

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KERUSAKAN *SOFT STORY* PADA 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:

MUHAMMAD IHSAN SAHRIN SEMBIRING
1707210152



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

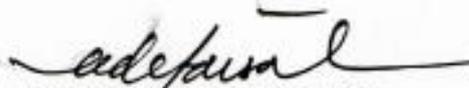
Nama : Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
NPM : 1707210152
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Kerusakan *Soft Story* Pada Struktur Rumah Toko
Akibat Gempa (Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 7 Februari 2022

Dosen Pembimbing


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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

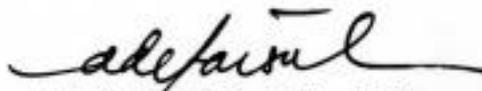
Nama : Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
NPM : 1707210152
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Kerusakan *Soft Story* Pada Struktur Rumah Toko
Akibat Gempa (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Struktur

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, 7 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I



Sri Prafanti, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, S.T., 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 : Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
Tempat/Tanggal Lahir : Medan /05 Oktober1999
NPM : 1707210152
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

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

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

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

Medan, 7 Februari 2022
Saya yang menyatakan,



Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring

ABSTRAK

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

Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
1707210152
Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Gempa adalah salah satu bencana alam yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi dan berapa besar gempa tersebut, pada umumnya gempa terjadi pada pertemuan dua buah lempeng tetapi lokasi yang tepat sulit diprediksi. Dengan risiko terjadinya gempa, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Salah satu akibat terjadinya kerusakan tersebut dikarenakan pemilihan struktur yang tidak beraturan yaitu bangunan yang tanpa ada dinding pengisi pada lantai dasarnya (*soft story*), salah satunya ruko (rumah toko). Pada dasarnya kolom yang mengalami tingkat lunak dapat dikategorikan sebagai kolom yang menerima beban relatif kuat dari struktur di atasnya atau bisa dikatakan suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil daripada tingkat-tingkat lainnya. Mengetahui fakta di atas, dibutuhkan suatu upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan yang ditimbulkan akibat gempa bumi. Upaya untuk mengurangi dampak negatif pada kerusakan bangunan dengan mengoptimalkan rancangan bangunan ketahanan terhadap gempa. Pada penelitian ini ruko yang akan ditinjau berada di kota Parapat dengan 3 *groundmotion* gempa *Strike-Slip* dengan jarak *epicentral* di 35-45 km. Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi. Pada struktur bangunan akan dikenakan respon gempa tunggal. Dari hasil analisa model 1 akan mengalami IDR_{max} pada RSA (T1) = 0.425 g oleh gempa G3y. Sedangkan model 2 akan mengalami IDR_{max} pada RSA (T1) = 0.53 g oleh gempa G3y.

Kata Kunci: Gempa *Stike-Slip*, Parapat, *Soft Story*, Ruko, IDR.

ABSTRACT

EVALUATION OF SOFT STORY DAMAGE ON THE STRUCTURE OF SHOP HOUSE DUE TO THE EARTHQUAKE (Case study)

Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
1707210152
Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Earthquakes are one of the natural disasters that cannot be predicted when and how big the earthquake will be, generally earthquakes occur at the meeting of two plates but the exact location is difficult to predict. With the risk of an earthquake, the risk of building damage is also very high. One of the consequences of this damage is due to the selection of irregular structures, namely buildings without infill walls on the ground floor (soft story), one of which is a shop house (shop house). Basically, a column experiencing a soft level can be categorized as a column that receives a relatively strong load from the structure above it or can be said to be a weak pile, whose stiffness is much smaller than the other stories. Knowing the facts above, it takes an effort to minimize the damage to buildings caused by the earthquake. Efforts to reduce the negative impact on building damage by optimizing the design of earthquake-resistant buildings. In this study, the shophouses that will be reviewed are in the city of Parapat with 3 ground motions of the Strike-Slip earthquake with an epicentral distance of 35-45 km. The analysis used is Spectrum Response as the design stage and Linear and Nonlinear Time History Response as the evaluation stage. The building structure will be subject to a single earthquake response. From the results of the analysis model 1 will experience IDR_{max} at $RSA (T1) = 0.425$ g by the G3y earthquake. While model 2 will experience IDR_{max} at $RSA (T1) = 0.53$ g by the G3y earthquake.

Keywords: Stike-Slip Earthquake, Parapat, Soft Story, Ruko, IDR.

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 “Evaluasi Kerusakan Soft Story Pada Struktur Rumah Toko Akibat Gempa (Studi Kasus).” Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, serta motivasi yang diberikan.
2. Ibu Sri Prafanti S.T., M.T selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II dan juga selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
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 (Alm) Sahdin

Sembiring dan Ibunda Zairina Nasution, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

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

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

Medan, 7 Februari 2022

Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Pengertian Gempa Secara Umum	6
2.3 <i>Soft Story</i>	6
2.4 <i>Ground Motion</i>	8

2.5 Faktor Modifikasai Respon (R)	9
2.6 Struktur Beton Bertulang	9
2.7 Perancangan Ketahanan Gempa	10
2.8 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	11
2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen	12
2.9.1 SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)	12
2.9.2 SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)	12
2.9.3 SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	12
2.10 <i>Incremental Dynamic Analysis (IDA)</i>	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Umum	14
3.2. Pemodelan Struktur	15
3.2.1. Data Perencanaan Struktur	15
3.3. Analisa Struktur	21
3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier	21
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. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa	33
4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	33
4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta	34

4.3. Hasil Analisa Non Linier	34
4.4. <i>Incremental Dynamic Analysis (IDA)</i>	34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

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.	18
Tabel 3.3. Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.	19
Tabel 3.4. Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2013.	19
Tabel 3.5. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $SDS = 0.707306184$.	23
Tabel 3.6. Rekaman getaran gempa Strike-Slip dari PEER NGA.	24
Tabel 4.1. Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt.	30
Tabel 4.2. Koreksi skala simpangan antar tingkat.	31
Tabel 4.3. RSA (T1) yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi hampir Runtuh pada kedua model.	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	(a) Bangunan tanpa Soft Story; (b) Soft Story lantai; (c) Soft Story pada lantai di atasnya (Tamara,2011).	7
Gambar 2.2.	Keruntuhan Soft-Story pada ruko yang terjadi di kota Padang tahun 2009.	8
Gambar 3.1.	Bagan Alir Penelitian.	13
Gambar 3.2.	Lokasi model ruko 1.	14
Gambar 3.3.	a) Denah struktur model 1, b) Proyeksi bangunan model 1, c) Geometri ruko model 1.	15
Gambar 3.4.	lokasi model ruko 2.	16
Gambar 3.5.	a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2, c) Geometri ruko model 2.	17
Gambar 3.6.	Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	20
Gambar 3.7.	a) Rekaman gempa Strike-Slip Landers arah X, b) Rekaman gempa Strike-Slip Landers arah Y.	26
Gambar 3.8.	a) Rekaman gempa Strike-Slip Landers arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum, b) Rekaman gempa Strike-Slip Landers arah Y yang telah diubah menjadi respon.	26
Gambar 3.9.	a) Respon spektrum dengan 3 daerah gempa arah X, b) Respon spektrum dengan 3 daerah gempa arah arah Y.	27
Gambar 4.1.	Kurva IDA model 1, a) Kurva IDA gempa 1 arah X, b) Kurva IDA gempa 2 arah X, c) Kurva IDA gempa 3 arah X.	33
Gambar 4.2.	Kurva IDA model 1, a) Kurva IDA gempa 1 arah Y, b) Kurva IDA gempa 2 arah Y, c) Kurva IDA gempa 3 arah Y.	34
Gambar 4.3.	Kurva IDA model 2, a) Kurva IDA gempa 1 arah X, b) Kurva IDA gempa 2 arah X, c) Kurva IDA gempa 3 arah X.	36
Gambar 4.4.	Kurva IDA model 2, a) Kurva IDA gempa 1 arah Y, b) Kurva IDA gempa 2 arah Y, c) Kurva IDA gempa 3 arah Y.	37

DAFTAR NOTASI

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

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

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa Asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga tingkat risiko terjadinya gempa bumi sangatlah tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi ini, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Dalam konteksnya terhadap ruang lingkup kerja teknik sipil, kondisi tersebut berpengaruh besar dalam perencanaan desain struktur pada bangunan. Salah satu akibat terjadinya kerusakan tersebut dikarenakan pemilihan struktur yang tidak beraturan yaitu bangunan yang tanpa ada dinding pengisi pada lantai dasarnya (*soft story*). Pada dasarnya kolom yang mengalami tingkat lunak dapat dikategorikan sebagai kolom yang menerima beban relatif kuat dari struktur di atasnya atau bisa dikatakan suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil daripada tingkat-tingkat lainnya. Struktur dengan *soft story* akan memperbesar deformasi lateral dan gaya geser pada kolom.

Indonesia berada di pertemuan beberapa lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Lempeng Pasifik. Lempeng tektonik tersebut saling bergerak 1 sama lain, ada yang saling mendekati, saling menjauh, atau saling bergeser. Adanya pergerakan lempeng tersebut dapat menyebabkan terjadinya gempa bumi di Indonesia. Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi.

Gempa adalah salah satu bencana alam yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi dan berapa besar gempa tersebut, pada umumnya gempa terjadi pada pertemuan dua buah lempeng tetapi lokasi yang tepat sulit diprediksi. Gempa tidak dapat dicegah dan dapat menyebabkan dampak bagi manusia seperti kematian, kerusakan pada bangunan rumah tinggal, fasilitas umum, dll. Sifat merusak dari suatu gempa tergantung dari besarnya atau magnitudo dan lamanya

gempa, serta banyaknya getaran yang terjadi. Perencanaan konfigurasi struktur bangunan dan jenis material yang digunakan pada konstruksi bangunan, juga akan berpengaruh terhadap banyaknya kerusakan struktur bangunan.

Manusia dapat mengurangi dampak dari gempa, baik korban manusia maupun tingkat kerusakan yang timbul pada bangunan. Untuk mengurangi dampak dari gempa, maka bangunan harus dirancang tahan terhadap gempa. Konfigurasi bangunan baik dalam arah horisontal maupun dalam arah vertikal harus simetris, struktur utama seperti kolom-kolom harus dirancang lebih kuat dibandingkan dengan balok, dengan demikian keruntuhan balok dapat dicegah. Apabila kolom hancur lebih dahulu dari balok maka bangunan akan roboh dan penghuni tidak memiliki kesempatan untuk keluar dari gedung. Penyebab lainnya dari kegagalan struktur akibat gempa adalah pelaksanaan yang tidak didasarkan pada pendetailan yang baik seperti pemasangan tulangan yang tidak pada tempatnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemampanan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah adalah bagaimana mengetahui intensitas gempa dalam bentuk $RSA(T1)$ yang dapat membuat ruko mencapai kondisi hampir runtuh?

1.3 Ruang Lingkup

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
 - Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen (SRPM) 3 dimensi diantaranya Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa (SRPMB) pada rumah toko yang terdiri 2 lantai yang difungsikan sebagai tempat usaha atau perkantoran yang terdapat di daerah Parapat.
 - Struktur rumah toko dengan dimensi kolom, balok, dan dinding serta penulangan yang hanya di analisa pada batas skenario terberuk gempa, tidak dianalisa sampai ekonomis.

2. Perencanaan struktur beton bertulang. Pembebanan serta gedung di rencanakan berdasarkan:

- Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847:2019.
- Spesifikasi baja tulangan beton berdasarkan SNI 2052:2017.
- Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung berdasarkan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) 1987.
- 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:

- Progam analisa struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Respon Spektrum Linier).
- PEER *Ground Motion* Database, dan PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
- SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi Respon Spektrum.
- MATLAB, untuk menskalakan *groundmotion*.
- RUAMOKO3D, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Non Linier) yang ditinjau secara 3 dimensi.

4. Parameter yang ditinjau:

- Linier adalah semua aspek yang harus di control sesuai dengan SNI 1726:2019.
- Non linier : - Simpangan antar tingkat
- Kurva *Incremental DynamiSc Analysis* (IDA).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui intensitas gempa dalam bentuk RSA(T1) yang dapat membuat ruko mencapai kondisi hampir runtuh.

1.5 Manfaat Penelitian

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 struktur rumah toko akibat gempa.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan rumah toko beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur dan program analisa riwayat waktu dan RUAUMOKO3D.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

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

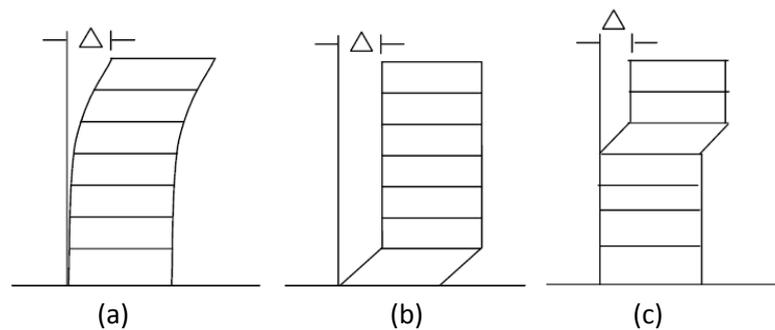
2.2 Pengertian Gempa Secara Umum

Gempa bumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas pergerakan lempeng tektonik disebut gempabumi tektonik. Namun selain itu, gempabumi bisa saja terjadi akibat aktivitas gunung berapi yang disebut sebagai gempabumi vulkanik. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi atau gelombang seismik (Utomo dan Purba, 2019). Ketika gelombang ini mencapai permukaan bumi, getarannya dapat merusak segala sesuatu di permukaan bumi seperti bangunan dan infrastruktur lainnya sehingga dapat menimbulkan korban jiwa dan harta benda.

2.3 *Soft Story*

Soft story didefinisikan sebagai suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya (Pramudhita, 2019). Jika kolom-kolom tingkat mempunyai kekakuan yang lebih kecil dibandingkan di atasnya, dan gaya aksial yang dipikulnya besar, maka energi gempa akan diserap sebagian besar oleh kolom ini, akibatnya terjadilah tingkay lunak (*soft story*) dimana sendi-

sendi plastis terjadi pada ujung-ujung kolom ini (Putri dkk, 2018). Dengan adanya sendi plastis, maka ujung kolom dapat berputar relatif, sehingga pada kolom akan terjadi sedikit kemiringan. Jika gempa masih berlanjut maka kemiringan akan semakin besar dan akan berakibat terjadinya keruntuhan pada tingkat tersebut. Kondisi ini akan memicu keruntuhan di atasnya yang pada akhirnya akan terjadi keruntuhna total. Keruntuhan kolom merupakan sesuatu yang fatal dan seharusnya tidak boleh terjadi (Tamara,2011).



Gambar 2.1: (a) Bangunan tanpa *Soft Story*; (b) *Soft Story* lantai; (c) *Soft Story* pada lantai di atasnya (Tamara,2011).

Gambar 2.2 menunjukkan salah satu efek terjadinya keruntuhan *soft-story* akibat gempa yang terjadi di padang tahun 2009. Keruntuhan *soft-story* ini terjadi karena penggunaan dinding pengisi yang sangat minim pada bagian dasar bangunan. Ketika terjadi gempa akan menimbulkan pergerakan lateral pada tanah sehingga lantai di atas yang lebih berat merespon gaya lateral yang lebih besar. Karena kolom di bawah yang lebih lemah, maka terjadi keruntuhan pada kolom bawah (*soft-story*). Dan telah kita ketahui bersama bahwa tujuan utama sebuah kolom adalah memikul gaya aksial desak dan juga menopang balok, lantai dan seluruh beban di lantai sehingga kolom seharusnya tidak boleh runtuh sebelum balok.

Bangunan dengan perilaku *soft-story* tidak memenuhi kaidah "kolom kuat balok lemah" (strong column weak beam). Struktur gedung harus memenuhi persyaratan "kolom kuat balok lemah" ini agar ketika struktur memikul pengaruh

gaya gempa, sendi-sendi plastis di dalam struktur tersebut hanya boleh terjadi pada ujung-ujung balok dan pada kaki kolom saja.



Gambar 2.2: Keruntuhan *Soft-Story* pada ruko yang terjadi di kota Padang tahun 2009.

2.4 Ground Motion

Gaya gempa akan memberikan suatu gerakan pada tanah yang biasanya diistilahkan dengan *ground motion*. *Ground motion* ini lebih menunjukkan pengertian kepada percepatan tanah akibat gempa. Percepatan tanah akibat gempa direkam secara lengkap berdasarkan fungsi waktu, artinya percepatan tersebut direkam selama terjadinya gerakan tanah (Faisal dan Halim, 2017).

Dalam memilih rekaman gempa, ada hal-hal yang perlu diperhatikan. Menurut Douglas dan Aochi (2008) dalam menggunakan metode *accelerogram* yang *representative*, rekaman dipilih dari sumber yang mengandung *accelerogram* dimana harus cocok dengan kondisi tempat yang akan diteliti. Pemilihannya kebanyakan harus berdasarkan magnitude dan jarak (dan terkadang karakteristik lain seperti jenis patahan) dari tempat terjadinya gempa. Rekaman dengan respon spektra elastis yang cocok dengan spektra desain lebih disukai (Faisal dan Halim, 2017).

2.5 Faktor Modifikasai Respon (R)

Faktor modifikasi respon merupakan parameter desain seismik yang penting dalam mendefinisikan tingkat kekakuan struktur selama terjadi gempa. Faktor modifikasi respon, R, dipertimbangkan untuk mengevaluasi kebutuhan gempa pada resiko gempa yang berbeda. R ditentukan sebagai faktor dimana kebutuhan gaya yang dihasilkan jika struktur masih elastis dikurangi untuk mendapatkan gaya lateral desain. Nilai R ini dapat digunakan sebagai ukuran kemungkinan bahaya seismik inelastis dari struktur yang diberikan. Dalam studi parametrik, untuk mencapai aksi inelastis khusus didefinisikan oleh R, *ground motion* seharusnya diskalakan tanpa mengubah kekuatan elemen. Dalam kejadian sebuah gempa, kebutuhan seismic bergantung pada tingkat aktifitas inelastis. Sehingga dalam pemilihan PGA tidak hanya bergantung pada hal-hal yang relative tetapi juga bergantung pada aktifitas seismic pada daerah khusus.

2.6 Struktur Beton Bertulang

Menurut Nelwan dkk, (2018) beton bertulang adalah salah satu bahan konstruksi yang sangat penting karena digunakan di hampir semua struktur. Beton bertulang memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan tersebut antara lain, yaitu:

1. Beton adalah material yang mempunyai kuat tekan yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain.
2. Beton memiliki daya tahan terhadap api dan air, bahkan menjadi material struktur bangunan terbaik untuk bangunan yang bersentuhan langsung dengan air. Dalam peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, struktur beton dengan ketebalan selimut beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaan beton tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton tidak memerlukan biaya perawatan yang besar.
4. Beton memiliki usia layan yang sangat panjang apabila dibandingkan dengan panjang apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain. Dalam kondisi normal, beton dapat digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama tanpa kehilangan kemampuan untuk menahan beban. Hal ini menunjukkan

beton tidak mengalami penurunan kekuatan seiring berjalannya waktu, bahkan semakin bertambah disebabkan proses pemadatan pasta semen.

5. Beton dapat dicetak menjadi bentuk yang beranekaragam, mulai dari pelat, balok, kolom sederhana, sampai atap kubah dan cangkang besar.
6. Di tempat-tempat tertentu, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang relatif murah seperti pasir, kerikil, dan air, dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan material baja, yang mungkin saja didatangkan dari daerah lain.
7. Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton relatif lebih rendah dibandingkan dengan bahan lain seperti struktur baja.

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

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

2.7 Perancangan Ketahanan Gempa

Menurut Nelwan dkk, (2018) gempa bumi adalah suatu fenomena alam yang terjadi berupa getaran yang disebabkan oleh aktifitas vulkanik maupun tektonik yang berasal dari kerak bumi. Gempa ini merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang ini yang apabila sampai ke permukaan bumi, menyebabkan terjadinya getaran yang berpengaruh pada bangunan yang ada di permukaan. Hal inilah yang akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan karena struktur lebih cenderung memiliki sifat mempertahankan diri dari gerakan.

Berdasarkan UBC 1997, tujuan dari desain bangunan tahan gempa adalah mencegah terjadinya kegagalan struktur dan terjadinya korban jiwa, dengan 3 kriteria standar yaitu:

- a. Tidak terjadi kerusakan sama sekali pada gempa ringan.

- b. Ketika terjadi gempa sedang, diizinkan terjadi kerusakan arsitektual tanpa adanya kerusakan struktural.
- c. Diizinkan terjadinya kerusakan struktural maupun non-struktural pada gempa kuat, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

2.8 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

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

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

2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen

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

2.9.1 SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah, keuntungan dari sistem ini adalah arsitekturalnya yang sederhana dan biaya yang murah sedangkan kerugian dari sistem ini yaitu struktur sangat beresiko jika sewaktu-waktu terjadi perubahan alam dan mempengaruhi kondisi tanah yang ada.

2.9.2 SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah memiliki tingkat daktilitas sedang dan digunakan pada daerah dengan tingkat resiko sedang, SRPMM diharapkan dapat menahan gaya-gaya yang ada lebih khususnya untuk kolom agar dapat menahan geser, pendetailan harus sesuai dengan yang disyaratkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI) untuk perencanaan struktur tahan gempa. Keuntungan dari sistem ini adalah arsitektural yang sederhana, dan tidak memerlukan banyak perkuatan sedangkan kerugiannya yaitu struktur sangat beresiko jika sewaktu-waktu terjadi perubahan alam dan mempengaruhi kondisi tanah yang ada.

2.9.3 SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu strong kolom weak beam, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus, keuntungan dari sistem ini adalah dari

arsitekturalnya yang sederhana sedangkan kerugiannya yaitu pendetailan yang complex sehingga dapat mempersulit pengerjaan.

2.10 *Incremental Dynamic Analysis (IDA)*

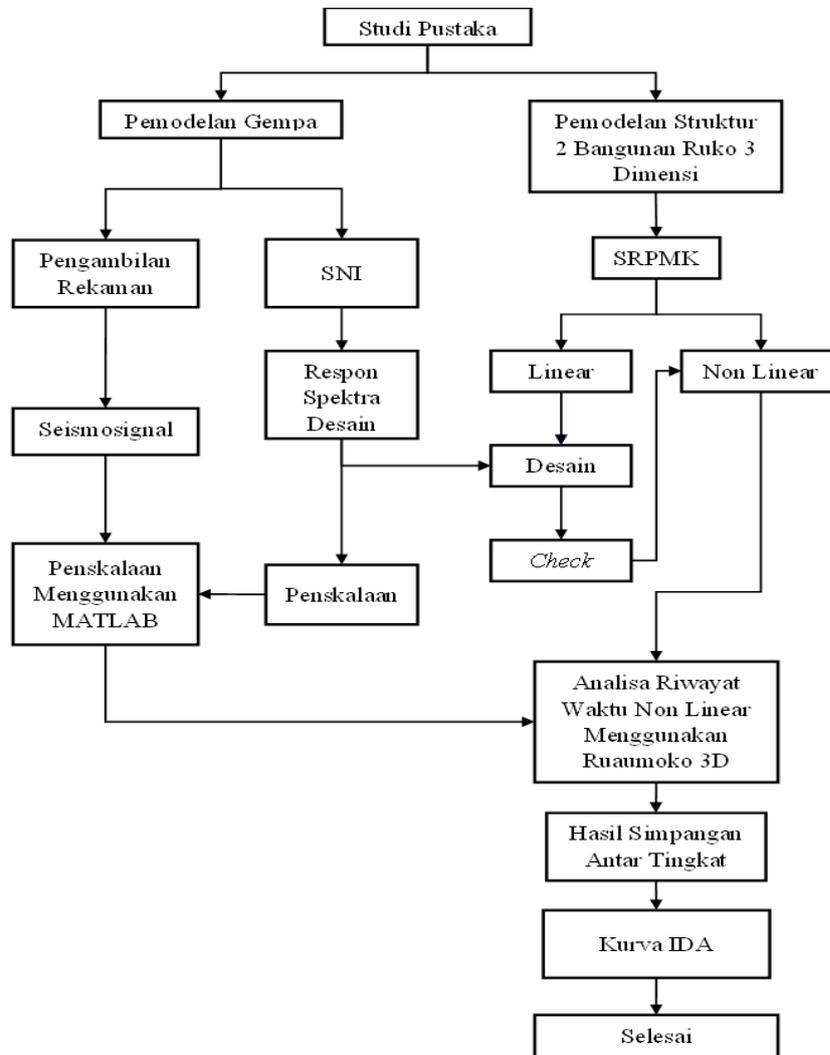
IDA merupakan metode analisis komputasi beban gempa untuk melakukan penilaian menyeluruh terhadap perilaku struktur dibawah beban gempa yang melibatkan pelaksanaan beberapa analisis dinamis nonlinier dari model struktural di bawah serangkaian rekaman gerakan tanah, masing-masing diskalakan ke beberapa tingkat intensitas seismik. Tingkat penskalaan dipilih secara tepat untuk memaksa struktur melalui seluruh rentang perilaku, dari elastis hingga tidak elastis dan akhirnya hingga ketidakstabilan dinamis global, di mana struktur pada dasarnya mengalami keruntuhan. Pemrosesan akhir yang sesuai dapat menyajikan hasil dalam hal kurva IDA, satu untuk setiap rekaman gerakan tanah, dari intensitas seismik, biasanya diwakili oleh Scalar Intensity Measure (IM), versus respons struktural, yang diukur dengan parameter permintaan teknik (EDP).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisa menggunakan 2 *software* batuan, 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 analisis dilakukan terhadap 2 model, setiap modelnya memiliki sistem rangka pemikul momen yaitu sistem rangka pemikul momen khusus. Kelima model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *software* RUAUMOKO, untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

3.2. Pemodelan Struktur

Rumah toko (RUKO) yang ditinjau sebagai objek penelitian berada di beberapa tempat yang ada di kota Parapat. Rumah toko ini terdiri dari 2 model, diantaranya model 1 yang berada di Jl. Josep Sinaga Kecamatan Girsang Sipangan Bolon dan model 2 yang berada di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon. Pemodelan dalam program analisa struktur, yaitu:

1. Kuat tekan beton ($f'c$) yang digunakan:
 - Kolom : 27,48 Mpa
 - Balok dan slab : 27,48 Mpa
2. 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
3. Tebal plat lantai 140 mm.

3.2.1. Data Perencanaan Struktur

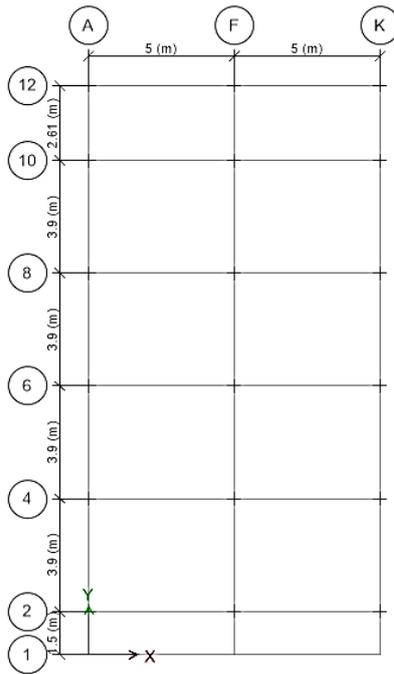
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada kedua pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Model 1

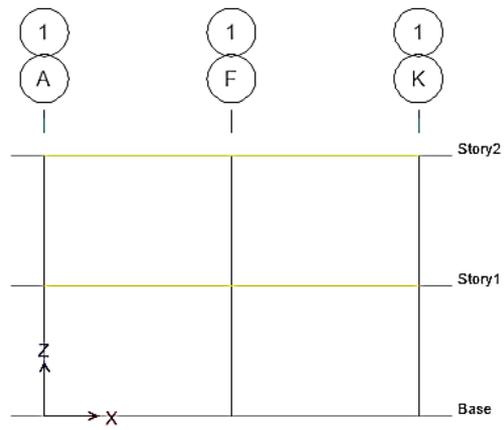


Gambar 3.2: Lokasi model ruko 1.

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

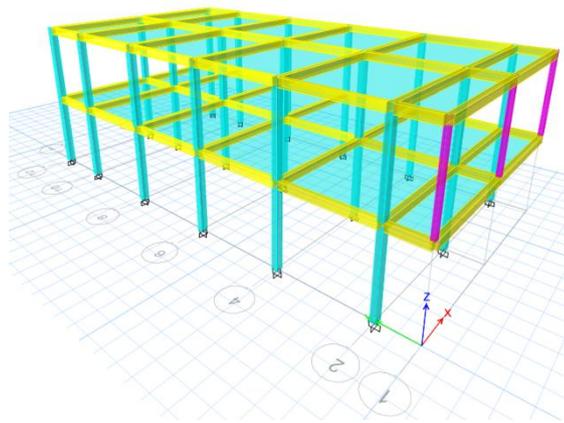


(a)



(b)

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



(c)

Gambar 3.3: Lanjutan.

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

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

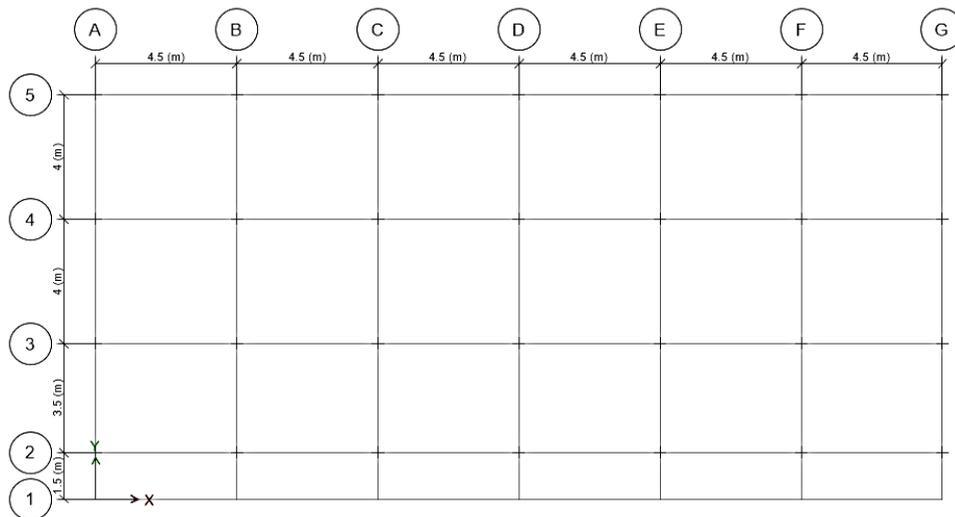
2. Model 2



Gambar 3.4: lokasi model ruko 2.

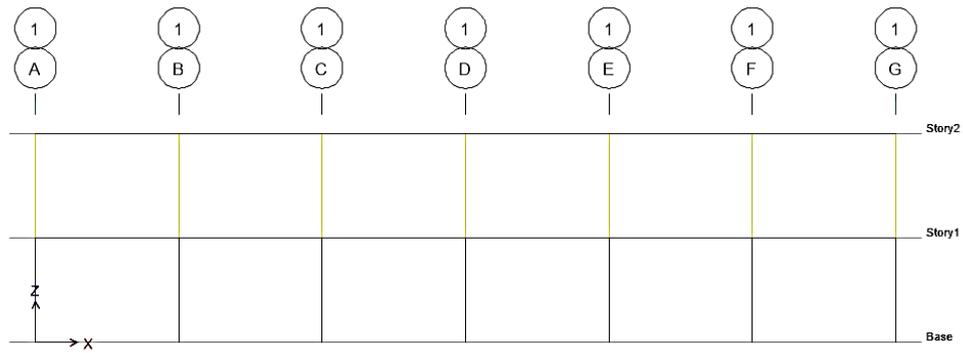
- Rumah Toko model 6 pintu.

- Ukuran rumah toko 4,5 m x 14,5 m.
- Jumlah level adalah 2 lantai.
- Jenis pemanfaatan gedung untuk perdagangan, perkantoran, dan tempat tinggal.
- Gedung terletak di Jl. Sisingamangaraja Kecamatan Girsang Sipangan Bolon Parapat.
- Klasifikasi tanah sedang (SD)
- Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
- Dimensi Struktur Rumah Toko:

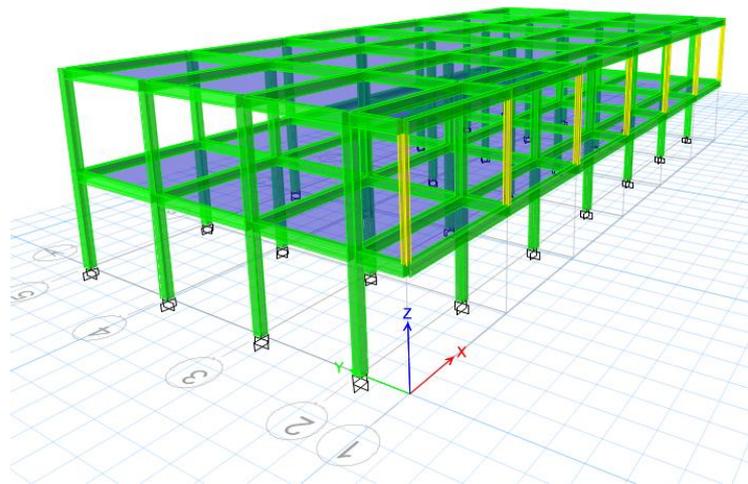


(a)

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



(b)



(c)

Gambar 3.5: Lanjutan.

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

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

3.3. Analisa Struktur

3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier

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

3.3.1.1. Pembebanan

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan rumah toko diambil dari PPPURG (1987) dan SNI 1727:2020 yang telah disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan dengan komponen material bangunan. Nilai beban hidup dan beban mati yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Berat Material Konstruksi Berdasarkan SNI 1727:2020.

Beban Mati	Besarnya Beban
Beton Bertulang	2,400 kg/m ³
Bata Ukuran 203 mm	3,78 kN/m ²
Plasteran	0,24 kN/m ²
Plafond	0,05 kN/m ²
Keramik dan Mortar	0,77 kN/m ²
Elektrikal	0,19 kN/m ²

Tabel 3.4: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2013.

Beban Hidup	Besarnya Beban
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 komputer dengan memasukkan faktor reduksi 0,54 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load case*).

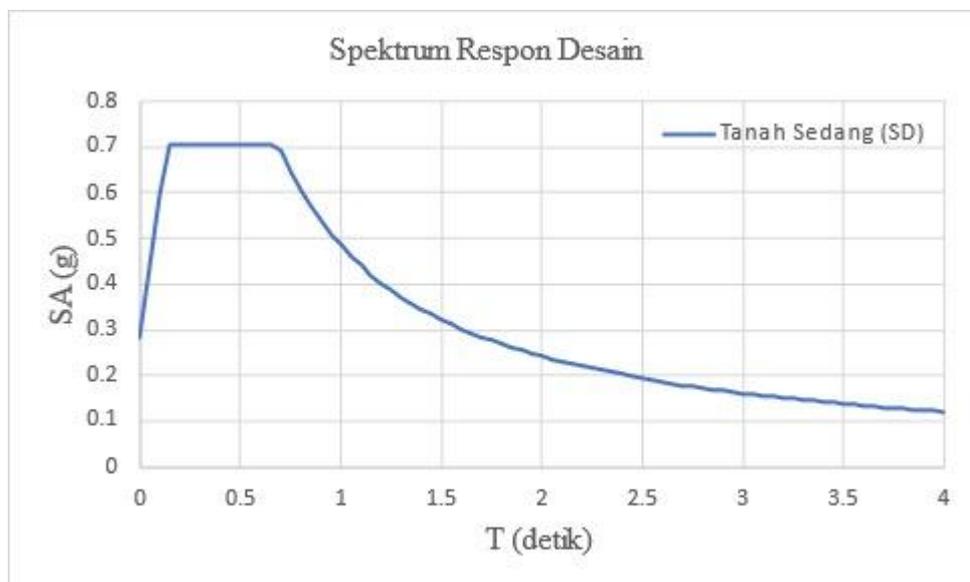
3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa

3.3.1.2.1 Desain Respon Spektrum Parapat (Tanah Sedang)

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

- PGA = 0,4130 g
- S_s = 0,9459 g
- S_l = 0,4759 g
- S_{DS} = 0,707 g
- S_{Dl} = 0,579 g
- T_0 = 0,164 detik
- T_l = 0,818 detik

Respon Spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6: Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.

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

3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan

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

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

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

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

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

di mana:

E = Beban gempa

E_h = Beban gempa horizontal

E_v = Beban gempa vertical

Beban gempa horizontal (E_h) merupakan hasil perhitungan dengan beberapa metode dan penggunaannya dikalikan dengan faktor redundansi (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 = $(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$

di mana:

- DL = Beban mati, termasuk SDL (beban mati tambahan)
- LL = Beban Hidup
- E_h = Beban gempa horizontal
- E_v = Beban gempa vertical
- ρ = Faktor redundansi
- S_{DS} = Parameter percepatan respon spektrum desain pada periode pendek

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Berdasarkan sub Bab 2.9, maka didapatkan untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,708516$ untuk tanah lunak, untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,721349$ untuk tanah keras, untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0,541012$ untuk tanah batuan, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.5 untuk faktor $R = 8$.

Tabel 3.5: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1,3$, $S_{DS} = 0,707306184$.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (E _x)	Koefisien (E _y)
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 <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

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

3.3.1.4. Analisis Respon Spektrum Ragam

Analisis ini merupakan tahap desain yang harus memenuhi syarat-syarat batas berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis telah memenuhi syarat jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi yaitu sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah

horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing respon ragam telah dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan respon spektrum dibagi dengan kuantitas (R/I_e). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas (C_d/I_e).

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

3.3.1.5. *Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)*

Data rekaman gempa diperoleh dari *website* resmi *Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*. Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Even Name, Station, Type, 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 3 rekaman gempa *Strike-Slip* dengan jarak *epicentral* di 35-45 km. Untuk data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Rekaman getaran gempa *Strike-Slip* dari PEER NGA.

No	Nama <i>Groundmotion</i>	Nama Station	Tahun	Magnitude
1	Landers	Palm Springs Airport	1992	7,28
2	Landers	Thousand Palm Post Office	1992	7,28

Tabel 3.6: *lanjutan*

No	Nama <i>Groundmotion</i>	Nama Station	Tahun	Magnitude
3	El Mayor-Cucapah Mexico	Holtville Post Office	1992	7,2

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

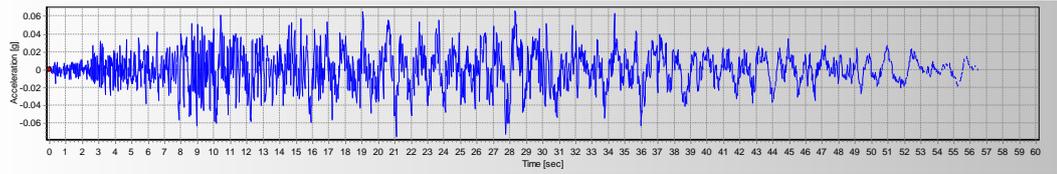
Kemudian data rekaman gempa yang digunakan sebagai *input* pada *software* RUAUMOKO3D. untuk Analisis Dinamik *nonlinier* Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

3.3.1.6. Analisa Respon Riwayat Waktu

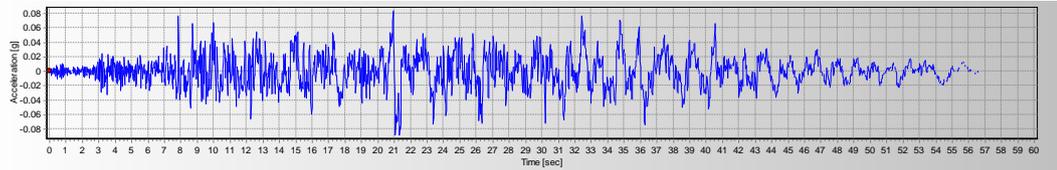
Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis *linear* sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara tiga dimensi. Alat bantu *software* yang digunakan adalah RUAUMOKO3D.

Data-data rekaman yang telah ambil dari PEER NGA daerah-daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.6 akan digunakan sebagai *input* data pada analisis menggunakan RUAUMOKO. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO terdapat beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.6.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.

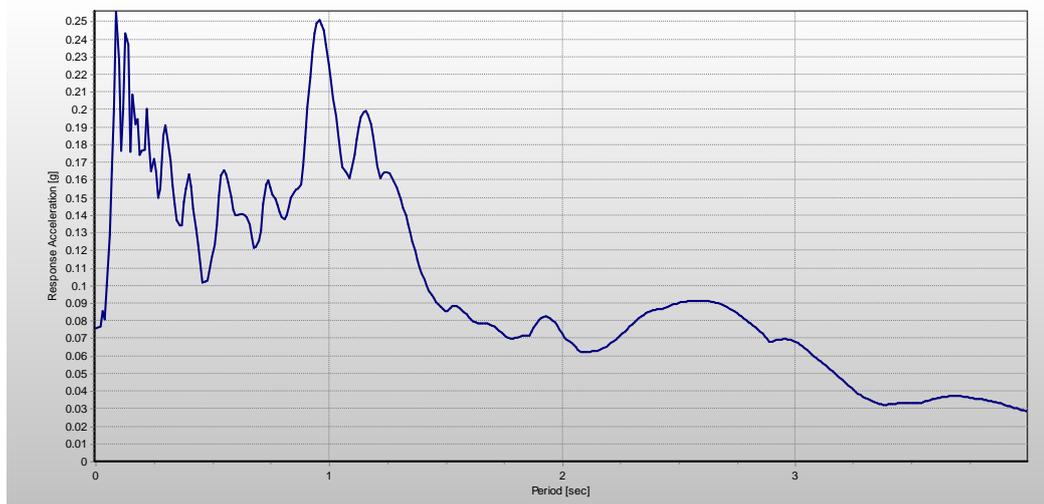


(a)



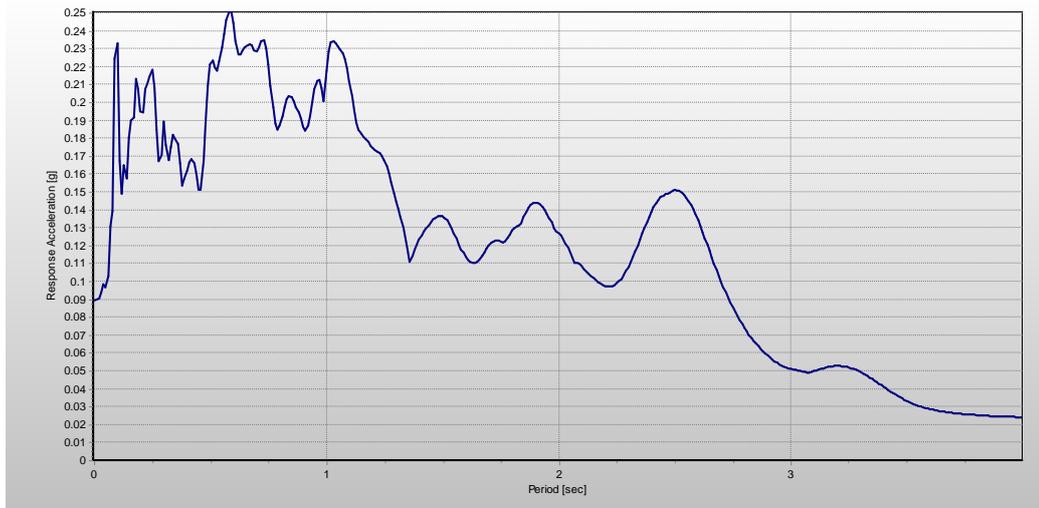
(b)

Gambar 3.7: a) Rekaman gempa *Strike-Slip* Landers arah X, b) Rekaman gempa *Strike-Slip* Landers arah Y.



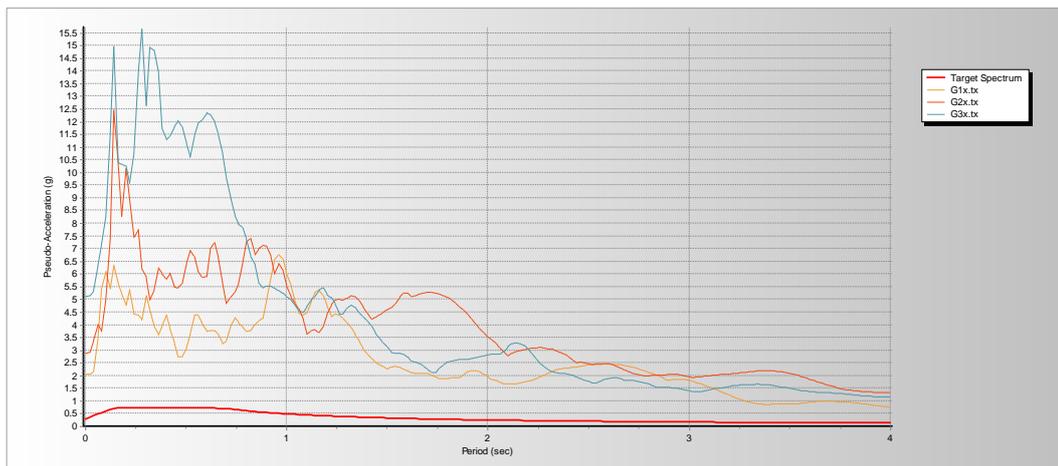
(a)

Gambar 3.8: a) Rekaman gempa *Strike-Slip* Landers arah X yang telah diubah menjadi respon spektrum, b) Rekaman gempa *Strike-Slip* Landers arah Y yang telah diubah menjadi respon.



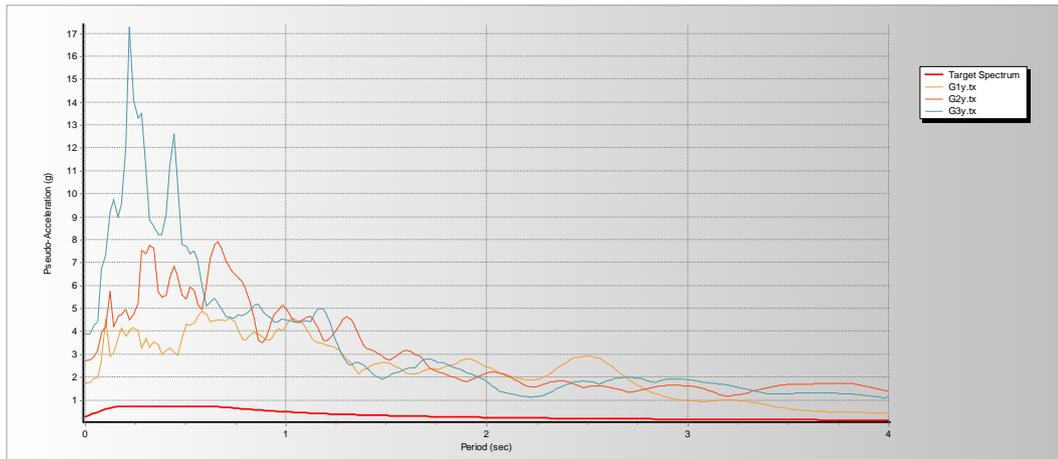
(b)

Gambar 3.8: Lanjutan.



(a)

Gambar 3.9: a) Respon spektrum dengan 3 daerah gempa arah X, b) Respon spektrum dengan 3 daerah gempa arah arah Y.



(b)

Gambar 3.9: Lanjutan.

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

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

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier

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

4.2. Hasil Analisa Ragam

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

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

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

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

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

Untuk Perhitungan Tertera pada lampiran A3.

4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal

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

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

Dimana:

V = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

V_t = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

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

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)
1	X	279,808	260,164
	Y	279,808	236,628
2	X	371,853	450,229
	Y	371,853	452,252

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1.

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A5.

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 A6

4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

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

Syarat: $V_t \geq C_s \cdot W$

Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)	Cek
1	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,628	Tidak Oke
2	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. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa

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

Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A7.

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

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil control ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model,

diperoleh nilai persentase kekakuan diatas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan (tidak) mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A8.

4.2.7. Pengaruh Efek P - Delta

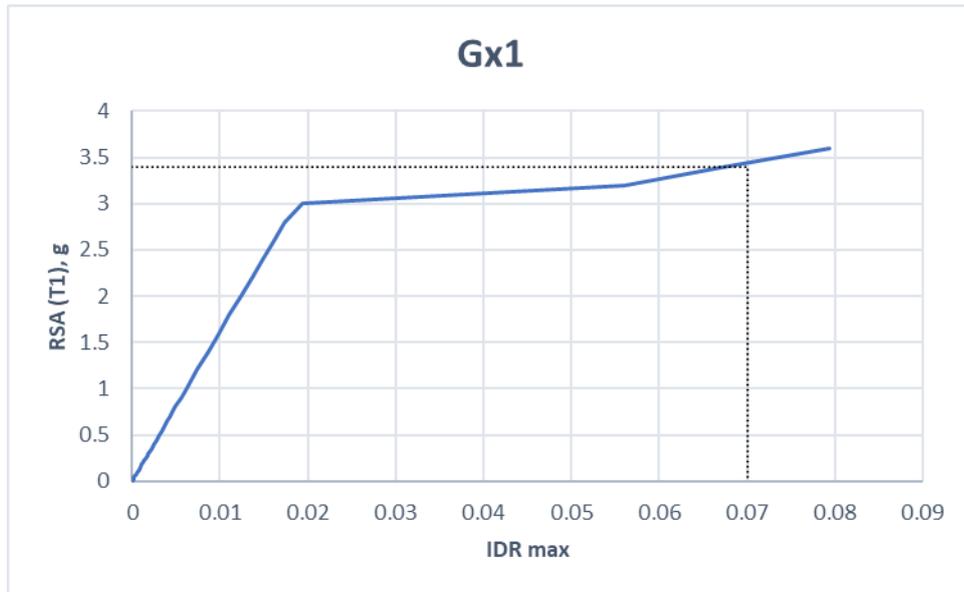
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat stability ratio sudah terpenuhi. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A9.

4.3. Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur ruko yang telah didesain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan rekaman gempa. Jenis gempa yang akan diberikan pada struktur ruko yaitu gempa *Strike-Slip*. Faktor R pada gedung merupakan faktor reduksi gedung yang telah didesain pada sistem struktur ruko.

4.4. Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Tahap ini merupakan bagian evaluasi dari struktur beton bertulang yang telah di desain. Evaluasi struktur menggunakan metode *Incremental Dynamic Analysis* (IDA) untuk mendapatkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur. Hasil dari IDA akan memberi gambaran kondisi struktur terhadap gaya gempa yang diberikan dengan melihat nilai IDR yang diperoleh terhadap kenaikan nilai RSA (*Respon Spectrum Acceleration*) yang direncanakan. *Incremental Dynamic Analysis* yang di lakukan pada kedua model struktur menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur. Hasil IDA menggunakan 3 set rekaman gempa arah x dan arah y untuk masing-masing pemodelan 1 dan 2.

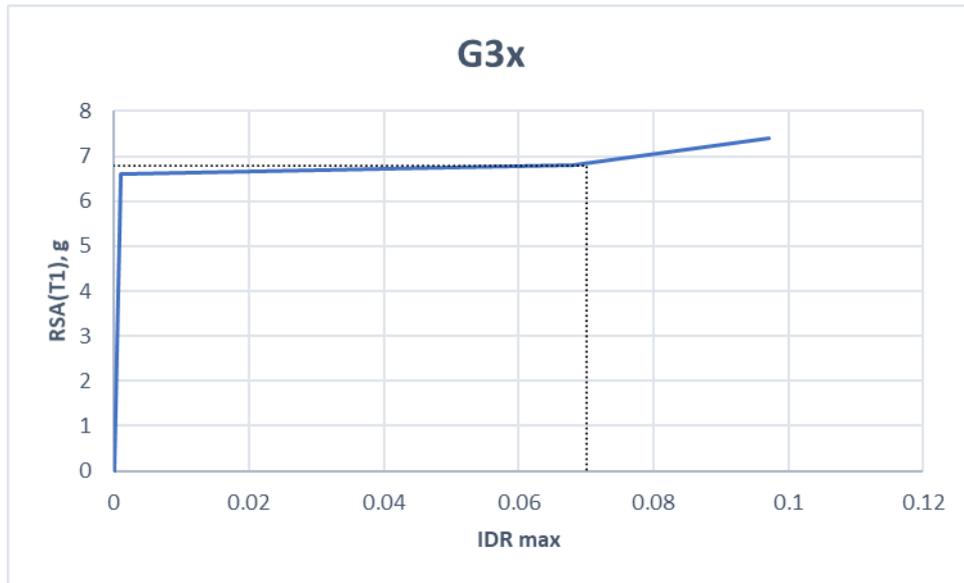


(a)



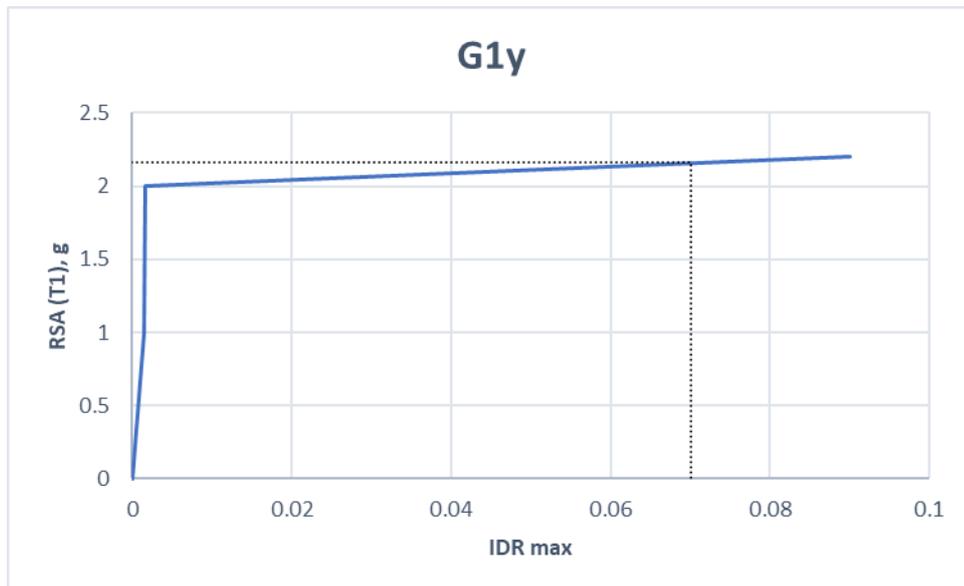
(b)

Gambar 4.1: Kurva IDA model 1, a) Kurva IDA gempa 1 arah X, b) Kurva IDA gempa 2 arah X, c) Kurva IDA gempa 3 arah X.



(c)

Gambar 4.1: Lanjutan.

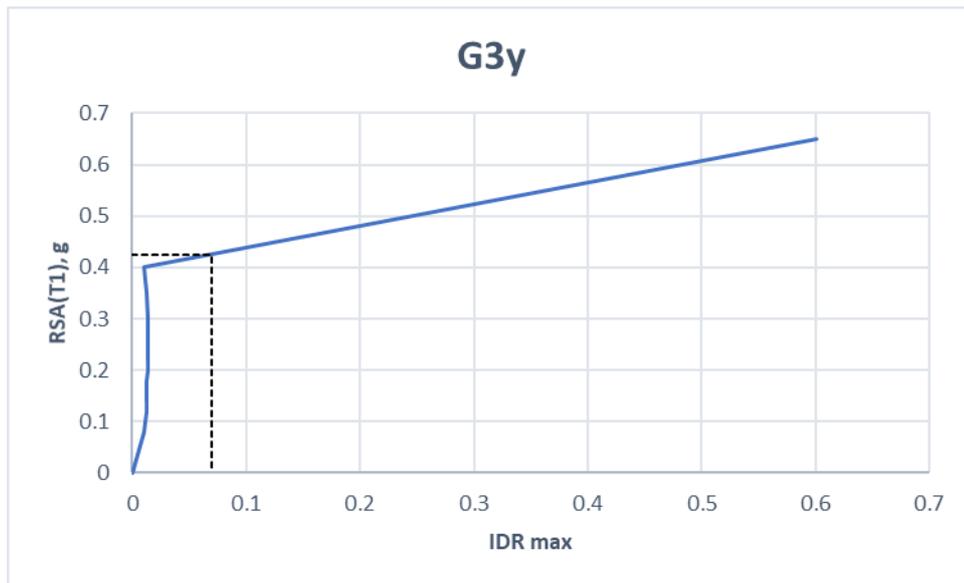


(a)

Gambar 4.2: Kurva IDA model 1, a) Kurva IDA gempu 1 arah Y, b) Kurva IDA gempu 2 arah Y, c) Kurva IDA gempu 3 arah Y.

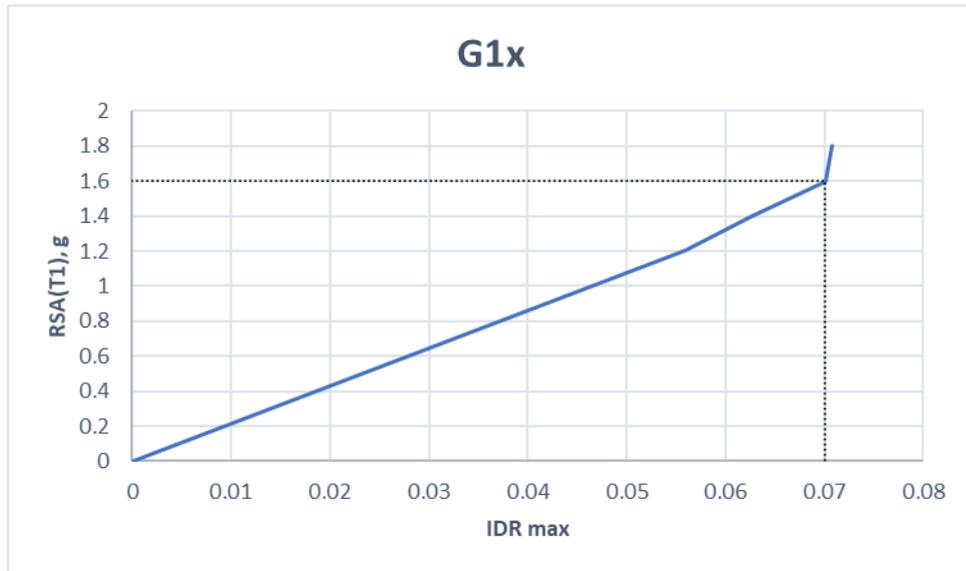


(b)

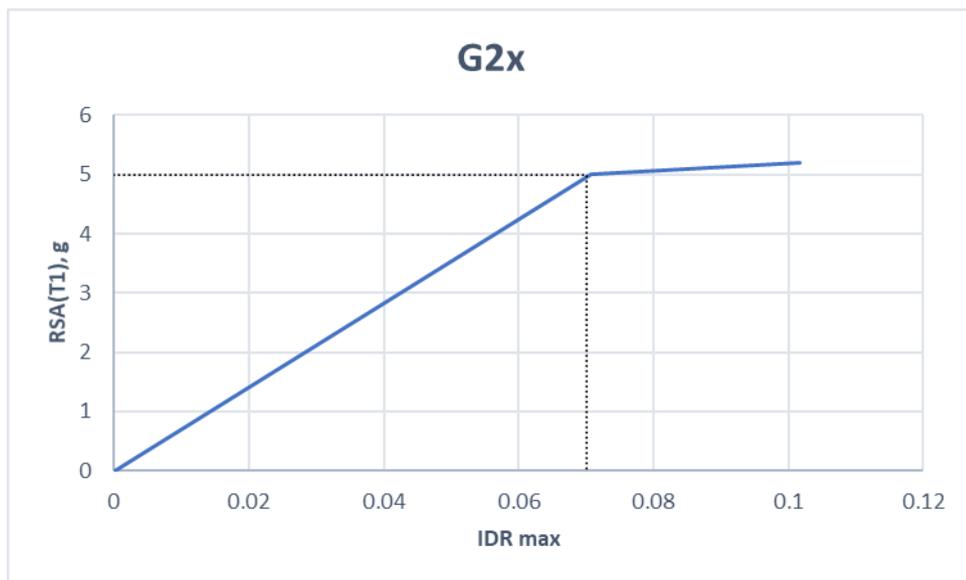


(c)

Gambar 4.2: Lanjutan.

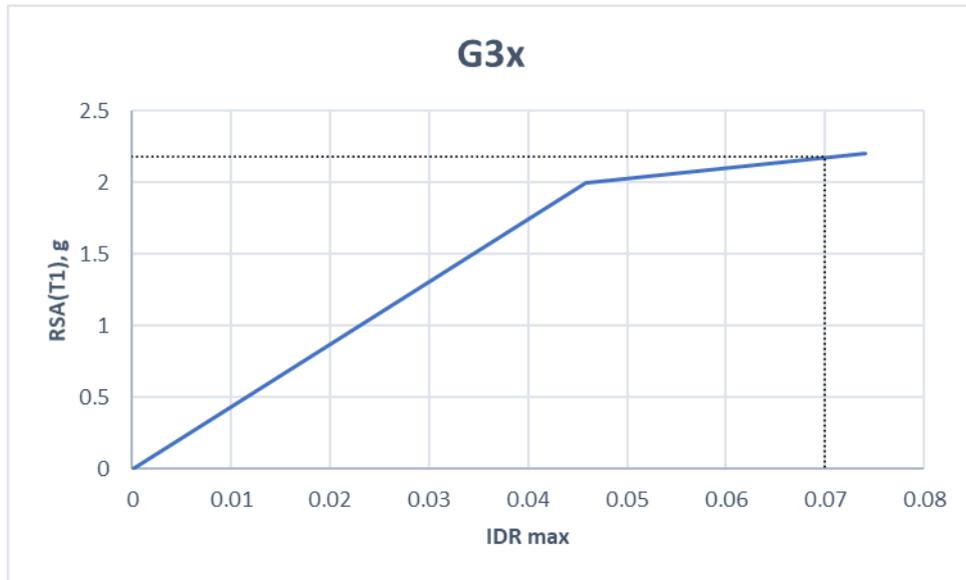


(a)



(b)

Gambar 4.3: Kurva IDA model 2, a) Kurva IDA gempu 1 arah X, b) Kurva IDA gempu 2 arah X, c) Kurva IDA gempu 3 arah X.



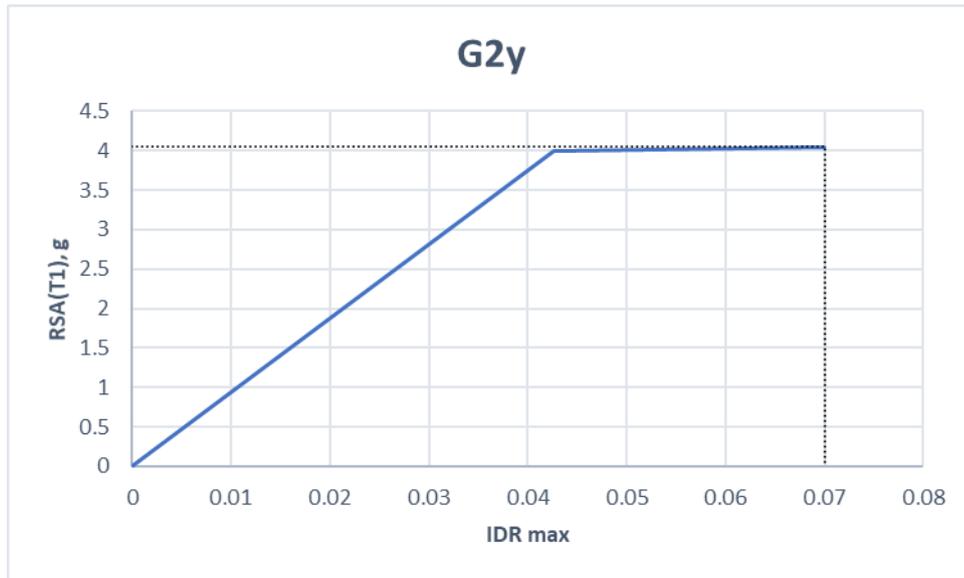
(c)

Gambar 4.3: Lanjutan.

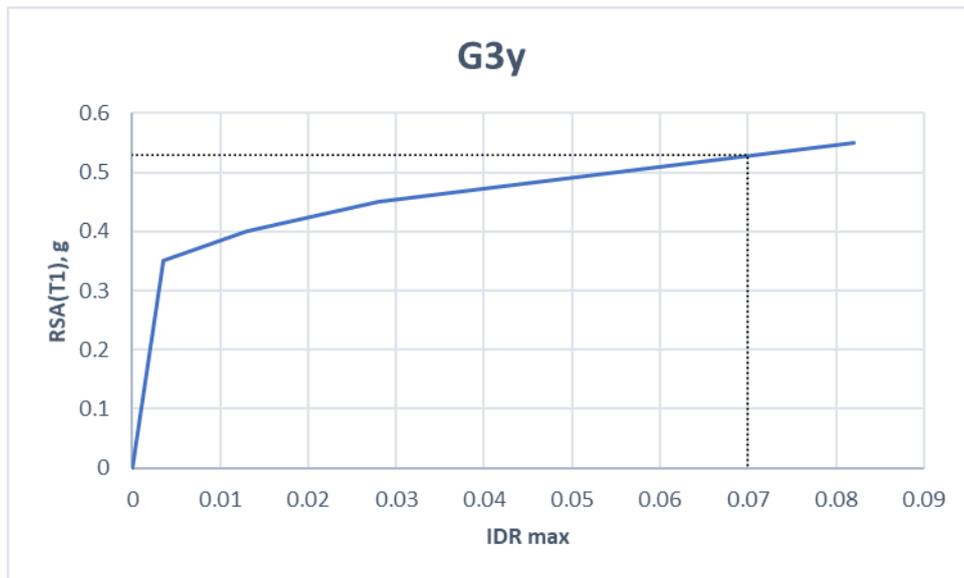


(a)

Gambar 4.4: Kurva IDA model 2, a) Kurva IDA gempa 1 arah Y, b) Kurva IDA gempa 2 arah Y, c) Kurva IDA gempa 3 arah Y.



(b)



(c)

Gambar 4.4: *Lanjutan.*

Pada gambar diatas menunjukkan hasil kurva IDA dalam bentuk nilai rata-rata IDR maksimum untuk kedua model pada kondisi gempa yang berbeda. Garis

putus-putus pada kurva menunjukkan nilai RSA (T1) terhadap IDR maksimum sebagai acuan terhadap struktur. Pada gambar 4.1 tampak dengan jelas bahwa IDR_{max} model 1 dicapai oleh gempa G1x dengan $RSA(T_1) = 3,4$ g, gempa G2x dengan $RSA(T_1) = 5$ g, dan gempa G3x dengan $RSA(T_1) = 6,8$ g. Sedangkan pada gambar 4,3 IDR_{max} model 2 dicapai oleh gempa G1x dengan $RSA(T_1) = 1,6$ g, gempa G2x dengan $RSA(T_1) = 5$ g, dan gempa Gx3 dengan $RSA(T_1) = 2,2$ g.

Tabel 4.3: RSA (T1) yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi hampir runtuh pada kedua model.

MODEL	RSA (T1)					
	GEMPA 1		GEMPA 2		GEMPA 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	3,4	2,16	5	0,74	6,8	0,425
2	1,6	2,8	5	4,05	2,2	0,53

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap pada setiap model rumah toko terhadap getaran gempa *Strike-Slip* maka dapat diambil kesimpulan, dari hasil analisa Model 1 akan mengalami IDR_{max} pada RSA (T_1) = 0,425 g oleh gempa G3y. Sedangkan model 2 akan mengalami IDR_{max} pada RSA (T_1) = 0,53 g oleh gempa G3y.

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

- Ade Septiani Putri, R. Z. (2018). Analisis Perilaku Portal Baja Dengan Kekakuan Tingkat Lunak (Soft Story).
- Anonim. (2019). SNI 03-2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013. *Badan Standardisasi Nasional*, (8), 1–695.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, (8), 254.
- Buildings, L. R. (1969). Journal of engineering physics. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 12(2), 247–248. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(69\)90071-4](https://doi.org/10.1016/0017-9310(69)90071-4)
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Faisal, A. (2017). *Studi Parametrik Deformasi Torsi Dipengaruhi Oleh Gempa Pulse Dan Tanpa Pulse*. 9(2), 14–23.
- 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.
- Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2018). *Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Rizki Efrida*. 1, 62–68.
- Nasional, B. S. (2017). Baja tulangan beton (SNI 2052:2017). *Standar Nasional Indonesia*, 15.
- Nelwan, I. T., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (2018). Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak dengan Soft First Story dan Penggunaan Braced Frames Element terhadap Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 6(3), 175–188. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19343>
- Pramudhita, G., & Buwono, H. K. (2019). Analisis Nonlinier Static Pushover Struktur Gedung Bertingkat Soft Story Dengan Menggunakan Material Beton Bertulang Dan *Konstruksia*, 95–106. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/4700>

Sahrul Harahap, J. T. (n.d.). ANALISIS NON LINIER PERILAKU SOFT STOREY PADA.

Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan. (2012). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

SNI 1727:2013 - BSN. (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. Retrieved from www.bsn.go.id

Suharjanto. (2013). *Rekayasa Gempa. Kepel Press, April.*

Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). *Gempabumi Edisi Populer.*

Tamara, M. (2011). *Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar. 1(1), 1–9.*

Teknik, D. F., Teknik, J., Universitas, S., & Ratulangi, S. (2011). *Akibat Gempa Besar. 1(1), 1–9.*

Utomo, D. P., & Purba, B. (2019). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS), 1(September), 846.* <https://doi.org/10.30645/senaris.v1i0.91>

LAMPIRAN

A.1. Perhitungan Pembebanan Struktur

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

Tabel L.1: Tabel Pembebanan

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

A.2. Syarat Periode Struktur

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

1. Model 1

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 3,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- h_n : 7 m

- C_u : 1,4
- C_t : 0,0466
- x : 0,9

Tabel L2: Kontrol perioda getar alami struktur Model 1.

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

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

2. Model 2

Dengan data struktur:

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

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

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

Berdasarkan tabel L.3, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 0.356 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

A.3. Modal Participation Mass Ratios

1. Model 1

Pada tabel L.4 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.4: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 1.

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

Pada tabel L.5 untuk Model 1, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.5: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

2. Model 2

Pada tabel L.6 adalah hasil *output* dari Analisa Struktur yaitu *Modal Participation Mass Ratios*.

Tabel L.6: Hasil *output Modal Participating Mass Ratios* struktur model 2.

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

Pada tabel L.7 untuk Model 2, didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.7: Hasil selisih persentase nilai perioda.

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

A.4. Berat Sendiri Struktur

1. Model 1

Tabel L.8: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 1.

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

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

2. Model 2

Tabel L.9: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur untuk Model 4.

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

Dapat dilihat pada tabel L.9 bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 429168,68 kN.

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

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

1. Model 1

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai C_s berada diantara $C_{s\ min}$ dan $C_{s\ max}$. Maka yang digunakan adalah nilai C_s sesuai yang terdapat pada tabel L.10.

Tabel L.10: Perhitungan Nilai C_s dan V .

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

Berdasarkan tabel L.10 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 2 adalah 279.8078349.

Tabel L.11: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

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

Dari tabel L.11, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 260.1643 untuk arah X dan 236.6275 untuk arah Y.

2. Model 2

Pada peraturan SNI 1726:2019, pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai C_s berada diantara $C_{s\ min}$ dan $C_{s\ max}$. Maka yang digunakan adalah nilai C_s sesuai yang terdapat pada tabel L.12.

Tabel L.12: Perhitungan Nilai C_s dan V .

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

Berdasarkan tabel L.12 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 2 adalah 371,8532351.

Tabel L.13: *Output* Program Analisa Struktur untuk gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam

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

Dari tabel L.13, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 450,2288 untuk arah X dan 452,2518 untuk arah Y.

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

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

Tabel L.14: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 1 arah X.

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

Pada tabel L.14 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.15: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model arah Y

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

Pada tabel L. setiap lantai telah memenuhi syarat.

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

Tabel L.16: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah X.

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

Pada tabel L.16 setiap lantai telah memenuhi syarat.

Tabel L.17: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah Y

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

Pada tabel L.39 setiap lantai telah memenuhi syarat.

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

Tabel L.18: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 arah X.

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

Berdasarkan tabel L.18, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

Tabel L.19: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah Y.

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

Berdasarkan tabel L.19, salah satu simpangan antar tingkat terhadap arah Y tidak memenuhi syarat yaitu lebih besar dari Δ_{ijin} .

A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 2

Tabel L.20: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah X.

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

Berdasarkan tabel L.20, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

Tabel L.21: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah Y.

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

Berdasarkan tabel L.21, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah Y telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

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

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

Tabel L.22: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

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

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

Tabel L.23: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

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

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

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

Tabel L.24: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	Δ_x	Ie	Vx	Hsx	Cdx	θ_x ($\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}$)	Cek
2	321,67	48,74	1	146,03	3500	5,50	0,006	P- Δ dapat diabaikan

Tabel L.24: *lanjutan*

Story	Px	Δx	Ie	Vx	Hsx	Cdx	θ_x $\left(\frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}} \right)$	Cek
1	1165,54	58,91	1	260,16	3500	5,50	0,014	P- Δ dapat diabaikan

Tabel L.25: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

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

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

Tabel L.26: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

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

Tabel L.27: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

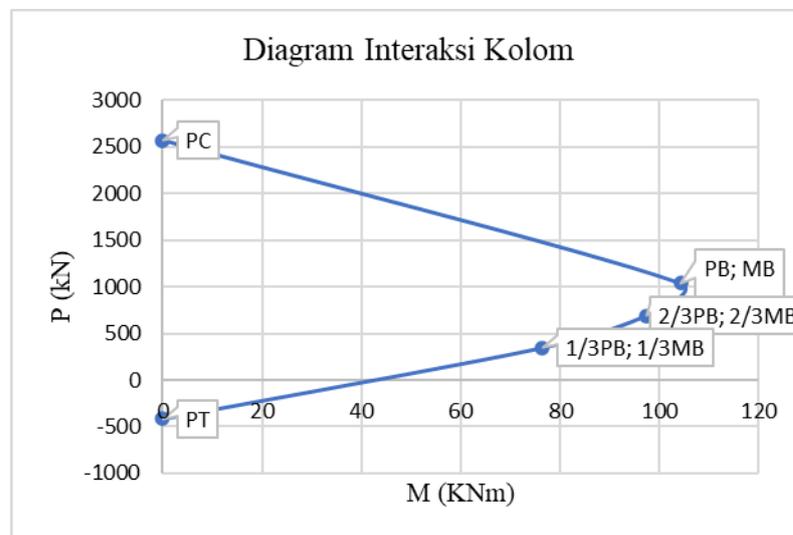
Story	Py	Δy	Ie	Vy	Hsy	Cdy	θ_x $\left(\frac{P_y \Delta_y I_e}{V_y h_{sy} C_{dy}} \right)$	Cek
2	2292,60	33,16	1	259,53	3500	5,50	0,015	P- Δ dapat diabaikan
1	4461,32	62,63	1	452,25	3500	5,50	0,032	P- Δ dapat diabaikan

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

A.10.1. Model 1

Tabel L.28: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 30x20 cm Model 1.

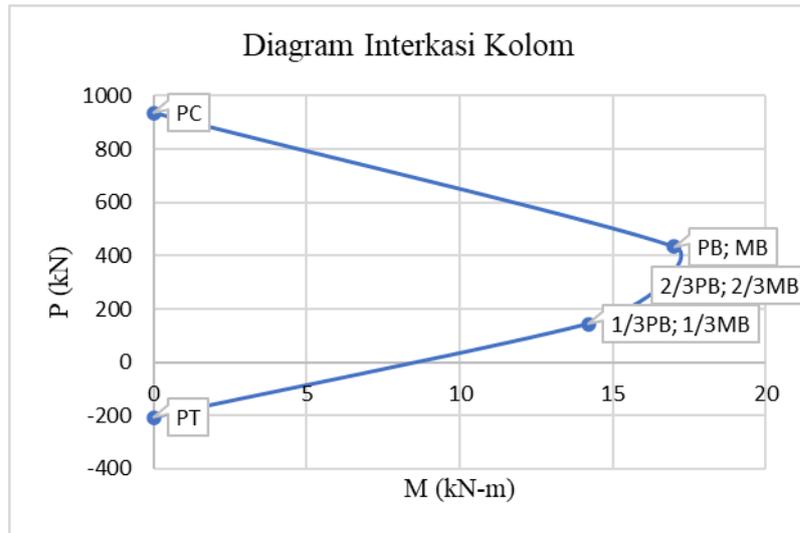
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2572,7	-	-
PB	1038,7	MB	104,3
(1/3)*PB	346,2	(1/3)*MB	76,4
(2/3)*PB	692,5	(2/3)*MB	97,4



Gambar L.1: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.29: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 1.

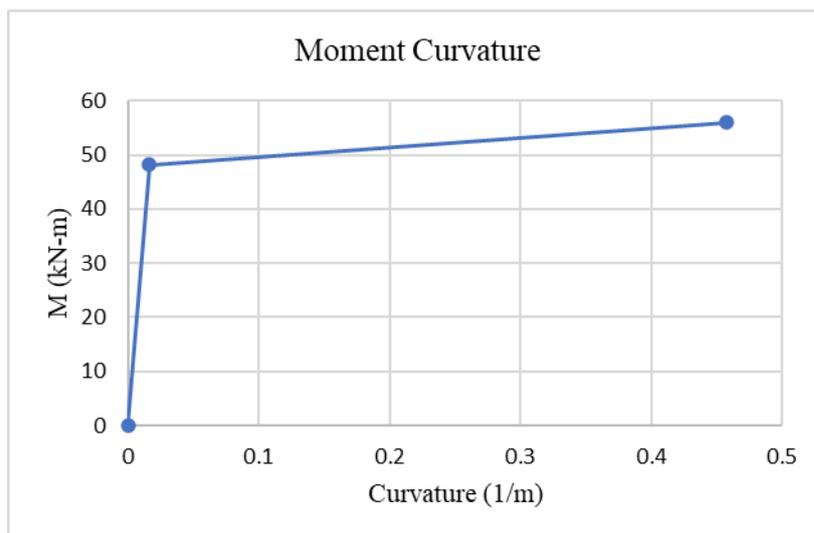
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.2: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.30: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 1.

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

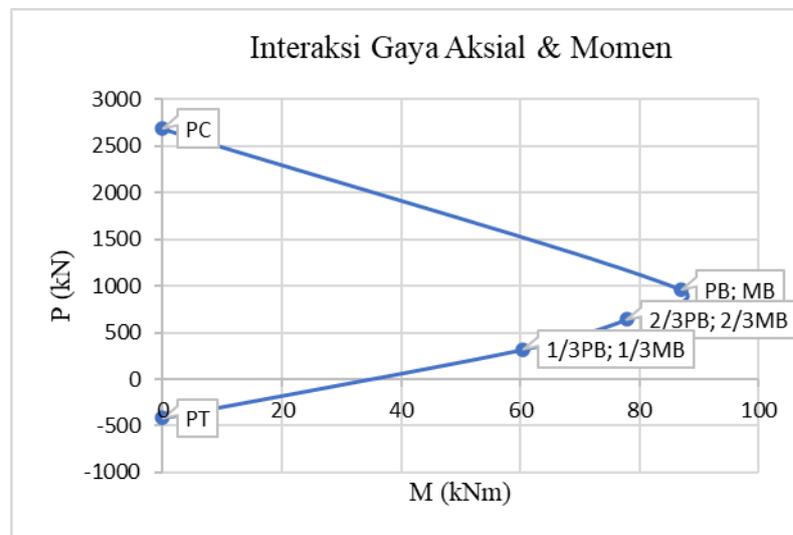


Gambar L.3: *Moment curvature* pada balok

A.10.2. Model 2

Tabel L.31: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 25x25 cm Model 2.

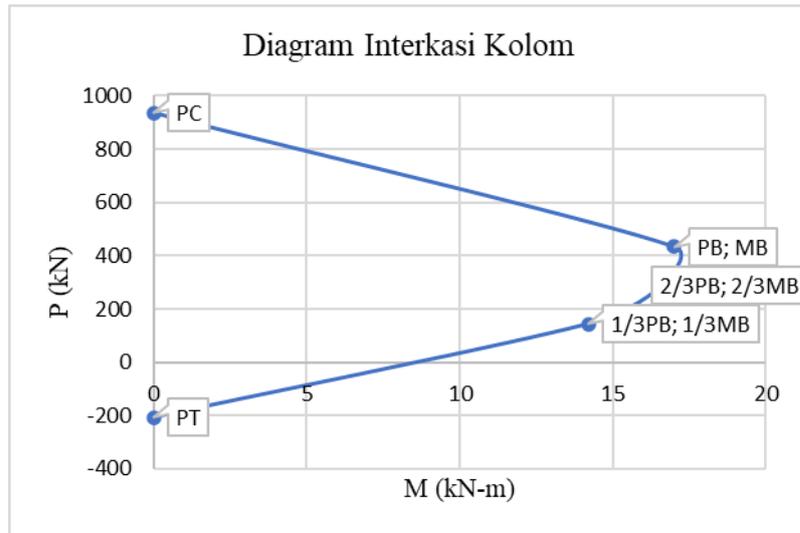
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-415,7	-	-
PC	2688,8	-	-
PB	961,8	MB	87
(1/3)*PB	320,6	(1/3)*MB	60,5
(2/3)*PB	641,2	(2/3)*MB	77,8



Gambar L.4: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.32: Hasil analisa diagram interaksi kolom dimensi 15x15 cm Model 2.

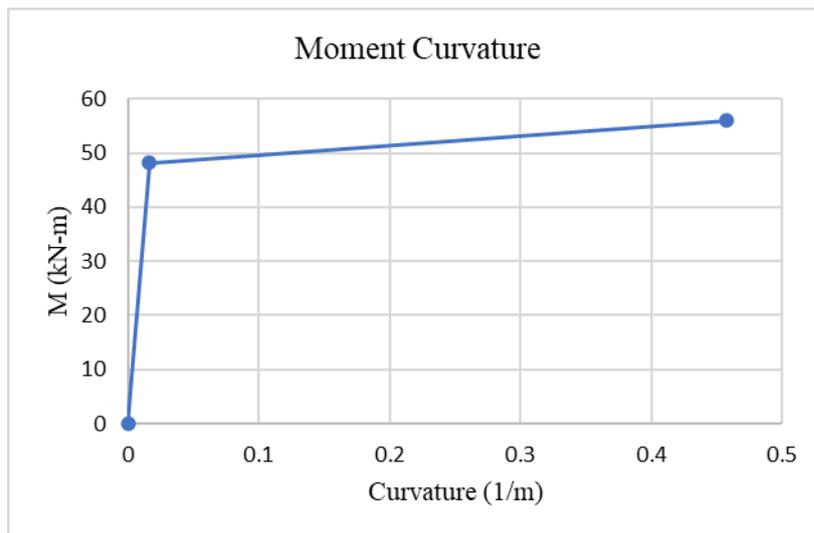
Gaya Aksial (kN)		Momen (kN-m)	
PT	-207,8	-	-
PC	937	-	-
PB	432,8	MB	17
(1/3)*PB	144,3	(1/3)*MB	14,2
(2/3)*PB	288,5	(2/3)*MB	16,6



Gambar L.5: Diagram interaksi kolom.

Tabel L.33: Hasil analisa *moment curvature* balok ruko Model 2.

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



Gambar L.6: *Moment curvature* pada balok.



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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 : MUHAMMAD IHSAN SAHRIN SEMBIRING
NPM : 1707210152
JUDUL : "EVALUASI KERUSAKAN SOFT STORY PADA STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaikan Tinjauan prestakan! - perbaikan metode - buat Gantt Chart!	<i>[Signature]</i> $\frac{16}{02} 21$
		all proposal Seminar!	<i>[Signature]</i> $\frac{18}{02} 21$
		- lanjutkan ke bab 3 - Buat model linear toko	<i>[Signature]</i> $\frac{03}{03} 21$
		- perbaikan model linear toko - perbaikan bab 3	<i>[Signature]</i> $\frac{13}{04} 21$
		- lanjutkan ke pemodelan linear toko - Cek hasil analisis linear	<i>[Signature]</i> $\frac{23}{05} 21$
		- Buat model non linear toko - perbaikan pemodelan gran ungu	<i>[Signature]</i> $\frac{13}{06} 21$
		- perbaikan model non linear - Cek hasil analisis non linear	<i>[Signature]</i> $\frac{23}{07} 21$
		- buat grafik hasil	<i>[Signature]</i> $\frac{14}{08} 21$

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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

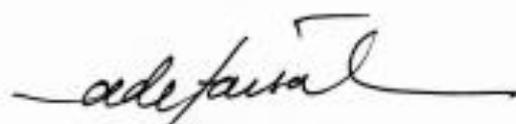
LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MUHAMMAD IHSAN SAHRIN SEMBIRING
NPM : 1707210152
JUDUL : "EVALUASI KERUSAKAN *SOFT STORY* PADA STRUKTUR RUMAH TOKO AKIBAT GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- Computer ke Bab 4) Mh 10/09/21
		- perbaiki Grafik & Tabel	
		- Cek hasil Nonlinear Pushover)) Mh 30/09/21
		- perbaiki Bab 4	
		- Buat analisis IDA) Mh 04/10/21
		- perbaiki Grafik IDA	
		- perbaiki BAB 4) Mh 14/10/21
		- Buat Daft. prestesen	
		- Buat Kumpulan)) Mh 24/10/21
		- Buat Daft. Uti	
		- perbaiki Kumpulan) Mh 28/10/21
		all with seminar hasil	

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring
Panggilan : Ihsan
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 5 Oktober 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Bambu No. 5 Medan
Agama : Islam

Nama Orang Tua

Ayah : (Alm) Sahdin Sembiring
Ibu : Zairina Nasution
No. HP : +62853-6210-1555
E-mail : sahrinihsan@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210152
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	Sekolah Dasar	SDBI Al-Azhar Medan	2011
2	Sekolah Menengah Pertama	SMP Dharma Pancasila Medan	2014
3	Sekolah Menengah Atas	SMA Dharma Pancasila Medan	2017
4	Perguruan Tinggi (Strata 1)	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017-Sekarang