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 106,3 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



(a)



(b)

Gambar 4.3: a) Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 3.

b) Nilai *story drift* arah y untuk struktur rumah toko model 3.

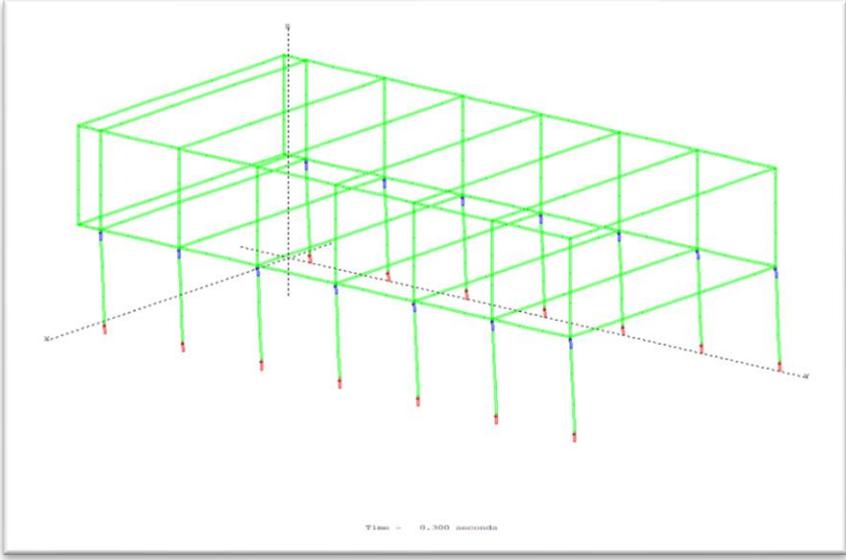
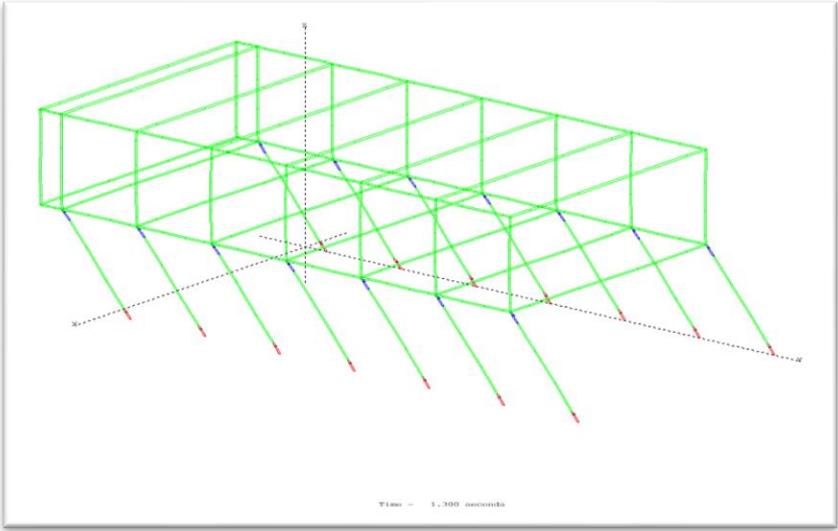
Pada gambar 4.3 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS4 hasil displacement maksimum yaitu 0,7995 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 sebesar 1,675 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 9,891 cm, dan untuk lantai 2 pada GS1 sebesar 8,509 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.

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

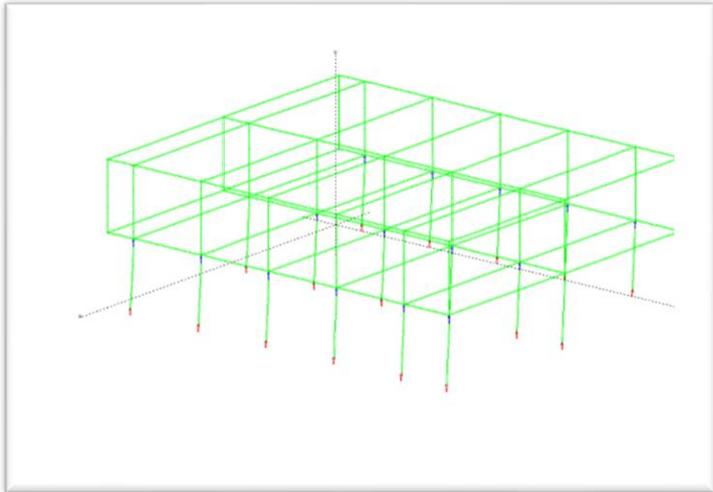
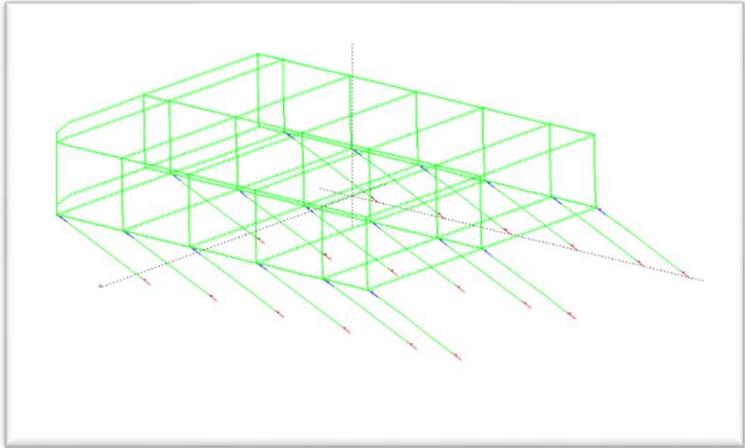
Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	3,126	23,087
		Y	12,186	123,267
	2	X	4,916	23,649
		Y	14,058	143,817
MR2	1	X	7,617	31,043
		Y	14,101	161,262
	2	X	17,141	40,442
		Y	16,815	162,889
MR3	1	X	0,295	0,294
		Y	4,468	4,468
	2	X	0,462	0,462
		Y	3,778	3,778

Pada Tabel 4.3 merupakan hasil dari simpangan pusat massa pada 3 model rumah toko. Dapat dilihat dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 7,617 cm dan y sebesar 14,101 cm. Untuk lantai 2 terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 17,141 cm dan y sebesar 16,816 cm.

Tabel 4. 4 Pola Keruntuhan untuk Model 1.

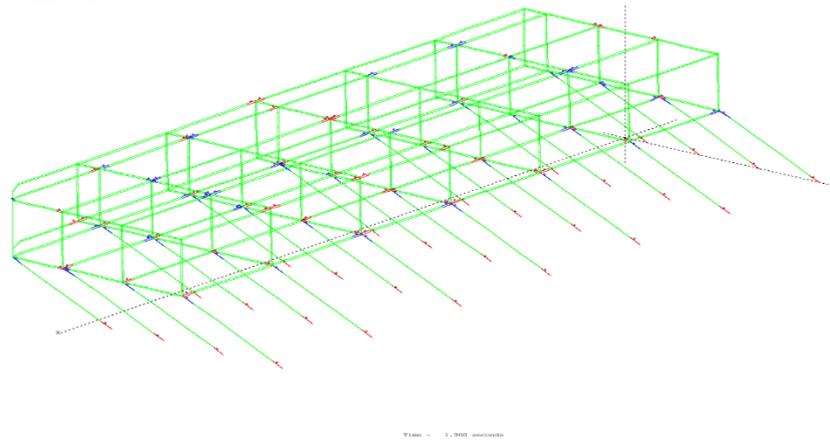
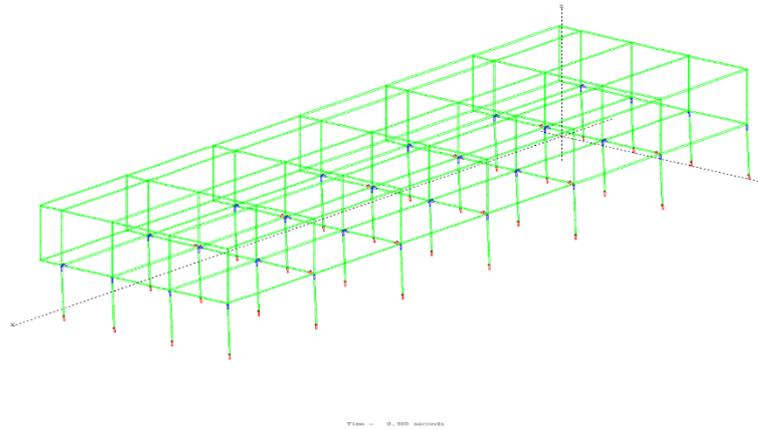
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
					
	<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	1,30
Gambar					
					

Tabel 4. 5: Pola Keruntuhan untuk Model 2

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,70
	Gambar				
					
	<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Depan	2,00
Gambar					
					

Tabel 4. 6: Pola Keruntuhan untuk Model 3

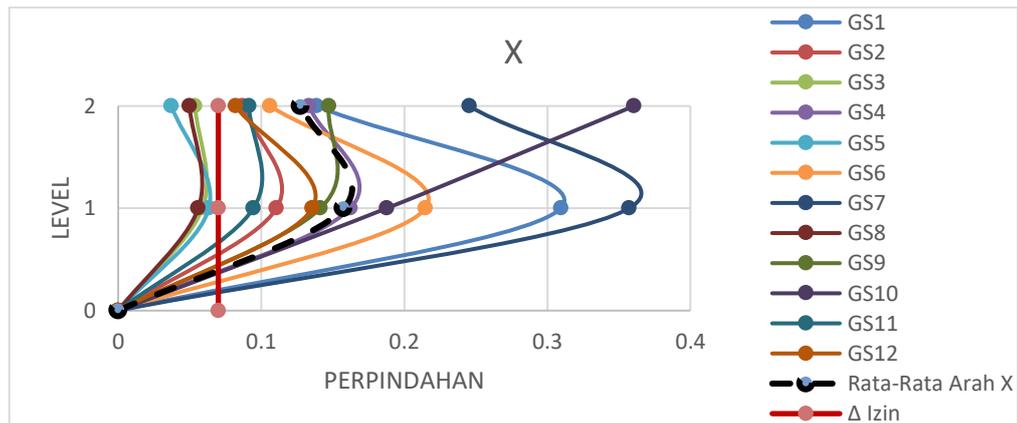
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
	<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Depan	1,80
	Gambar				



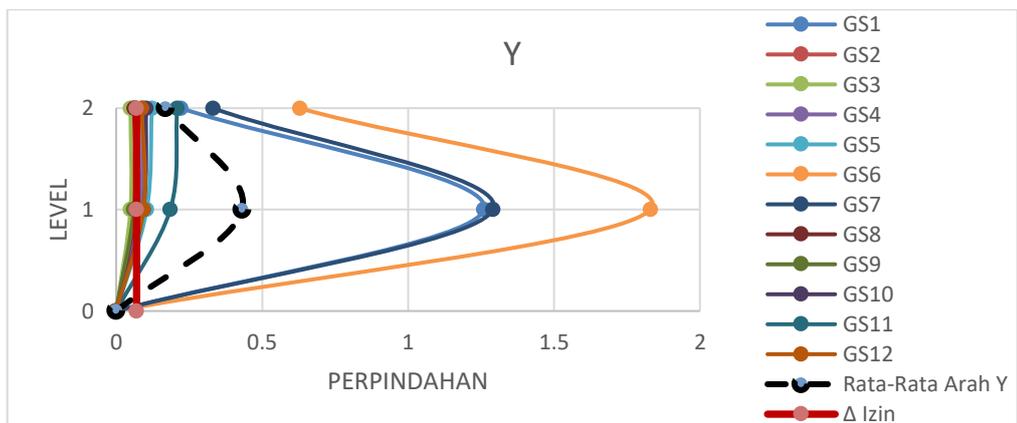
Pada tabel 4.5 sampai 4.6 diatas merupakan gambar pola keruntuhan, diambil beberapa rekaman gempa berulang dengan magnitudo maksimum pada setiap masing-masing model ruko. Hasil analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di elemen kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke tiga model ruko tersebut. Respon yang terjadi pada ketiga model ruko tersebut jika mengalami gempa berulang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan periode dan amplitudo tiap gempa yang berbeda-beda.

4.3. Penambahan kekakuan

Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi perkuatan yaitu menambahkan 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% Kekakuan pada setiap model rumah toko agar tidak terjadinya *soft story*. Hal yang ditinjau dari ke 4 variasi adalah displacement pada setiap model.



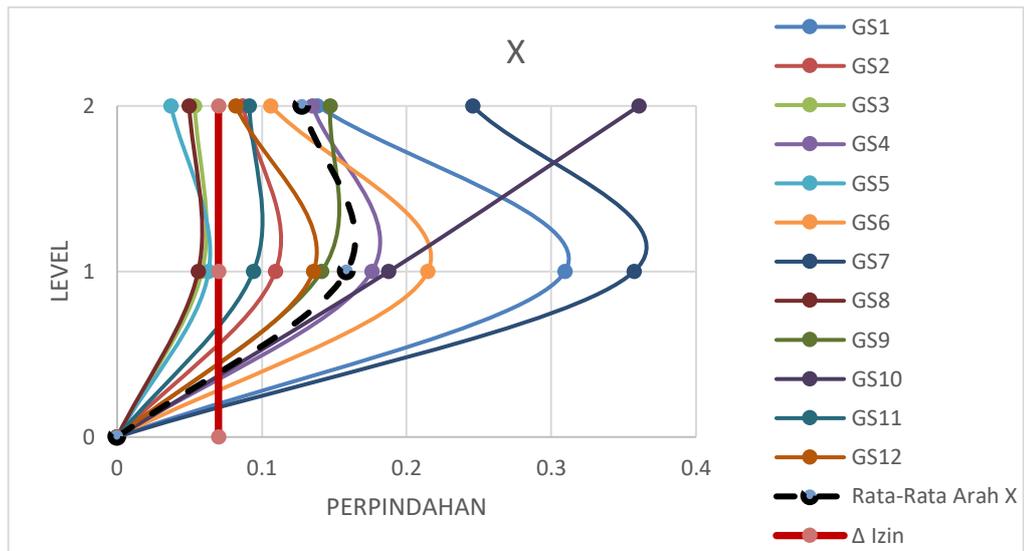
(a)



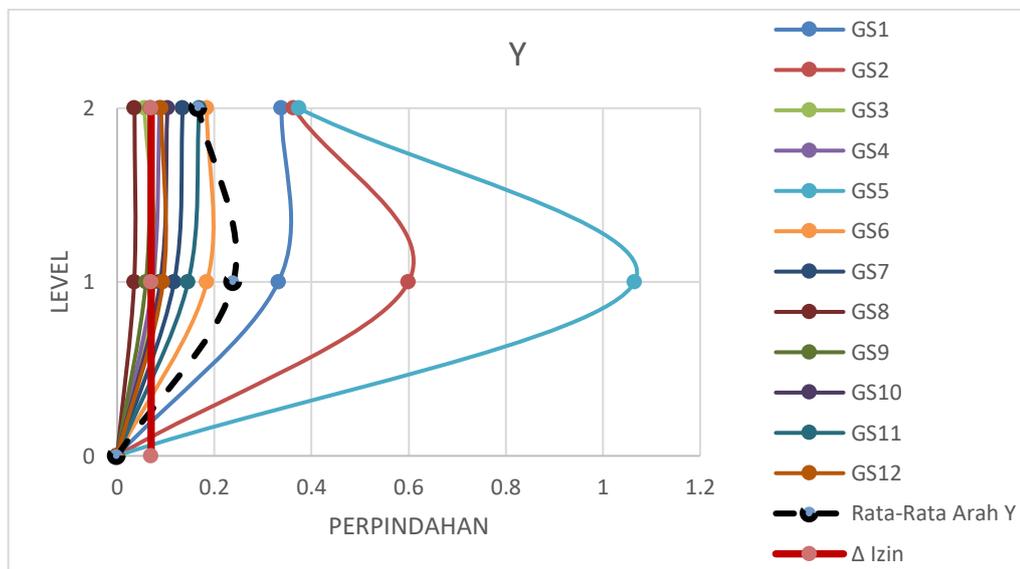
(b)

Gambar 4.4: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 1.

Pada gambar 4.4 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,3571 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS6 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 1,83 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,6288 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



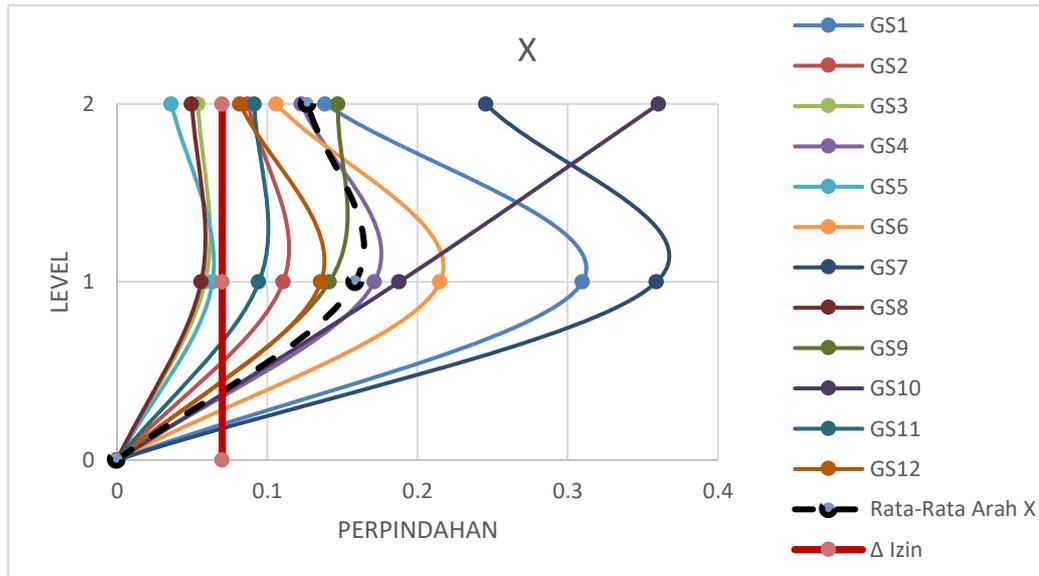
(a)



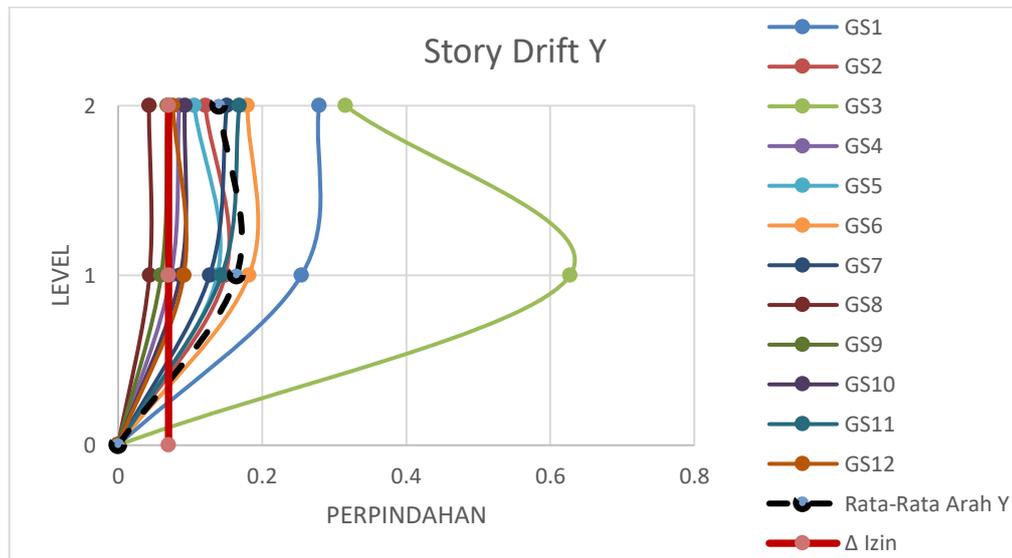
(b)

Gambar 4.5: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 1.

Pada gambar 4.5 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,3571 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 1,065 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,3741 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



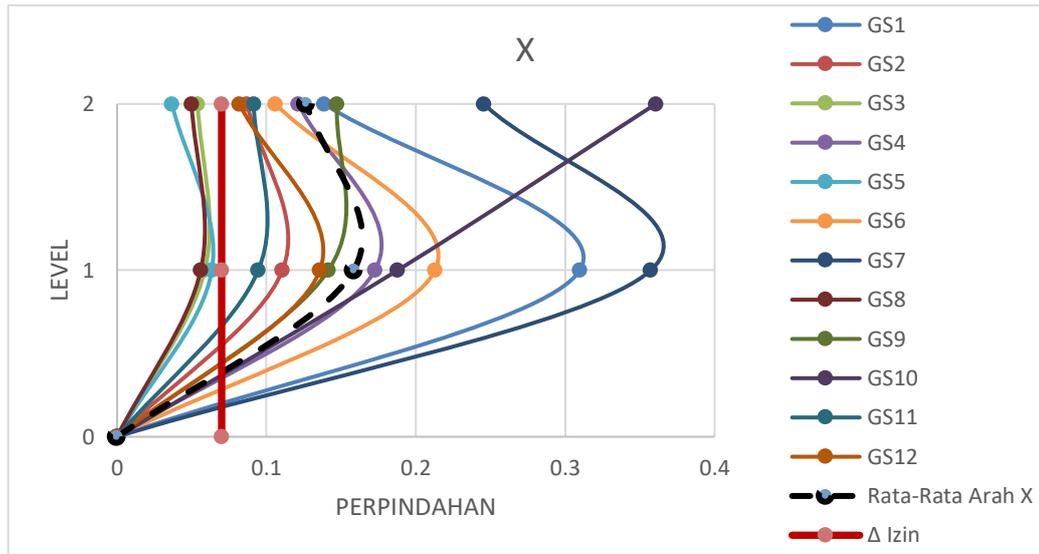
(a)



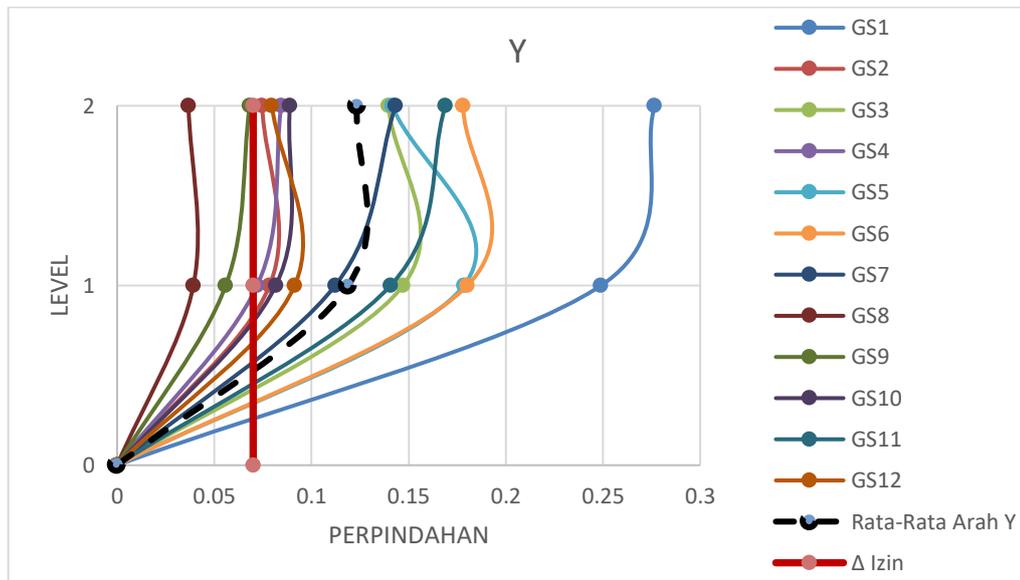
(b)

Gambar 4.6: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 1.

Pada gambar 4.6 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,359 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS3 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 0,6272 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,3156 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



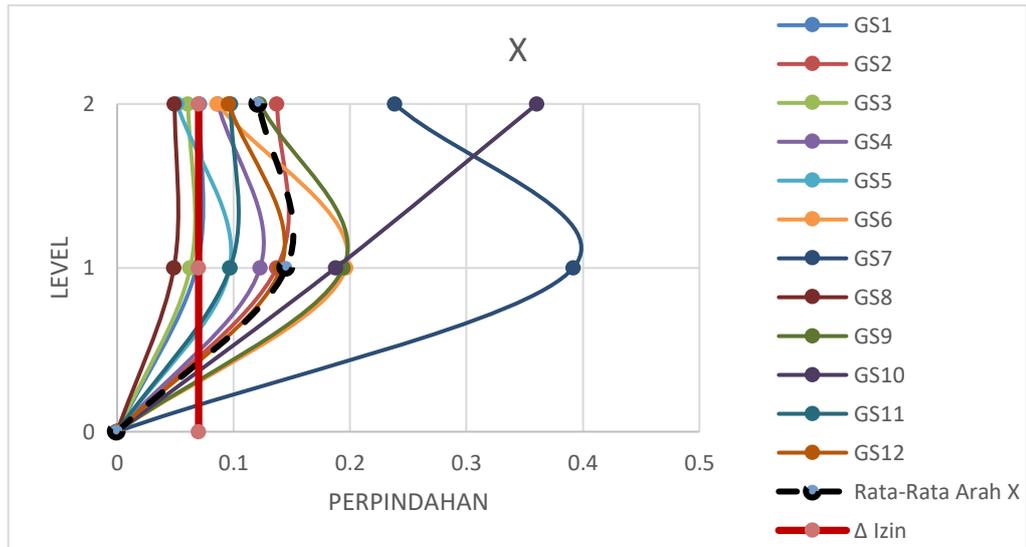
(a)



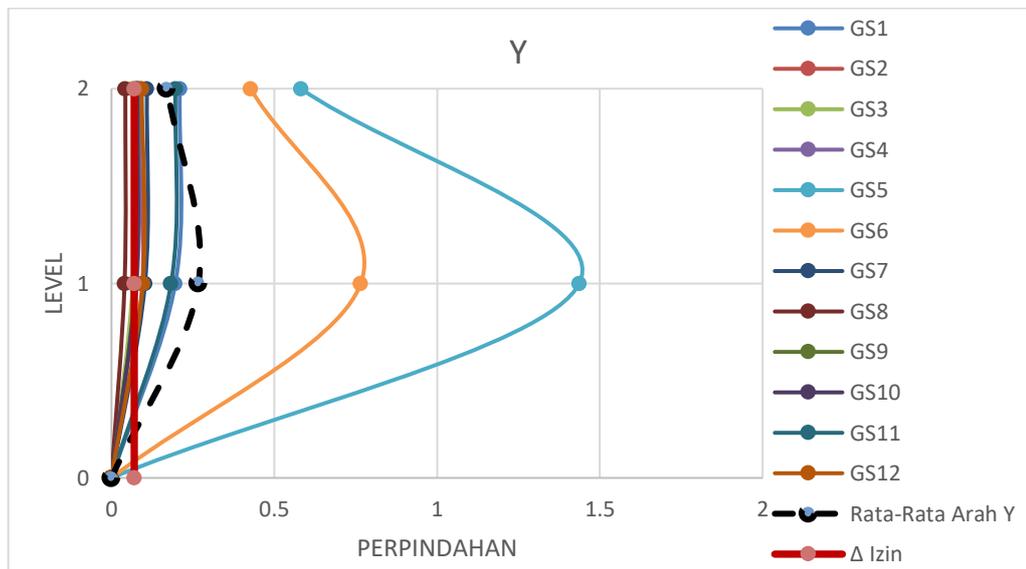
(b)

Gambar 4.7: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 1. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 1.

Pada gambar 4.7 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,3572 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS1 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 0,249 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,2766 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



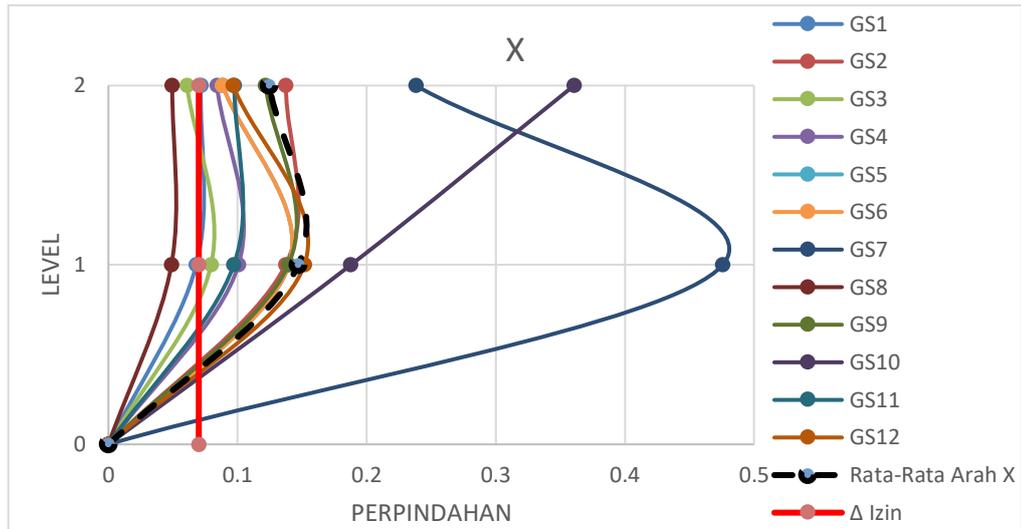
(a)



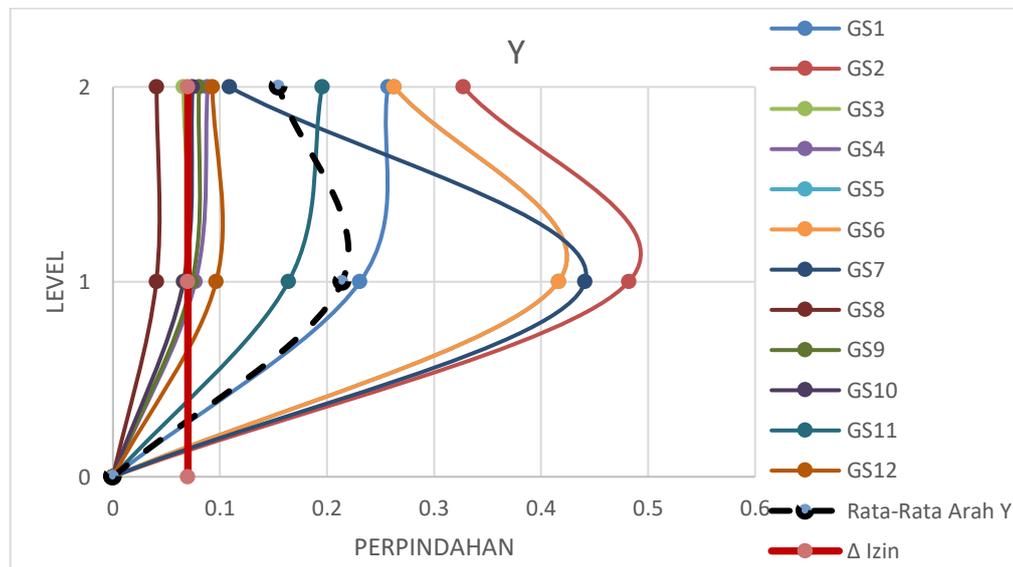
(b)

Gambar 4.8: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 2.

Pada gambar 4.8 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,3917 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 1,437 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,5821 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



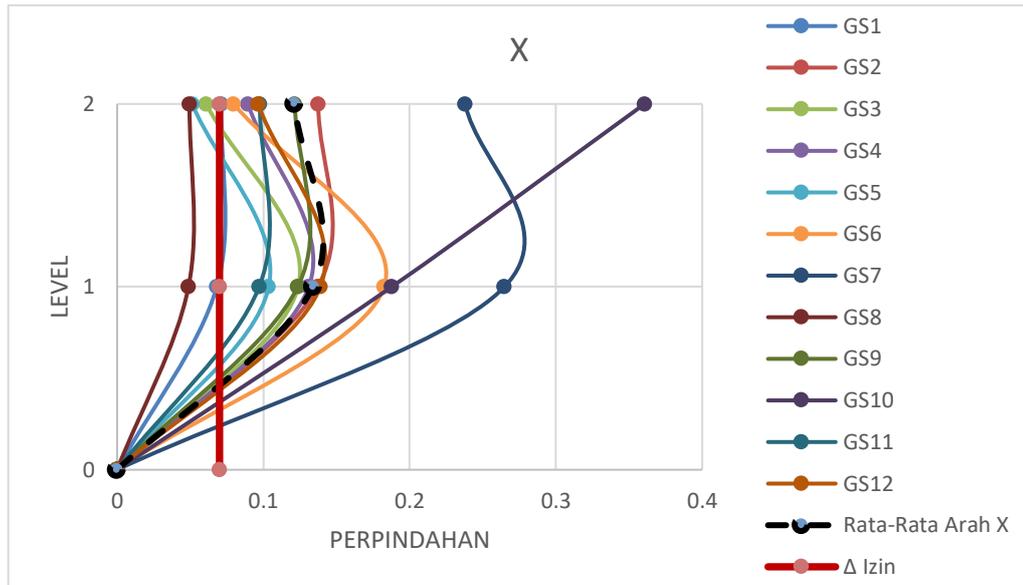
(a)



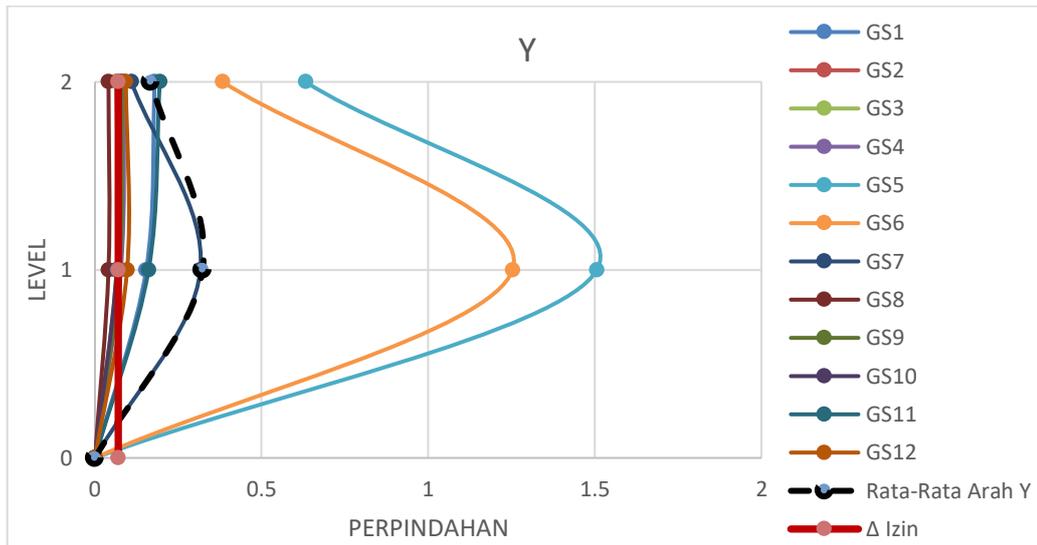
(b)

Gambar 4.9: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 2.

Pada gambar 4.9 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,4757 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS2 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 0,4819 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,3275 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



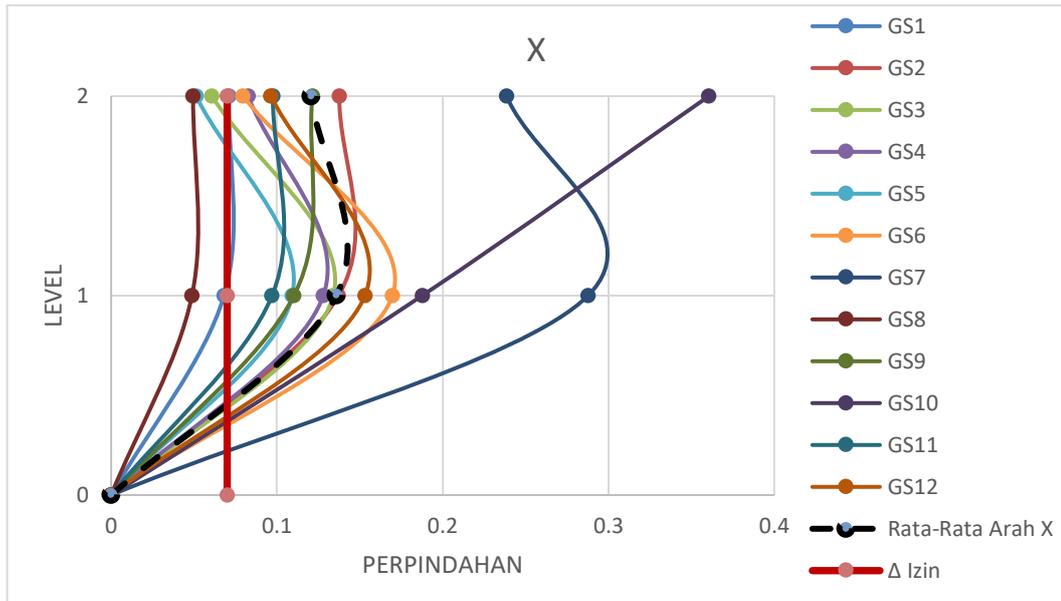
(a)



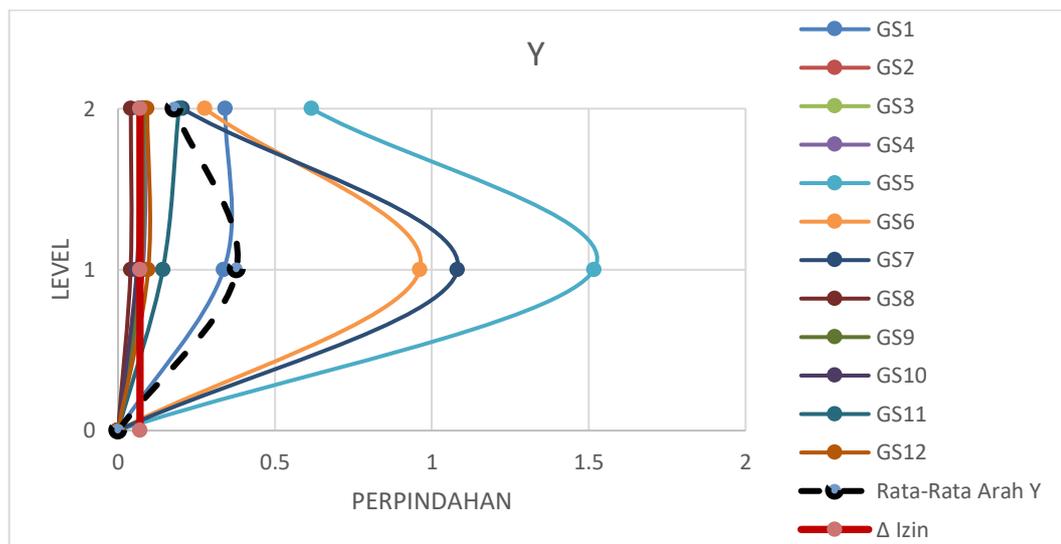
(b)

Gambar 4.10: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 2.

Pada gambar 4.10 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,2648 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS1 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 1,506 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,6321 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



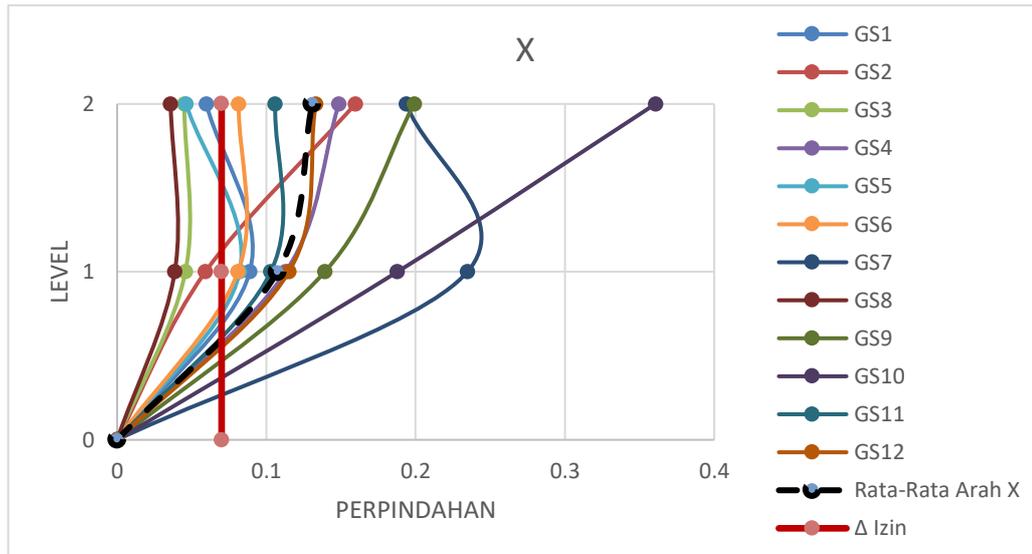
(a)



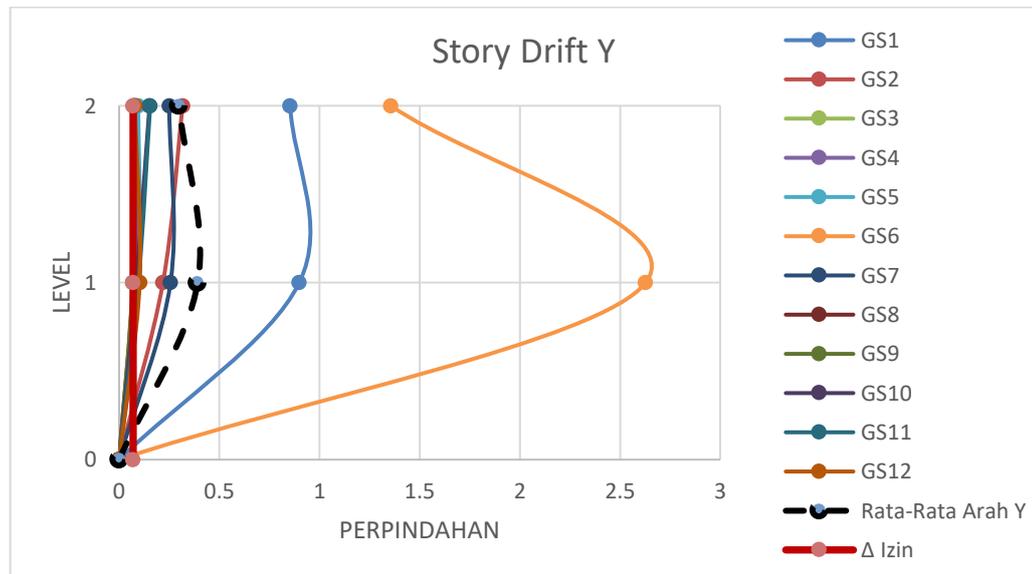
(b)

Gambar 4.11: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 2. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 2.

Pada gambar 4.11 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,2877 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS5 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 1,517 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,6172 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimensi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



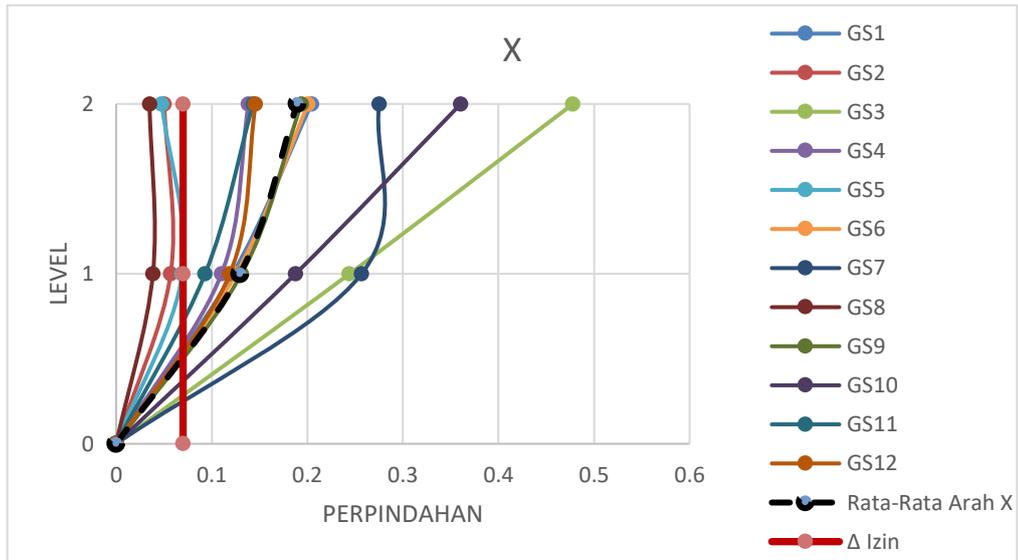
(a)



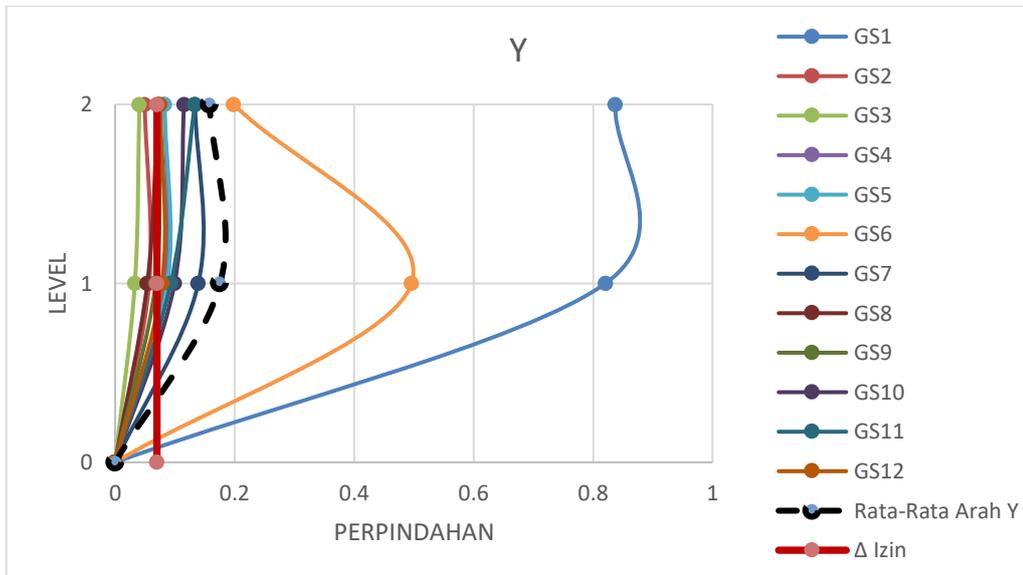
(b)

Gambar 4.12: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 2,5% untuk struktur rumah toko model 3.

Pada gambar 4.12 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,2346 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS6 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 2,628 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 1,357 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



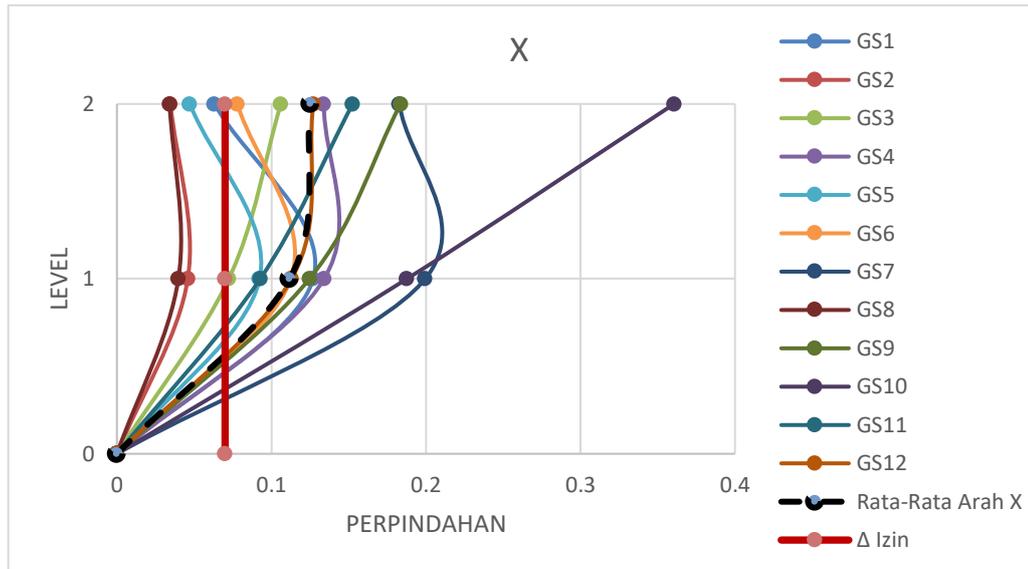
(a)



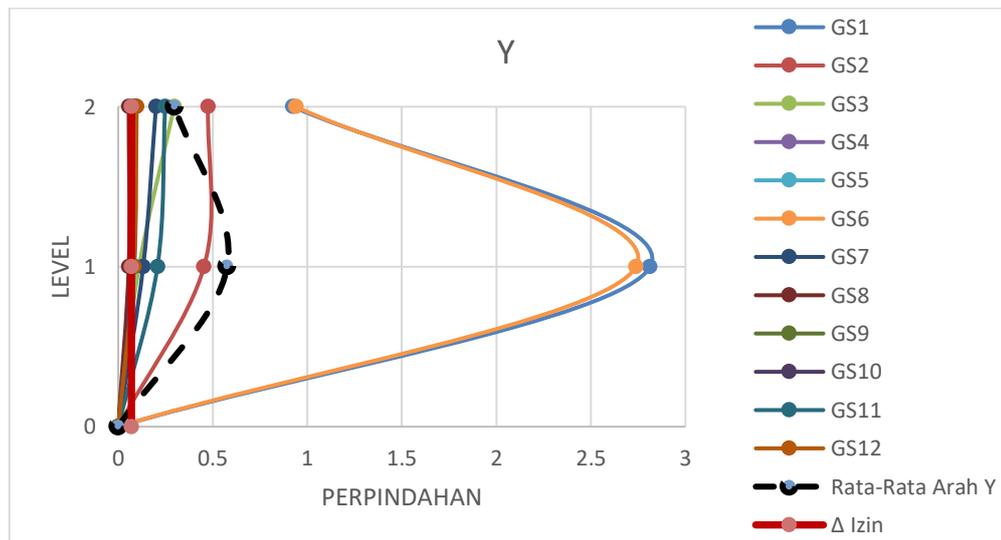
(b)

Gambar 4.13: a) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 5% untuk struktur rumah toko model 3.

Pada gambar 4.13 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,2568 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS3 sebesar 0,478 cm. Sedangkan pada arah y pada GS1 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 0,8207 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,8373 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



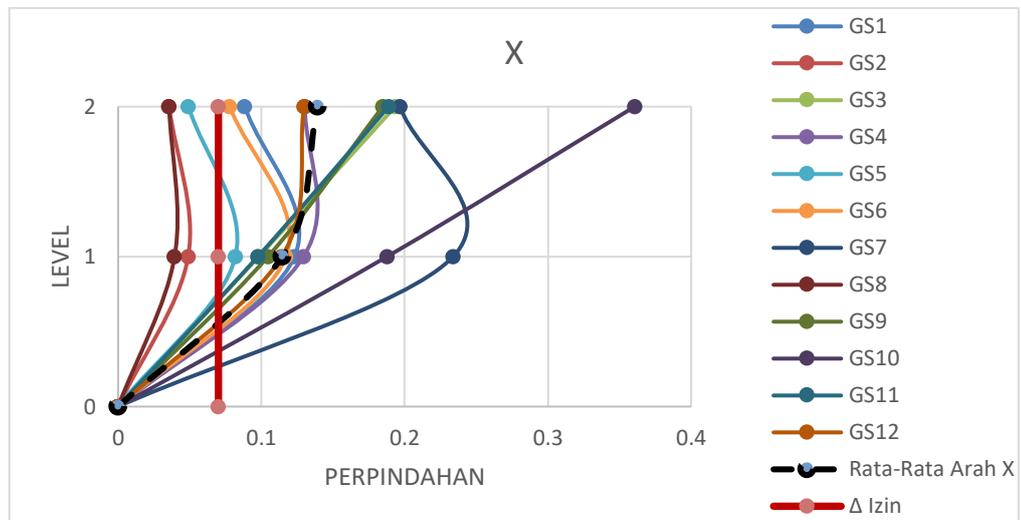
(a)



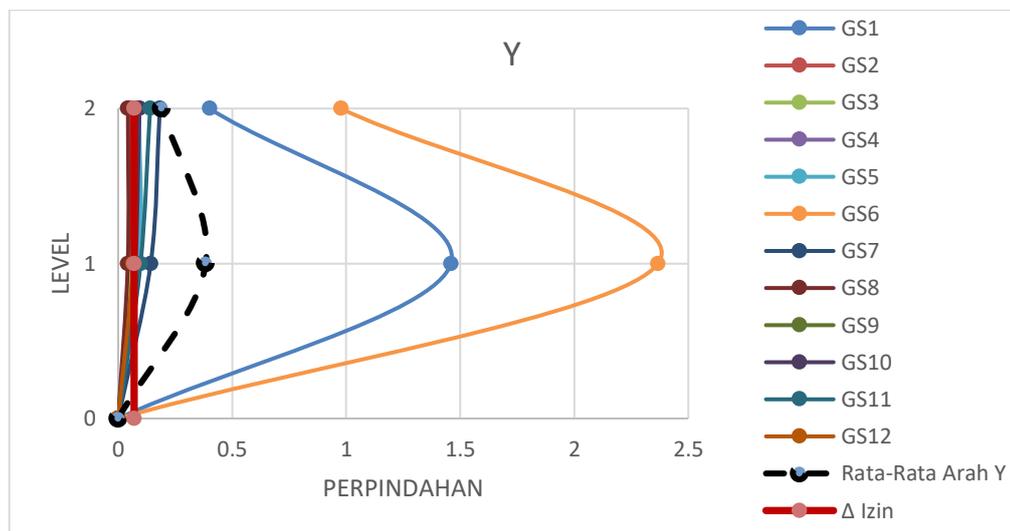
(b)

Gambar 4.14: a) Nilai *story drift* arah x ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 7,5% untuk struktur rumah toko model 3.

Pada gambar 4.14 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,1995 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS1 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 2,813 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,9243 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.



(a)



(b)

Gambar 4.15: a) Nilai *story drift* arah x ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 3. b) Nilai *story drift* arah y ditambahkan kekakuan sebesar 10% untuk struktur rumah toko model 3.

Pada gambar 4.15 merupakan hasil dari simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat GS7 hasil displacement maksimum yaitu 0,2338 cm pada lantai 1, dan untuk lantai 2 pada GS10 sebesar 0,3606 cm. Sedangkan pada arah y pada GS6 dengan nilai untuk lantai 1 sebesar 2,367 cm, dan untuk lantai 2 sebesar 0,9774 cm. Nilai maksimum yang berbeda ini dipengaruhi oleh dimesnsi bangunan dan gempa gempa yang berbeda.

Tabel 4.7: Nilai rata-rata (displacement) ditambahkan 2,5% kekakuan untuk setiap model.

Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai (2,5%)				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	0,156	12,046
		Y	0,432	17,660
	2	X	0,109	7,625
		Y	0,169	16,381
MR2	1	X	0,137	11,052
		Y	0,138	16,374
	2	X	0,099	9,017
		Y	0,170	13,435
MR3	1	X	0,106	10,182
		Y	0,392	19,773
	2	X	0,120	8,602
		Y	0,298	26,114

Berdasarkan Tabel 4.7, didapatkan nilai dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,156 cm dan y sebesar 0,432 cm. Untuk lantai 2 terdapat pada model 3 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,121 cm dan y sebesar 0,298 cm.

Tabel 4.8: Nilai rata-rata (*displacement*) ditambahkan 5% untuk setiap model.

Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai (5%)				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	0,157	12,046
		Y	0,109	14,797
	2	X	0,109	7,76
		Y	0,167	12,539
MR2	1	X	0,139	10,484
		Y	0,214	18,227
	2	X	0,103	10,184
		Y	0,155	15,187
MR3	1	X	0,128	8,561
		Y	0,176	16,131
	2	X	0,174	10,099
		Y	0,158	11,424

Berdasarkan Tabel 4.8, didapatkan nilai dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,157 cm dan y sebesar 0,109 cm. Untuk lantai 2 terdapat pada model 3 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,174 cm dan untuk y pada model 1 sebesar 0,167 cm.

Tabel 4.9: Nilai rata-rata (*displacement*) ditambahkan 7,5% kekakuan untuk setiap model.

Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai (7,5%)				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	0,157	12,046
		Y	0,164	16,449
	2	X	0,108	7,625
		Y	0,140	13,802
MR2	1	X	0,126	9,097
		Y	0,323	18,227
	2	X	0,099	7,948
		Y	0,167	13,187
MR3	1	X	0,109	9,833
		Y	0,576	22,023
	2	X	0,112	8,022
		Y	0,298	23,302

Berdasarkan Tabel 4.9, didapatkan nilai dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,157 cm dan y sebesar 0,164 cm. Untuk lantai 2 terdapat pada model 3 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,112 cm dan untuk y sebesar 0,298 cm.

Tabel 4.10: Nilai rata-rata (*displacement*) ditambahkan 10% kekakuan untuk setiap model.

Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai (10%)				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR1	1	X	0,157	12,046
		Y	0,119	12,765
	2	X	0,108	7,78
		Y	0,123	12,829
MR2	1	X	0,128	9,909

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

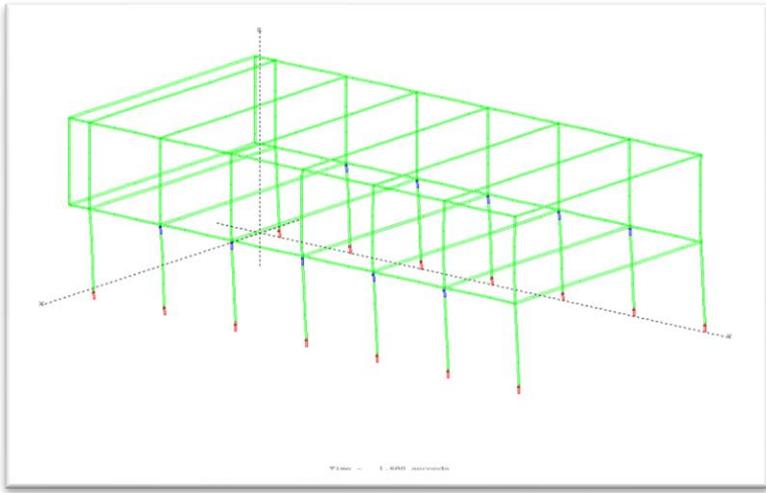
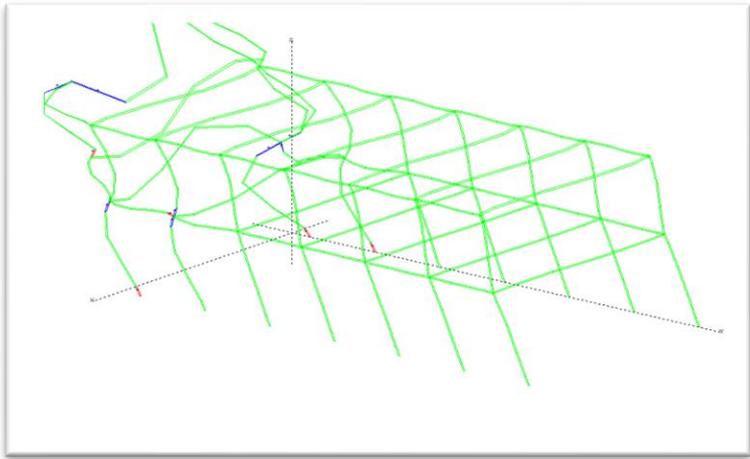
Rata-rata Perpindahan Setiap Lantai (10%)				
Model	Lantai	Arah	Perpindahan (cm)	Waktu (s)
MR3	2	Y	0,378	16,302
		X	0,099	7,668
		Y	0,179	15,291
	1	X	0,113	11,541
		Y	0,383	13,567
	2	X	0,124	10,441
Y		0,191	12,152	

Berdasarkan Tabel 4.10, didapatkan nilai dalam tabel bahwa simpangan terbesar lantai 1 terdapat pada model 1 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,157 cm dan y pada model 3 sebesar 0,384 cm. Untuk lantai 2 terdapat pada model 2 dengan nilai rata-rata arah x sebesar 0,128 cm dan untuk y pada model 3 sebesar 0,192 cm.

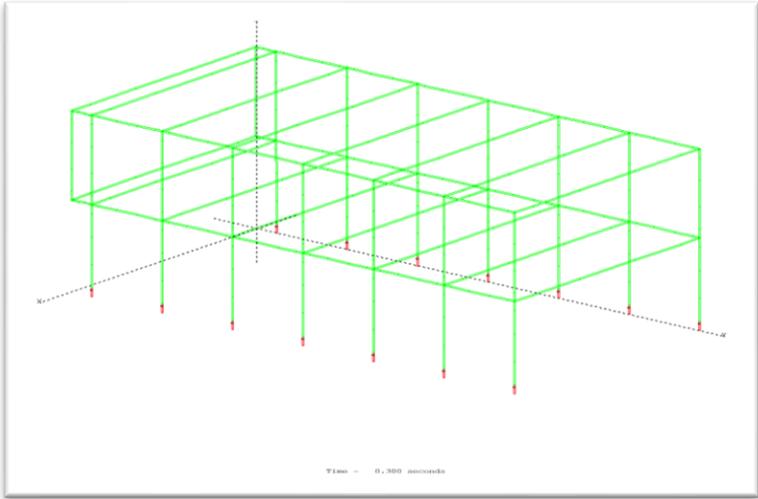
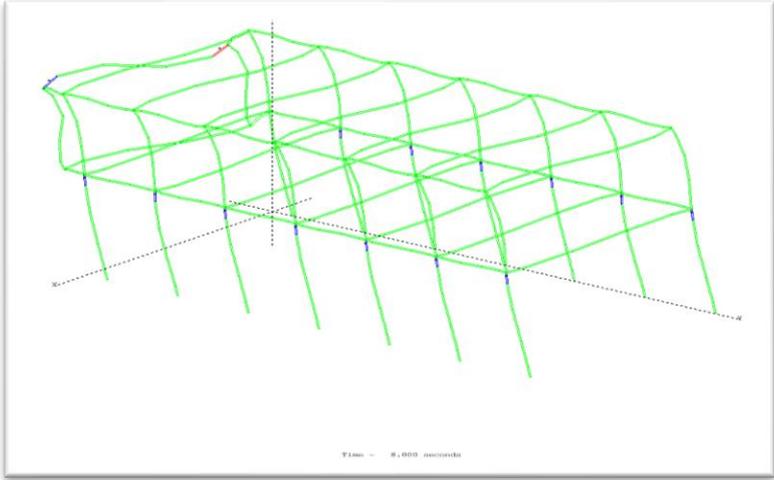
Berdasarkan Tabel 4.7 sampai 4.10 dapat dilihat dari ke 4 variasi kekakuan yang ditambahkan pada ketiga model menghasilkan nilai displacement yang relatif kecil. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa jika kekakuan yang ditambahkan semakin besar maka yang terjadi adalah displacement akan semakin kecil.

1. Model 1

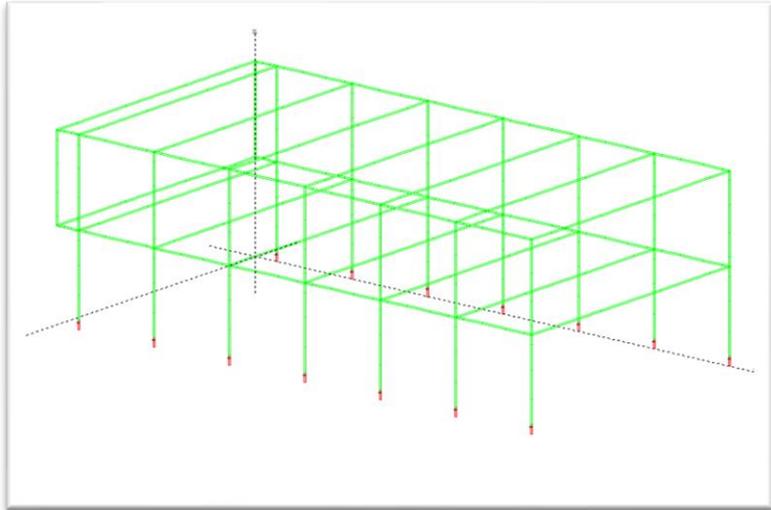
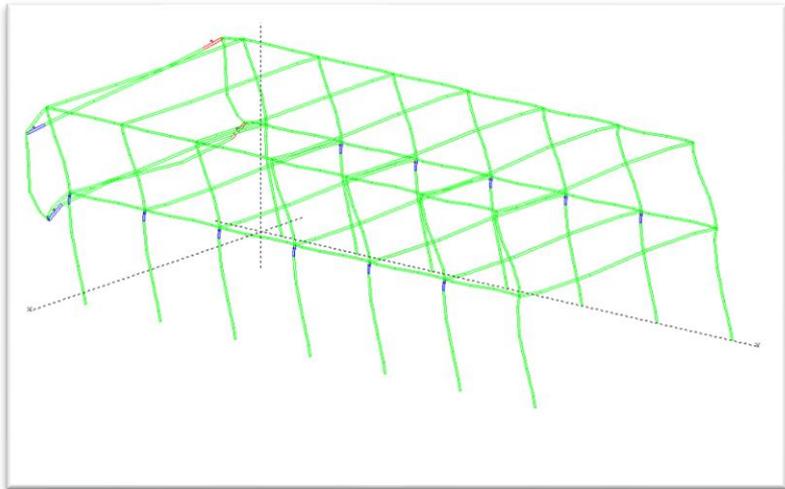
Tabel 4. 11: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan variasi perkuatan 2,5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,50
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	Muka/Belakang	8,00
Gambar					
					

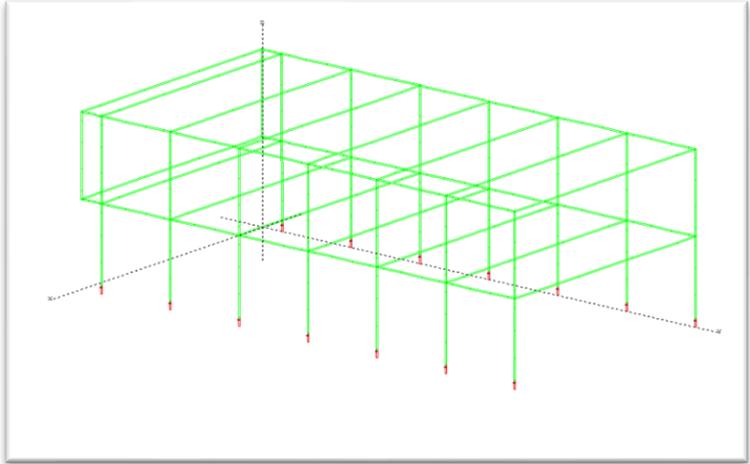
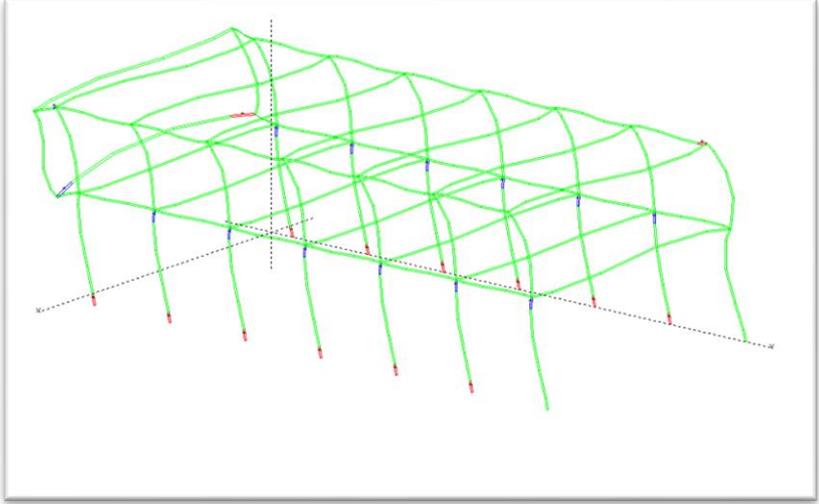
Tabel 4. 12: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan variasi kekuatan 5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,30
	Gambar				
					
Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	8,00	
Gambar					
					

Tabel 4. 13: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan variasi perkuatan 7,5%

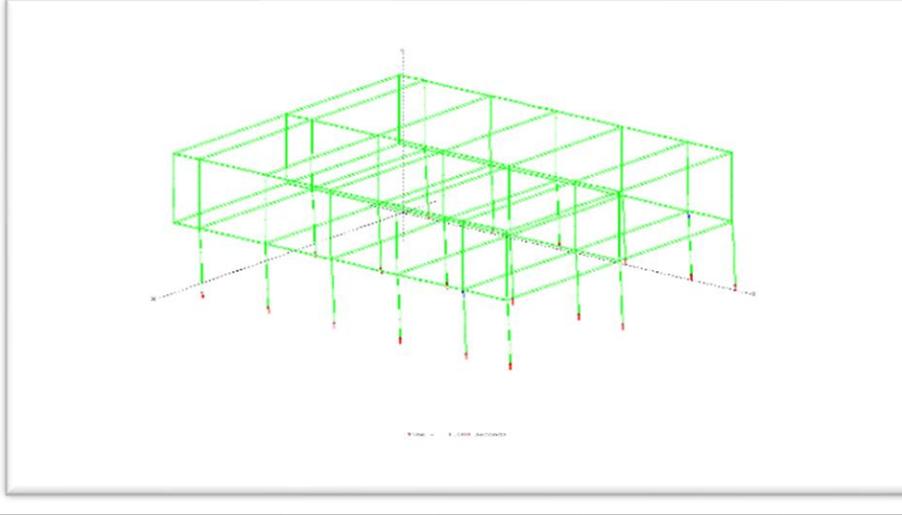
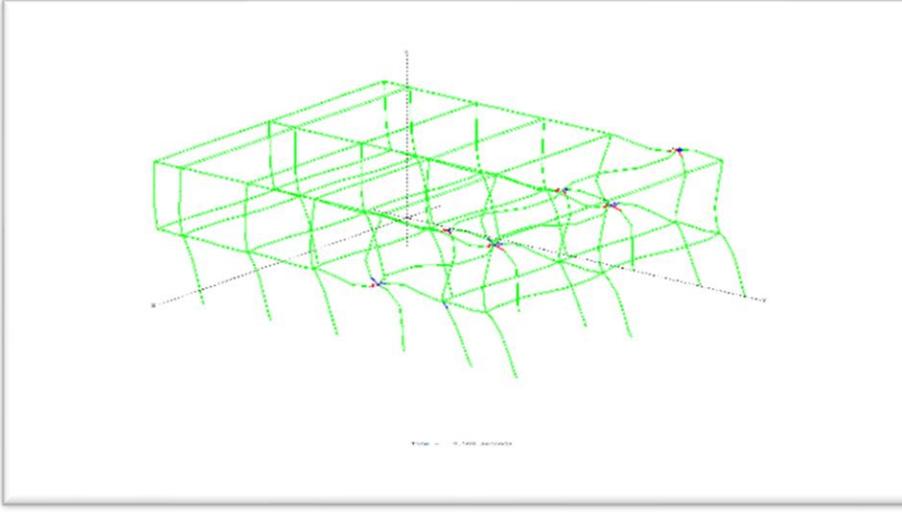
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,3
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	7,90
Gambar					
					

Tabel 4. 14: Pola Keruntuhan untuk Model 1 di tambahkan variasi perkuatan 10%

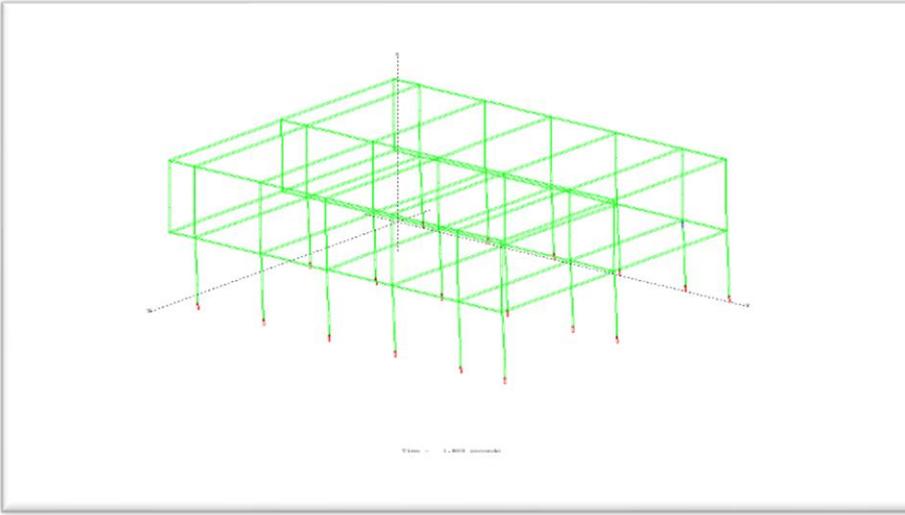
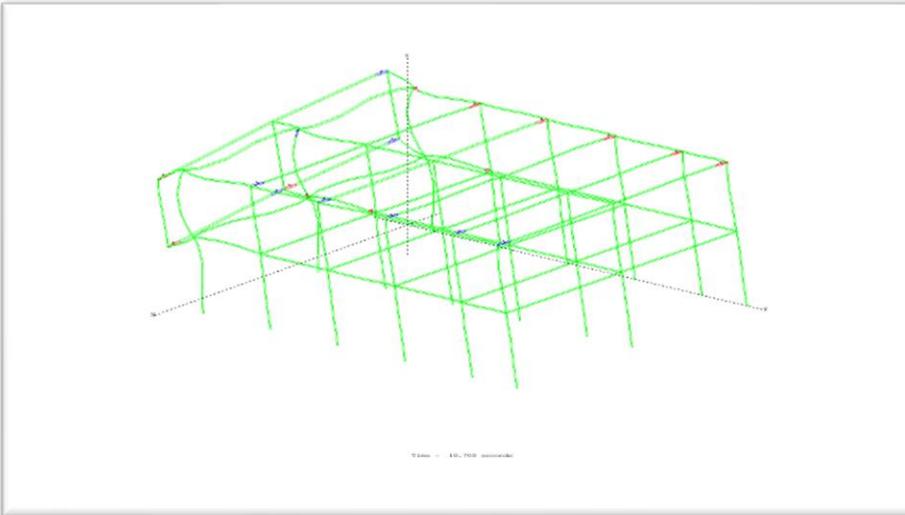
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,20
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi Soft Story/ Hancur	Kolom	Dasar	-	7,90
Gambar					
					

2. Model 2

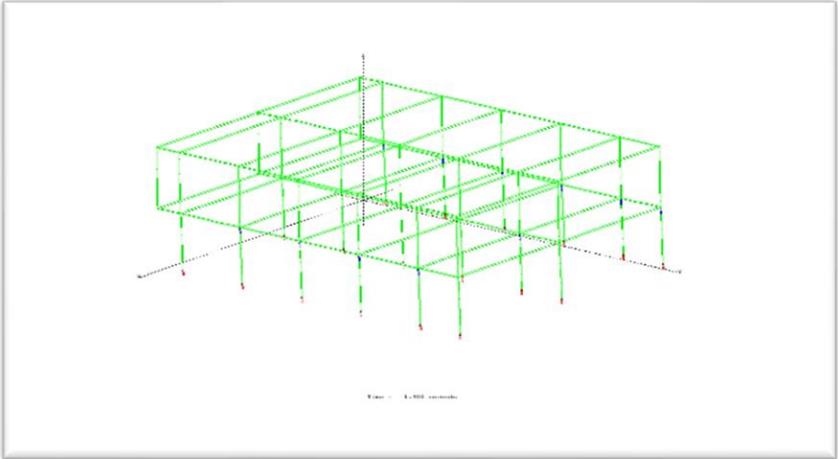
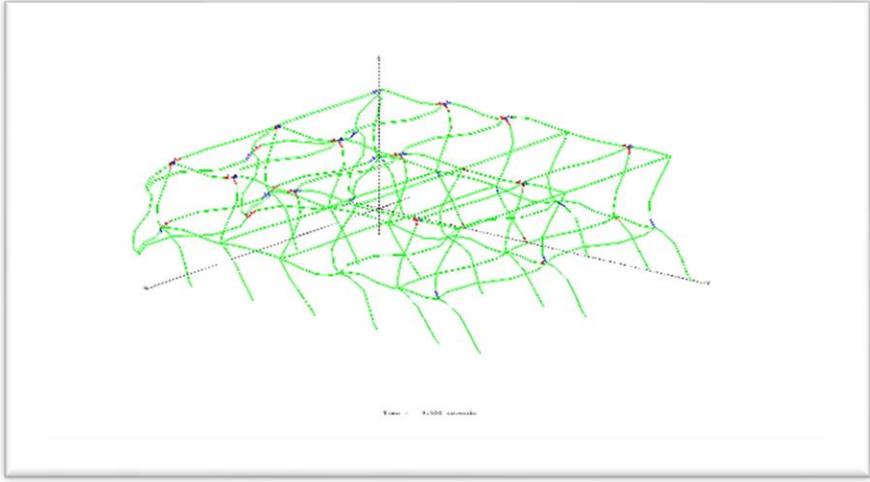
Tabel 4. 15: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 2,5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,80
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	9,50
Gambar					
					

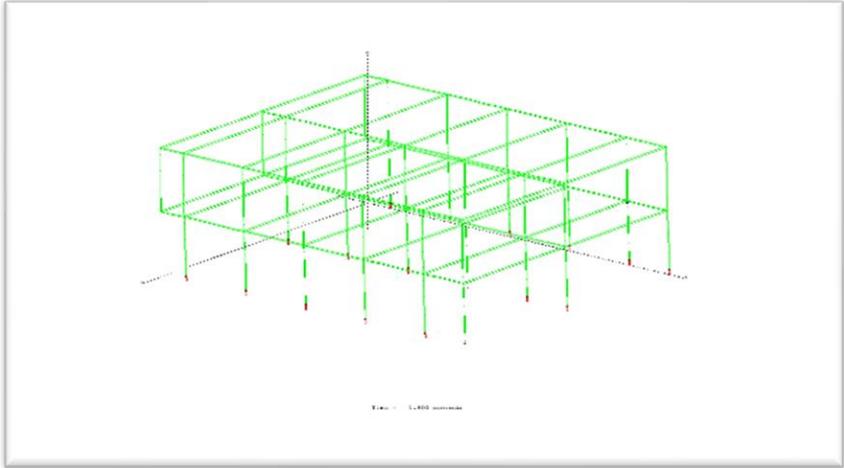
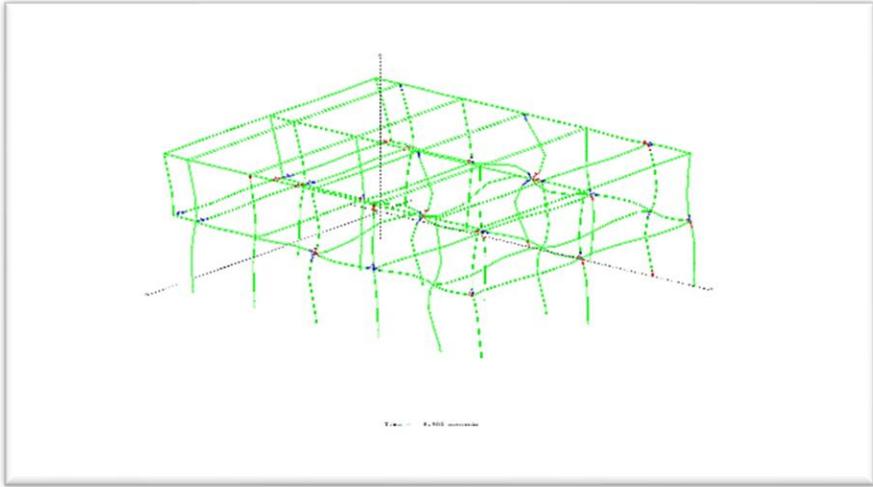
Tabel 4. 16: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan varisi perkuatan 5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,80
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	10,70
Gambar					
					

Tabel 4.17: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan variasi kekuatan 7,5%

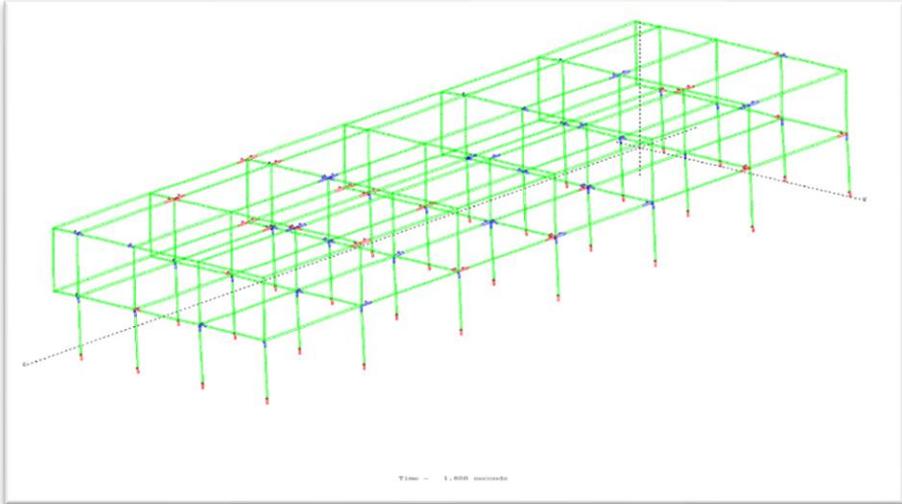
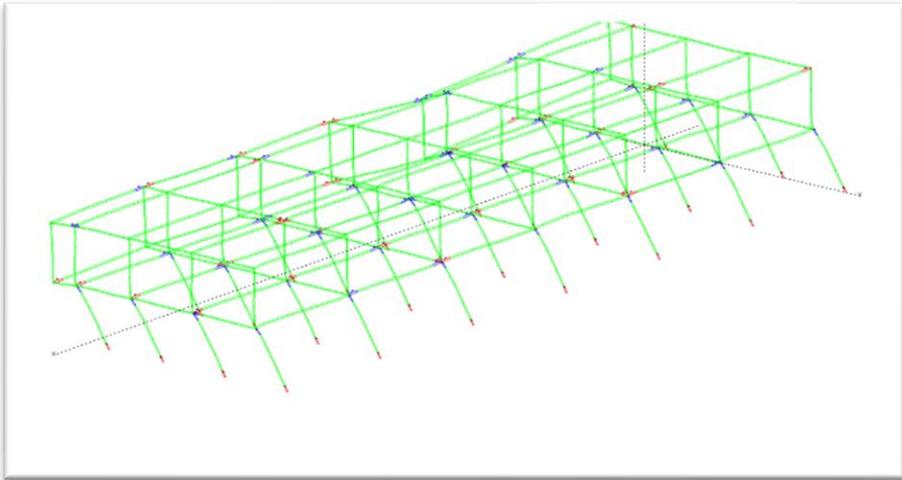
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,90
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	9,50
	Gambar				
					

Tabel 4. 18: Pola Keruntuhan untuk Model 2 di tambahkan variasi kekuatan 10%

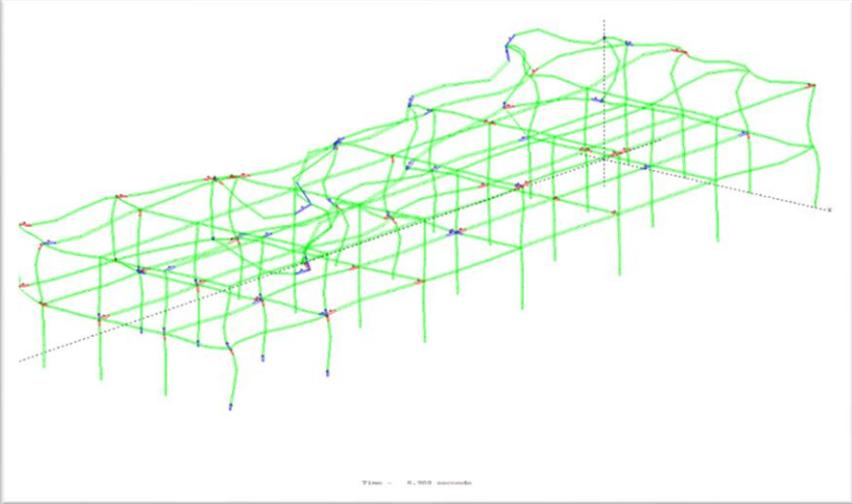
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,80
	Gambar				
					
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	8,90
Gambar					
					

3. Model 3

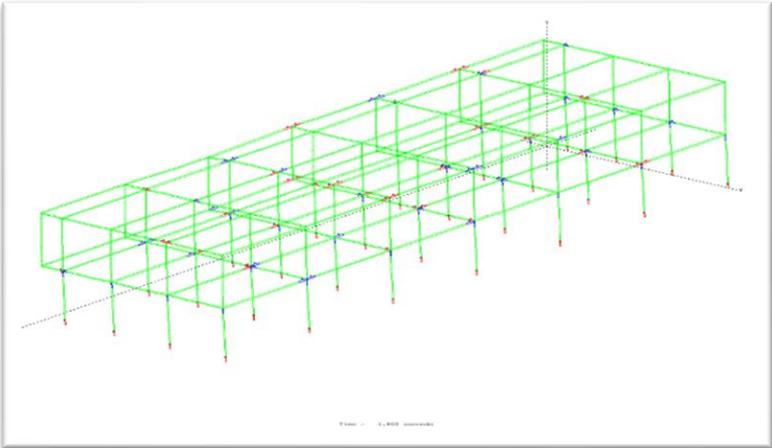
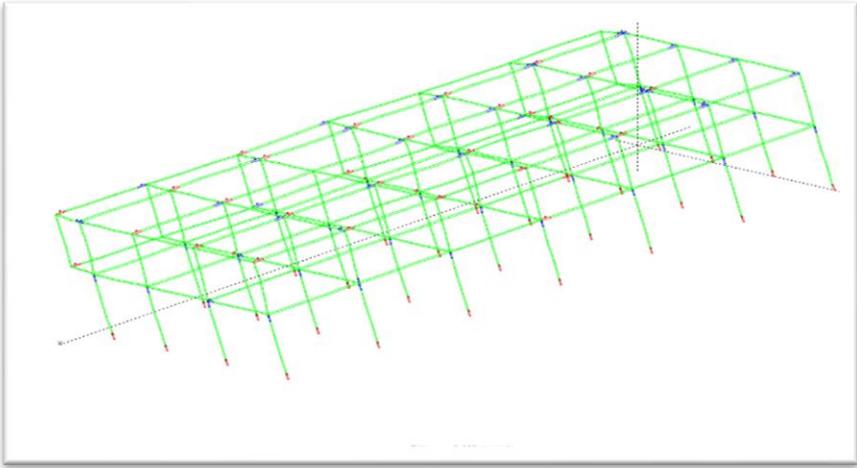
Tabel 4. 19: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan variasi perkuatan 2,5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,80
	Gambar				
	 <p>A 3D wireframe model of a building frame structure. The frame is composed of green lines representing beams and columns. Red arrows and blue dots indicate the locations of plastic hinges, which are concentrated at the base of the columns. The model is shown from a perspective view, highlighting the base of the structure.</p>				
<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Depan	8,1	
Gambar					
 <p>A 3D wireframe model of a building frame structure, similar to the one above. It shows plastic hinges (red arrows and blue dots) at the base of the columns, specifically in the front direction of the structure. The model is shown from a perspective view.</p>					

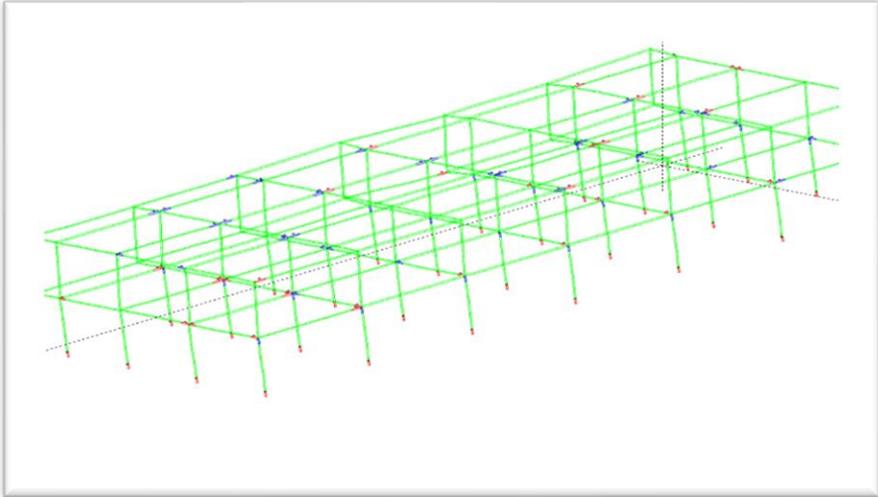
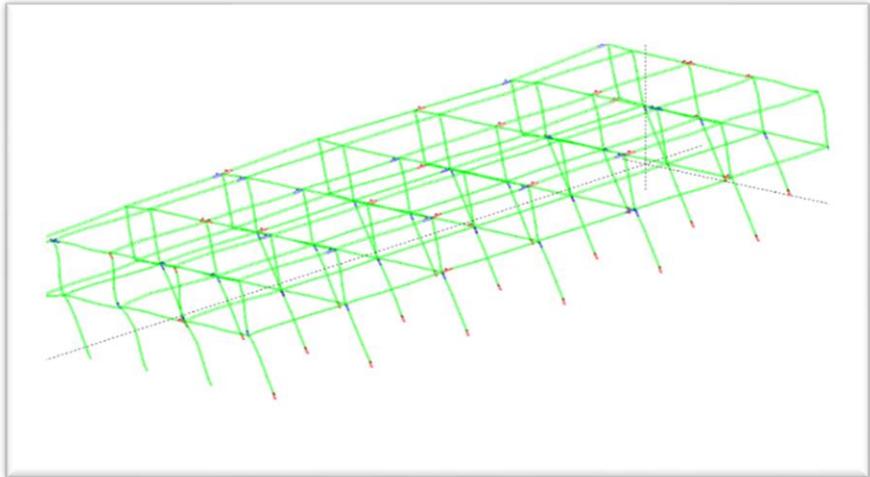
Tabel 4. 20: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan variasi kekuatan 5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	-
	Tidak Terjadi <i>Soft Story</i> / Hancur	Kolom	Dasar	-	0,9
Gambar					
					

Tabel 4. 21: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan variasi perkuatan 7,5%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	1,80
	Gambar				
					
	<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Depan	8,1
Gambar					
					

Tabel 4. 22: Pola Keruntuhan untuk Model 3 di tambahkan variasi kekuatan 10%

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Durasi (sec)
GS6	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	2,70
	Gambar				
					
	<i>Soft Story</i>	Kolom	Dasar	Depan	8,1
	Gambar				
					

Pada tabel 4.5 sampai 4.22 diatas merupakan gambar pola keruntuhan yang sudah ditambahkan variasi perkuatan kekakuan, diambil beberapa rekaman gempa berulang dengan magnitudo maksimum pada setiap masing-masing model ruko. Hasil analisis pola keruntuhan, Penambahan kekakuan efektif untuk mencegah terjadinya *Soft Story* walaupun tetap terjadinya sendi plastis pada kolom. rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di elemen kolom dasar. Tapi tidak mengakibatkan terjadinya *soft story* pada ke tiga model ruko tersebut. Respon yang terjadi pada ketiga model ruko tersebut jika mengalami gempa berulang yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan periode dan amplitudo tiap gempa yang berbeda-beda.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada Beberapa model struktur telah mencapai sendi plastis, yaitu *Soft Story*. Bila terkena gempa berulang seperti berikut ini :

- a. Model Ruko 1

- Sendi plastis = 1,059 *sec*
- *Soft story* = 1,68 *sec*

- b. Model Ruko 2

- Sendi plastis = 0,908 *sec*
- *Soft story* = 2,473 *sec*

- c. Model Ruko 3

- Sendi plastis = 1,295 *sec*
- *Soft story* = 3,082 *sec*

2. Dari variasi kekuatan 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari nilai kekakuannya yang ditambahkan pada ketiga model menghasilkan nilai displacement yang mengecil, dari hal tersebut bahwasannya nilai kekuatan 2,5% kekakuan sudah bisa diatasi. hal ini menunjukkan telah memenuhi batas runtuh yang disyaratkan oleh SNI 1726:2019. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwasannya kekuatan tersebut dapat mengurangi simpangan dan mengurangi terjadinya *soft story*.

Pada ketiga model didapatkan nilai maksimum simpangan antar tingkat (*story drift*) sebelum ditambahkan kekakuan sebagai berikut :

- a. Model Ruko 1

- Arah x = 32,62 cm
- Arah y = 66,37 cm

- b. Model Ruko 2

- Arah x = 119,4 cm
- Arah y = 106.3 cm

- c. Model Ruko 3
 - Arah x = 1,675 cm
 - Arah y = 8,509 cm

Setelah ditambahkan variasi kekakuan 2,5%, sebagai berikut :

- a. Model Ruko 1
 - Arah x = 0,361 cm
 - Arah y = 1,83 cm
- b. Model Ruko 2
 - Arah x = 0,392 cm
 - Arah y = 1,437 cm
- c. Model Ruko 3
 - Arah x = 0,361 cm
 - Arah y = 2,628 cm

Untuk simpangan atap (*top displacement*) maksimum sebelum ditambah pengaku terjadi pada struktur Model 2 pada arah x, dengan nilai rata-rata simpangan 16,817 cm. Pada saat ditambahkan pengaku 2,5% pada struktur Model 2 pada arah x, dengan nilai rata-rata simpangan 0,171 cm.

5.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, 8, 254.
- Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018). *Perencanaan struktur gedung beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus*. 6(6), 361–372.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta, Indonesia: Pustaka Pelajar (Anggota IKAPI).
- 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.
- Mahmoud, Dr. Thamir; K, 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. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(69\)90071-4](https://doi.org/10.1016/0017-9310(69)90071-4)
- 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*, 110(March), 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.04.007>
- Faisal, A. (2010). Estimasi Respon Tanah Sedang di Beberapa Lokasi di Kota Medan Akibat Skenario Terburuk Gempa Sumatera. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 15. <https://doi.org/10.5614/jts.2007.14.1.2>
- Efrida, R. (2018). Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa. *Educational Building*, 4(1), 62–69. <https://doi.org/10.24114/eb.v4i1.10046>
- Manalip, H., Kumaat, E. J., & Runtu, F. I. (2015). Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(1), 283–293.
- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018, April 1). *Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang*. *Portal Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 10.



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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 : OKKY ADITYA FAHREZA
NPM : 1707210155
JUDUL : "MENCARI ANTI SOFT STORY PADA KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki Tinjauan pustaka - perbaiki metode penelitian - Buat Gantt Chart!	Mh 16/02/21
		all proposal Seminar	Mh 18/02/21
		- buat Bab 2 - perbaiki Bab 1 - Buat model linear	Mh 15/03/21
		- perbaiki Bab 2 - perbaiki model linear	Mh 25/03/21
		- lampirkan ke Bab 3 - perbaiki model linear	Mh 15/04/21
		- perbaiki Bab 3 - lampirkan ke model nonlinier	Mh 19/05/21
		- Cek model nonlinier	Mh 05/06/21
		- Cek model nonlinier	Mh 25/06/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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



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 : OKKY ADYTIA FAHREZA

NPM : 1707210155

JUDUL : "MENCARI ANTI SOFT STORY PADA KERUSAKAN STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
-		Lanjutan ke Bab 4	
-		perbaiki Model Nonlinear	Mh 15/07 21
-		Cek pada keruntuhan	
-		buat Grafik!	Mh 10/08 21
-		perbaiki Grafik & Tabel	Mh 20/08 21
-		perbaiki Bab 4	
-		perbaiki Bab 4	
-		Cek Tabel	Mh 10/09 21
-		Buat Kesimpulan	
-		perbaiki Bab 4 / cek tabel	Mh 05/10 21
-		Cek Grafik / Tabel	
-		perbaiki Kesimpulan	Mh 20/10 21
		all utk diselesaikan!	Mh 29/10 21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

 29/10 21

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Okky Adytia Fahreza
Panggilan : Okky
Tempat, Tanggal Lahir : Cimahi, 18 Februari 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Kapten Batu Sihombing Legiun Veteran No.33
Agama : Islam

Nama Orang Tua
Ayah : Zulfahmi
Ibu : Erliza Sandra
No. HP : +62813-7571-0011
E-mail : okkyaditya8@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210155
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	MUHAMMADIYAH 02	2011
2	SMP	MUHAMMADIYAH 7	2014
3	SMA	MUHAMMADIYAH 1	2017
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		