

TUGAS AKHIR

EVALUASI KETIDAKBERATURAN KEKUAAN TINGKAT LUNAK STRUKTUR BAJA SRPMK AKIBAT GEMPA BERULANG (STUDI LITERATUR)

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

Disusun oleh:

MOHAMMAD ALFIANSYAH
1707210144



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

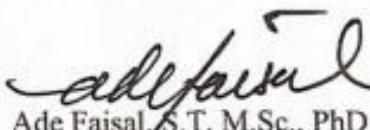
Nama : Mohammad Alfiansyah
NPM : 1707210144
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Baja SRPMK Akibat Gempa Berulang (Studi Literatur)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 09 Februari 2022

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

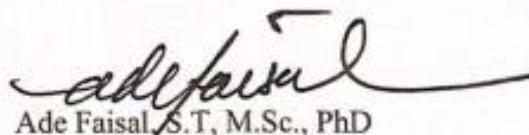
Nama : Mohammad Alfiansyah
NPM : 1707210144
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Baja SRPMK Akibat Gempa Berulang (Studi Literatur)
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 09 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

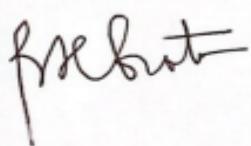
Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

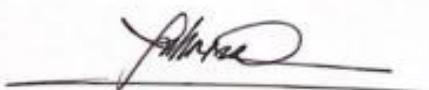


Bambang Hadibroto, S.T., M.Si.



Sri Pralanti, 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 : Mohammad Alfiansyah
Tempat/Tanggal Lahir : Bandar Lampung/22 Januari 1999
NPM : 1707210144
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Evaluasi Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Baja SRPMK Akibat Gempa Berulang (Studi Literatur)."

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

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

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

Medan, 09 Februari 2022
Saya yang menyatakan,



Mohammad Alfiansyah

ABSTRAK

EVALUASI KETIDAKBERATURAN KEKAKUAN TINGKAT LUNAK STRUKTUR BAJA SRPMK AKIBAT GEMPA BERULANG (STUDI LITERATUR)

Mohammad Alfiansyah
1707210144
Ade Faisal, S.T, M.Sc., Ph.D

Gempa bumi merupakan peristiwa atau fenomena alam yang tidak dapat diprediksi dan bisa terjadi kapan saja terjadi. Peristiwa gempa bumi disebabkan getaran pada bumi karena adanya proses pergeseran secara tiba-tiba pada kerak bumi. Oleh karena itu pemilihan material merupakan sesuatu yang sangat penting untuk struktur diwilayah gempa. Salah satunya adalah struktur baja SRMPK. Di dalam tugas akhir ini dilakukan pemodelan struktur dengan 3 jenis pemodelan yaitu, pemodelan 4 lantai, 8 lantai dan 16 lantai yang masing-masing memiliki bentang 45.72 m. Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum pada tahap desain dan respon riwayat waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi. Struktur bangunan akan dikenakan 25 getaran gempa berulang. Hasil analisa nonlinear menunjukkan bahwa model 16 lantai memiliki simpangan *inter story drift* dan *top displacement* terbesar. Dari bentuk keruntuhan menunjukkan pola mekanisme tingkat, terutama pada model 2 (8 lantai) dan model 3 (16 lantai).

Kata Kunci: Gempa berulang, SRPMK, Struktur baja.

ABSTRACT

EVALUATION OF STIFFNESS SOFT STORY IRREGULARITY OF STEEL STRUCTURE SMF DUE TO REPEAT EARTHQUAKES (LITERATURE STUDIES)

Mohammad Alfiansyah
1707210144
Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

Earthquakes are events or natural phenomena that cannot be predicted and can occur at any time. Earthquakes are caused by vibrations in the earth due to a sudden shift in the earth's crust. Therefore, material selection is very important for structures in earthquake areas. One of them is SRMPK steel structure. In this final project, structural modeling is carried out with 3 types of modeling, namely, model of 4 floors, 8 floors and 16 floors, each of which has a span of 45.72 m. The analysis used is the Response Spectrum at the design stage and the response time history of Linear and Nonlinear as the evaluation stage. The structure of the building was subjected to 25 repeated earthquake motions. The results of the nonlinear analysis show that the 16-floor model has the largest inter story drift and top displacement. From the shape of the collapse, it shows a level mechanism pattern, especially in model 2 (8 floors) and model 3 (16 floors).

Keywords: Repeated earthquake, SMF, Steel structure

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 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Baja SRPMK Akibat Gempa Berulang (Studi Literatur)”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

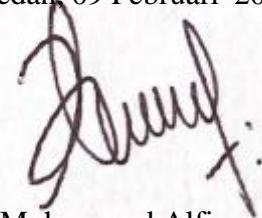
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Ir. Azhar dan Ibunda Shita Tiara, SE, Ak, M.Si yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
3. Bapak Bambang Hadibroto, S.T., M.Si. selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu Sri Prafonti, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
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. Saudara kandung penulis Aulia Arief, S.T. yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi, Muhammad Ihsan, Septa Pranata, Muhammad Ihsan Sahrin Sembiring, Okky Aditya Fahreza, Taufiqurrahman, Farhan, Amransyah Ariga, Muhammad Difa, Gilang Mahardika, Aan Rohima Rambe, Nur aziza Ulfa nasution, Fahmawati Sari, Milda Mahrani Siregar. 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 kebahagian yang telah dibagikan
11. Terimakasih kepada teman-teman khususnya kepada Rahmatsyah Hendry Sigalingging, Muhammad Akhirul Ramadhan, S.E., Rio Nababan, Bripda. Rafael Gultom, Rizki Audifa Wardhana, Amd. T yang telah banyak memberi dukungan dan semangat kepada penulis
12. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.
13. 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, 09 Februari 2022



Mohammad Alfinsyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
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	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.2. Gempa Bumi	5
2.3. Gerakan Tanah (<i>GroundMotion</i>)	5
2.4. Gempa Berulang	6
2.5. Ketidakberaturan Kekakuan Vertikal	7
2.5.1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	7
2.5.2. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	8
2.6. Struktur Tahan Gempa	8
2.7. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	9
2.8. Sistem Rangka Pemikul Momen	10
2.8.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Umum	11

3.2.	Pemodelan dan Dimensi Struktur	12
3.2.1.	Data Perencanaan Struktur	12
3.2.2.	Konfigurasi Bangunan	12
3.2.3.	Dimensi Profil Baja yang digunakan	12
3.3.	Prosedur Analisa	16
3.3.1.	Prosedur Analisa Dinamik Struktur Linier	16
3.3.2.	Prosedur Analisa Dinamik Struktur Non-Linier	18
3.3.3.	Pembebanan	19
3.4.	Respon Spektrum Desain Gempa	19
3.4.1.	Desain Respon Spektrum (Tanah Sedang)	19
3.4.2.	Kombinasi Pembebanan	20
3.5.	Analisa Dinamik Struktur Non-Linier	23
3.5.1.	Analisa Respon Spektrum Ragam	23
3.5.2.	<i>Groundmotion Records</i> (Data Rekaman Gempa)	24
3.5.3.	Analisa Respon Riwayat Waktu	25
3.5.4.	Momen Leleh	27
3.5.5.	Kapasitas Rotasi	28
BAB 4	HASIL MODEL LINIER DAN NON LINIER	30
4.2.	Hasil Analisa Ragam	30
4.2.1.	Respon Spektrum Ragam	30
4.2.2.	Koreksi Gempa Dasar Nominal	31
4.2.3.	Koreksi Faktor Resudensi	31
4.2.4.	Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	32
4.2.5.	Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (Soft Story)	32
4.2.6.	Pengaruh Efek P - Delta	32
4.3.	Hasil Analisa Non Linier	33
BAB 5	KESIMPULAN	42
5.1.	Kesimpulan	42
5.2.	Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan.	16
Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, SDS = 0.92 g.	22
Tabel 3.3: Data rekaman gempa berulang.	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.	31
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.	32
Tabel 4.3: <i>Top displacement</i> pada masing-masing model Gedung akibat gempa berulang.	36
Tabel 4.4: Pola Keruntuhan untuk Model 1	36
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 2	38
Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 3	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Ground Motion (Praveen dan Gopikrishna,2020).	6
Gambar 2.2: Ketidakberaturan (1a) dan (1b) Berdasarkan SNI 1726:2019.	7
Gambar 3.1: Bagan alur penelitian.	11
Gambar 3.2: Denah Rangka Lantai Tipikal 4 Lantai dan 8 lantai	13
Gambar 3.3: Denah Rangka Lantai Tipikal 16 Lantai	13
Gambar 3.4: Tampilan Isometrik Model Gedung 4 Lantai.	14
Gambar 3.5: Tampilan Isometrik Model Gedung 8 Lantai.	14
Gambar 3.6: Tampilan Isometrik Model Gedung 16 Lantai.	15
Gambar 3.7: Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.	20
Gambar 3.8: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.	26
Gambar 3.9: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum	26
Gambar 3.10: Rekaman gempa berulang LA Hollywood Stor FF Main Shock dan After Shock setelah digabungkan.	26
Gambar 4.1: Nilai <i>story drift</i> untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa nonlinear.	34
Gambar 4.2: Nilai <i>story drift</i> untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa nonlinear.	34
Gambar 4.3: Nilai <i>story drift</i> untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa nonlinear.	35

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
K_f	= Kekakuan geser dari dua sayap kolom
K_w	= 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
Ta	= Periode fundamental pendekatan
$T_{maksimum}$	= Nilai batas atas periode bangunan
$T_{minimum}$	= Nilai batas bawah periode bangunan
V	= Gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekivalen
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

Indonesia merupakan salah satu daerah rawan gempa, karena posisi Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik. Berdasarkan literatur, kerusakan struktur dipengaruhi oleh karakteristik gempa, salah satunya adalah frekuensi gempa yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan bertingkat tinggi. Selain frekuensi, konfigurasi bentuk tidak beraturan pada bangunan bertingkat tinggi juga rentan terhadap kerusakan akibat gempa, terutama ketidakberaturan vertikal. Untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Struktur bangunan yang tahan gempa harus dirancang dengan kekakuan yang cukup baik dan bahan yang sangat baik pula. Variasi bentuk geometri struktur bangunan gedung dapat menghasilkan ketidakberaturan baik ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan tingkat lunak berlebih. Evaluasi perlu dilakukan pada SRPMK dari baja untuk kekakuan bila terjadi gempa berulang.

Kekakuan merupakan salah satu faktor yang menentukan respon suatu struktur terhadap beban gempa. Struktur bangunan dengan kekakuan yang baik dapat menahan beban, namun simpangan/perpindahan yang terjadi relatif kecil agar nyaman ditinggali. Setelah bencana gempa terjadi, sering ditemukan bangunan tinggi dengan distribusi kekakuan vertikal yang tidak baik mengalami kerusakan hingga keruntuhan, terutama sering ditemukan di kota-kota besar.

Tinggi tingkat yang tidak seragam menyebabkan distribusi kekakuan tidak merata di seluruh bangunan secara vertikal. Jika tinggi suatu tingkat berlebihan dibanding tinggi tingkat lainnya dan dimensi kolom sama pada semua tingkat, maka tingkat yang lebih tinggi akan lebih kecil kekakuanannya. Tingkat tinggi dengan kekakuan lebih kecil berpotensi menjadi tingkat lunak (*soft story*). Berkurangnya kekakuan kolom menyebabkan lantai tersebut lebih fleksibel daripada tingkat diatasnya, sehingga dapat menyebabkan timbulnya tingkat lunak.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana respon struktur baja SRPMK yang memenuhi syarat ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan jika terjadi gempa berulang sesuai dengan SNI 1726:2019?
2. Apakah desain struktur baja SRPMK memenuhi syarat ketidakberaturan kekuatan tingat lunak dan ketidakberaturan kekuatan tingat lunak berlebihan jika terjadi gempa berulang sesuai dengan SNI 1726:2019?

1.3. Ruang Lingkup

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
 - a. Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berupa baja 2 dimensi berupa struktur bangunan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan.
 - b. Struktur dengan dimensi kolom dan balok hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur baja, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
 - a. Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan gedung SNI 1729:2015.
 - b. Beban Gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG).
 - c. Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.
3. Analisis 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. RUAUMOKO2D, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Non Linier) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.
4. Parameter yang ditinjau:
- a. Linier adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2019
 - b. Non linier :
 - Simpangan antar tingkat
 - Simpangan atap

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- 1. Untuk mengetahui respon struktur baja SRPMK yang memenuhi syarat ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan jika terjadi gempa berulang sesuai dengan SNI 1726:2019.
- 2. Untuk mengetahui desain struktur baja SRPMK memenuhi syarat ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan jika terjadi gempa berulang sesuai dengan SNI 1726:2019.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada pemodelan struktur baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maka diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada kondisi struktur yang bervariasi di setiap tingkatnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada proposal penelitian atau tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang direncanakan dan diharapkan dapat menjelaskan perihal topik pembahasan, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan beton bertulang, analisa strukur baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur dan program analisis riwayat waktu.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

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 ke depannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

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

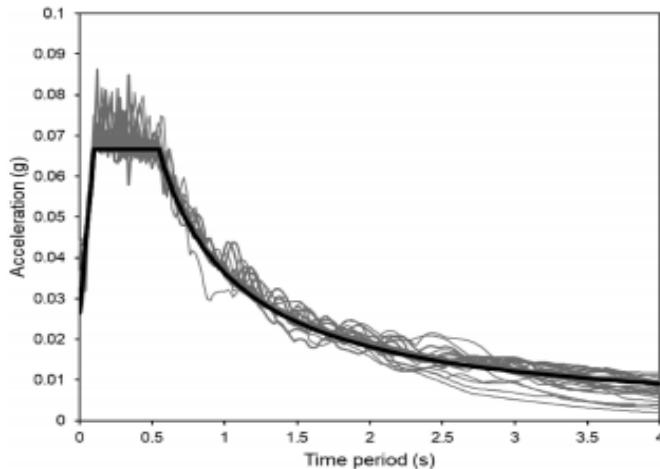
2.2. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah salah satu bencana alam besar yang tidak dapat dihindari. Ini dicirikan oleh data gerakan tanah yang terekam di lokasi tertentu. Dalam kejadian nyata gempa bumi dapat berguncangan berulang kali selama beberapa kali dalam beberapa jam atau hari. Mengingat kurangnya waktu antara terjadinya guncangan, rehabilitasi struktur sering kali menjadi tidak praktis, dan kerusakan struktural semakin menumpuk (Praveen dan Gopikrishna, 2020).

2.3. Gerakan Tanah (*Ground Motion*)

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 dari pada *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).

Data gerakan tanah dipilih dari basis data gerakan kuat Pusat Riset Teknik Gempa Bumi Pasifik (PEER) dan Konsorsium Organisasi untuk Sistem Pengamatan Gerakan Kuat (COSMOS) (Praveen dan Gopikrishna, 2020).



Gambar 2.1: Ground Motion (Praveen dan Gopikrishna, 2020).

2.4. Gempa Berulang

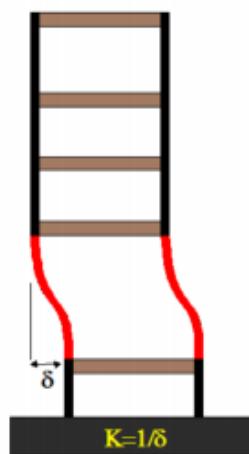
Menurut statistik, sekitar 88% gempa bumi kuat disertai gempa susulan. Gempa susulan didefinisikan sebagai gempa yang lebih kecil setelah mainshock, yang merupakan gempa terbesar dalam urutannya. Kerusakan struktural yang disebabkan oleh guncangan utama semakin diperparah di bawah gempa susulan dan bahkan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

Menurut Putera dkk. (2018) studi-studi tentang gempa berulang menunjukkan bahwa struktur bangunan dapat mengalami kerusakan yang lebih parah bila mengalami gempa berulang akibat akumulasi kerusakan (Elnashai dkk., 1998; Amadio dkk., 2003; Zhai dkk., 2015). Hal yang sama juga dijelaskan oleh Hatzigeorgiou and Liolios (2010) dan Faisal dkk. (2012) dimana berbagai jenis bangunan bertingkat yang dimodelkan mengalami gempa berulang akan mengalami kerusakan yang lebih banyak dibanding bila mengalami gempa tunggal.

2.5. Ketidakberaturan Kekakuan Vertikal

Kekakuan merupakan salah satu faktor yang menentukan respons suatu struktur terhadap beban gempa. Struktur bangunan dengan kekakuan yang baik dapat menahan beban, namun simpangan/ perpindahan yang terjadi relatif kecil agar nyaman ditinggali. Setelah bencana gempa terjadi, sering ditemukan bangunan tinggi dengan distribusi kekakuan vertikal yang tidak baik mengalami kerusakan hingga keruntuhan (Siajaya, Windah, dan Handodo, 2018).

Bangunan gedung dengan kekakuan vertikal yang tidak baik adalah bangunan gedung yang dalam tingkat-tingkatnya terdapat tingkat yang lunak (*soft story*). *Soft story* bisa terjadi biasanya akibat tinggi tingkat yang berlebihan atau ukuran kolom yang terlalu kecil, karena mutu bahan kolom pada umumnya sama. Selain itu, bangunan dengan tingkat lunak juga dapat terjadi akibat pemasangan dinding yang tidak menerus, sehingga kekakuan tingkat lebih kecil dimana dinding tidak dipasang. Tipe ketidakberaturan vertikal berdasarkan SNI 1726-2019 terbagi menjadi 7 macam, namun pada bab ini hanya membahas 2 macam yaitu:



Gambar 2.2: Ketidakberaturan (1a) dan (1b) Berdasarkan SNI 1726:2019.

2.5.1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak diatur pada SNI 1726:2019 pada pasal 7.3.3.4 di Tabel 14 nomor 1a. Didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat

yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

2.5.2. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan diatur pada SNI 1726:2019 pada pasal 7.3.3.4 di Tabel 14 nomor 1a. Didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

2.6. Struktur Tahan Gempa

Indonesia merupakan kasawan rawan gempa. Struktur bangunan di Indonesia sangat perlu memperhitungkan beban gempa untuk membangun bangunan tahan gempa. SNI 1726:2019 merupakan pedomanan perencanaan struktur penahan gempa. Struktur penahan gempa dengan rangka baja diatur juga oleh AISC-341. Berikut yang termasuk bangunan tahan gempa adalah:

1. Apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah dan sebagainya) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan lainnya).
2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ke tempat aman.

Sulit untuk menghindari kerusakan bangunan akibat gempa, bila digunakan perencanaan konvensional, karena hanya bergantung pada kekuatan komponen struktur itu sendiri, serta perilaku respon pasca elastisnya. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah

dikembangkan suatu pendekatan disain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan saat terjadi gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat.

Sesuai dengan SNI 1726 :2019, perencanaan tahan gempa bertujuan agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

2.7. 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 ekivalen 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.

2.8. Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut Mulia dkk. (2017) Untuk perencanaan desain SRPMK pedoman yang dipakai ialah menggunakan SNI 1729:2019 dan AISC 341-10. Dimana ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja harus diterapkan pada perancangan sistem penahan gaya gempa dari baja struktural. SNI 1729:2019 menjadi pedoman untuk desain komponen struktur terhadap tekan, geser, dan lentur (Badan Standarisasi Nasional, 2019) sedangkan AISC 341-10 merupakan acuan untuk desain SRPMK yang berhubungan langsung dengan beban gempa (American Institute of Steel Construction, 2010).

2.8.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

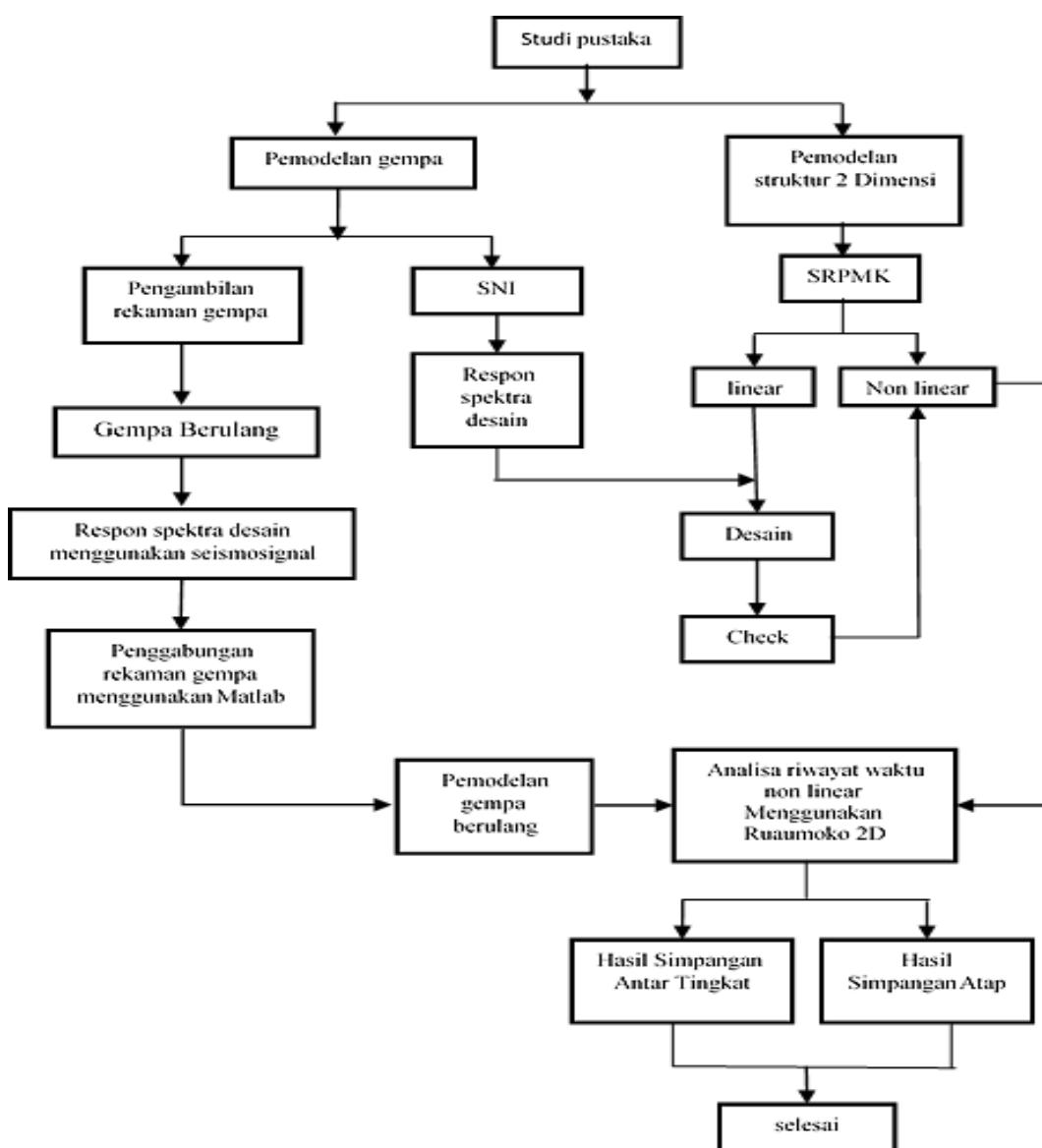
Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu *strong weak beam*, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus, keuntungan dari sistem ini adalah dari arsitekturanya yang sederhana sedangkan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

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan 2 *software* bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO2D. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alur penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini menganalisis terhadap 3 model, setiap model memiliki sistem rangka pemikul momen yaitu sistem rangka pemikul momen khusus. Ketiga model bangunan tersebut dianalisi 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* RUAMOKO2D, untuk didapatkan pola keruntuhan yang diakibatkan gempa berulang.

3.2. Pemodelan dan Dimensi Struktur

3.2.1. Data Perencanaan Struktur

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

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak sesuai dengan data $S_s = 1,500$ dan $S_1=0,5999$.
3. Klasifikasi situs tanah sedang (*SD*).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
5. Jenis portal struktur gedung adalah struktur baja.
6. Mutu baja yang di gunakan adalah profil IWF ASTM 992 Grade 50
 - Kuat leleh minimum (f_y) = 50 ksi (345 Mpa)
 - Kuat tarik minimum (f_u) = 65,26 ksi (450 Mpa)

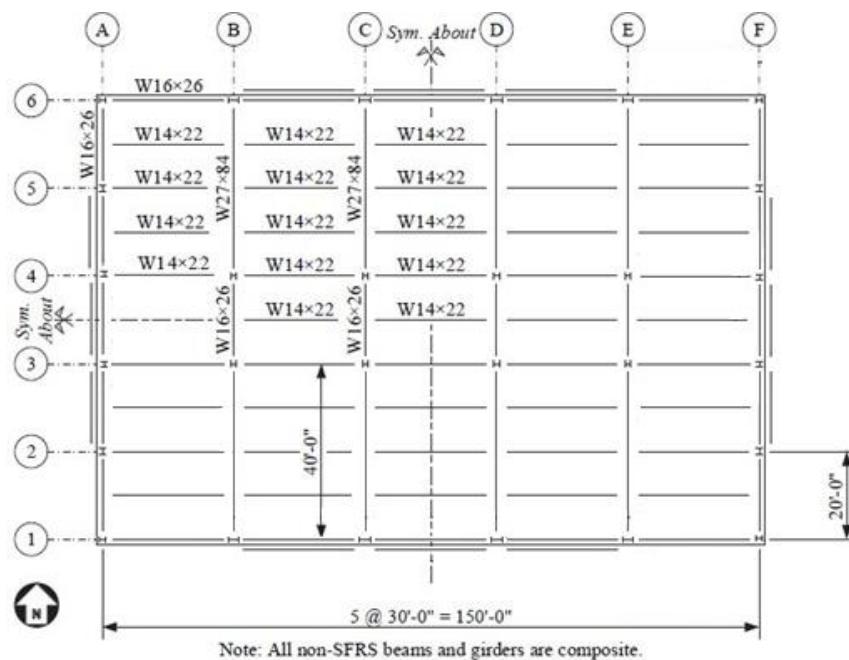
3.2.2. Konfigurasi Bangunan

Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus. Bangunan berbentuk persegi yang simetri (*regular building*) seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini. Adapun jenis pemodelan struktur yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Model 1 = Struktur Pemikul Momen Khusus (SRPMK) (4 Lantai)
2. Model 2 = Struktur Pemikul Momen Khusus (SRPMK) (8 Lantai)
3. Model 3 = Struktur Pemikul Momen Khusus (SRPMK) (16 Lantai)

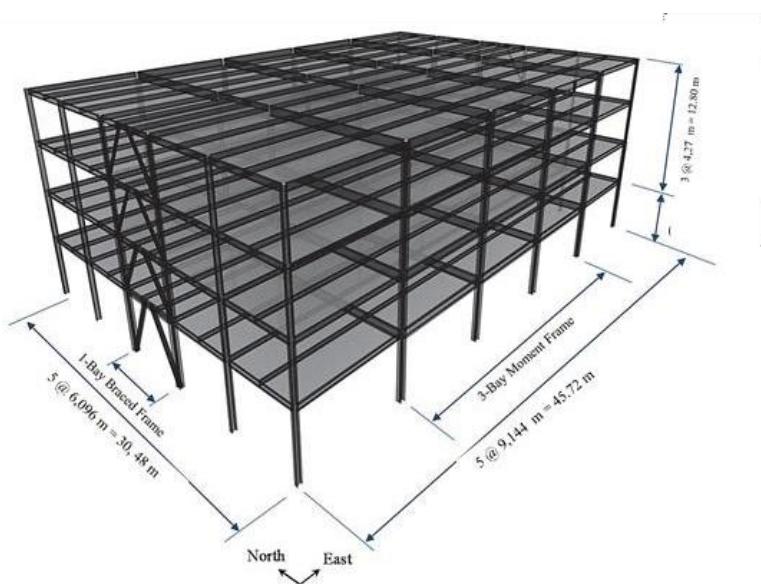


Gambar 3.2: Denah Rangka Lantai Tipikal 4 Lantai dan 8 lantai

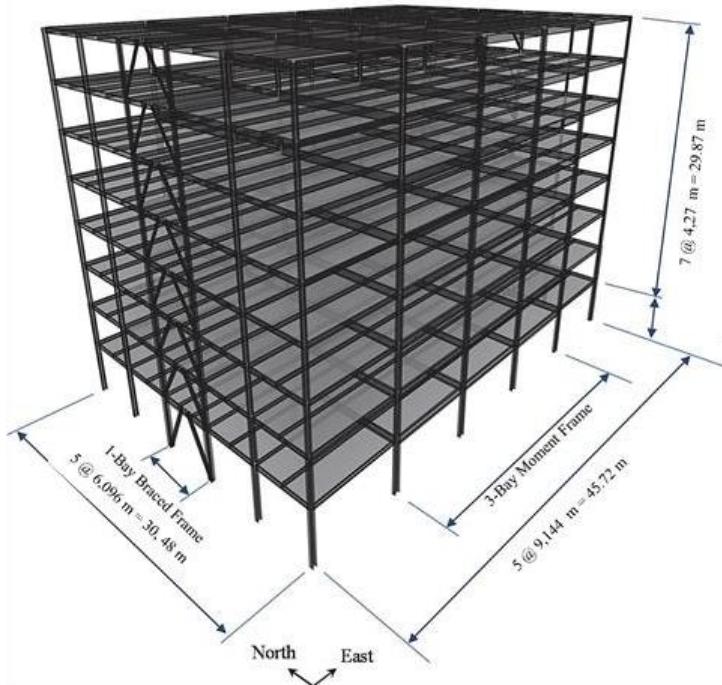


Gambar 3.3: Denah Rangka Lantai Tipikal 16 Lantai

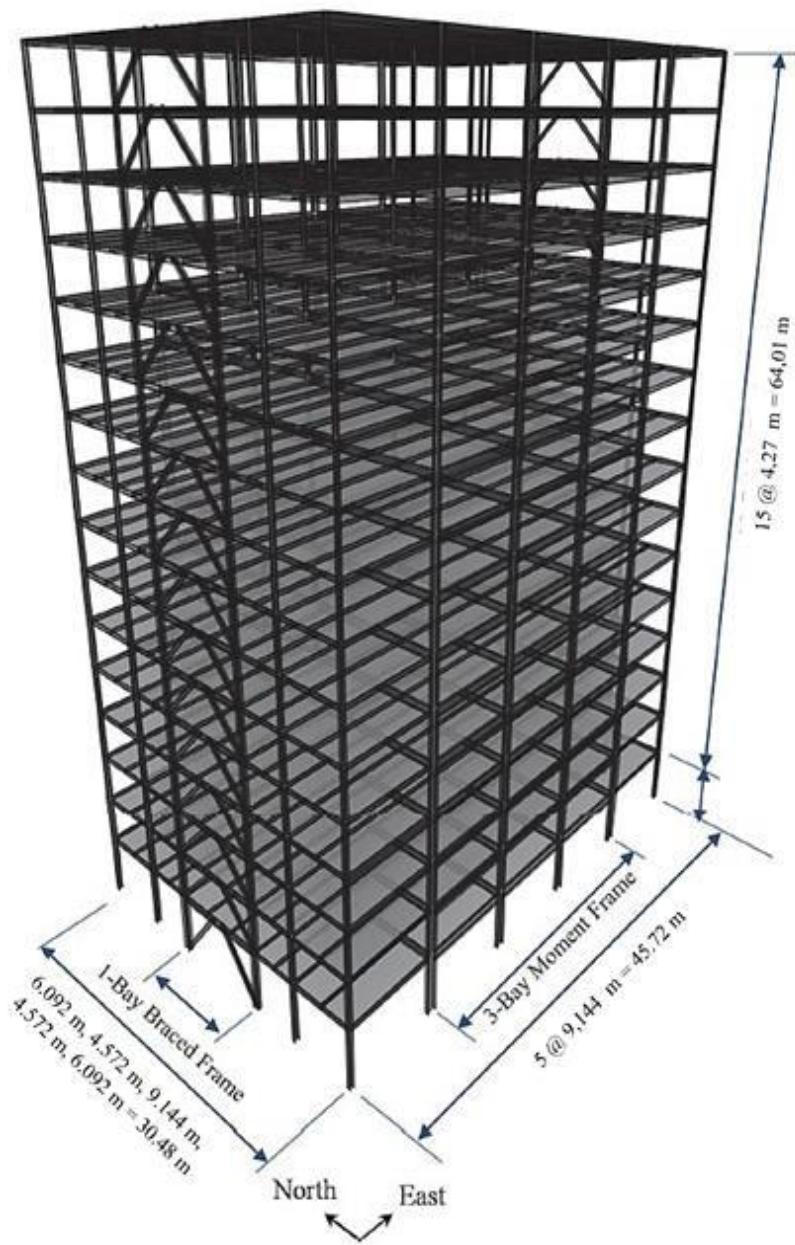
Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 merupakan denah elevasi struktur dan tampilan rencana bangunan beserta dengan profil baja yang digunakan pada masing-masing bangunan.



Gambar 3.4. Tampilan Isometrik Model Gedung 4 Lantai.



Gambar 3.5: Tampilan Isometrik Model Gedung 8 Lantai.



Gambar 3.6: Tampilan Isometrik Model Gedung 16 Lantai.

3.2.3. Dimensi Profil Baja yang digunakan

Bangunan yang direncanakan adalah struktur beraturan, Struktur gedung direncanakan dengan dimensi penampang yang berbeda. Ukuran balok dan kolom terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan.

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior (Inchi)	Kolom Eksterior (Inchi)	Balok (Inchi)
Lantai 4	1	W 14x193	W 14x132	W 24x55
	2	W 14x193	W 14x132	W 24x55
	3	W 14x193	W 14x132	W 24x55
	4	W 14x193	W 14x132	W 24x55
Lantai 8	1	W 18x192	W 18x175	W24x88
	2	W 18x192	W 18x175	W 24x88
	3	W 18x192	W 18x106	W 24x76
	4	W 18x192	W 18x106	W 24x76
	5	W 18x143	W 18x71	W 24x55
	6	W 18x143	W 18x71	W 24x55
	7	W 18x199	W 18x55	W 21x44
	8	W 18x199	W 18x55	W 21x44
Lantai 16	1	W 27x368	W 27x336	W 33x130
	2	W 27x368	W 27x336	W 33x130
	3	W 27x368	W 27x235	W 33x130
	4	W 27x368	W 27x235	W 33x130
	5	W 27x281	W 27x194	W 30x108
	6	W 27x281	W 27x194	W 30x108
	7	W 27x281	W 27x162	W 30x108
	8	W 27x281	W 27x162	W 30x108
	9	W 27x235	W 27x146	W 27x94
	10	W 27x235	W 27x146	W 27x94
	11	W 27x235	W 27x114	W 27x94
	12	W 27x235	W 27x114	W 27x94
	13	W 27x129	W 27x144	W 24x55
	14	W 27x129	W 27x144	W 24x55
	15	W 27x129	W 27x94	W 24x55
	16	W 27x129	W 27x94	W 24x55

3.3. Prosedur Analisa

3.3.1. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Linier

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

1. Membuat pemodelan struktur
 - a. Membuat model bangunan dengan menentukan berapa jumlah dan Panjang antar bentang serta ketinggian tiap lantainya.
 - b. Membuat tipe material baja yang akan digunakan.
 - c. Membuat ukuran penampang balok dan kolom.
 - d. Menggambar bentuk gedung yang akan dianalisa berdasarkan ketentuan yang telah dibuat sebelumnya.
 - e. Menentukan tipe tumpuan untuk setiap perletakan. Dalam hal ini diasumsikan bahwa semua perletakan menggunakan jepit (*fixed*).
 - f. Menentukan beban-beban yang akan digunakan . Dalam hal ini digunakan 3 jenis beban saja yaitu beban mati (termasuk berat sendiri struktur), beban hidup dan beban gempa.
 - g. Memasukkan beban-beban yang telah dibuat sebelumnya kedalam balok dan kolom.
 - h. Membuat metode analisis gempa Respons Spektrum dengan menggunakan gempa didaerah Padang pariaman dengan kelas tanah D.
 - i. Menentukan pengaruh efek P-Delta kedalam struktur.
 - j. Menentukan massa struktur supaya mendapatkan berat dari masing masing lantai nantinya.
 - k. Membuat kombinasi beban seperti yang tertera pada Bab 3 dalam penelitian ini.
 - l. Menentukan tipe sambungan antara balok dan kolom.
 - m. Menentukan berapa banyak jumlah mode yang digunakan untuk menghasilkan jumlah ragam getar bangunan.
 - n. Melakukan pengecekan ulang sebelum model yang telah selesai dibuat dianalisis.
 - o. Melakukan analisis pada model yang telah selesai untuk kemudian dievaluasi hasilnya berdasarkan SNI 1726:2019.
2. Evaluasi Struktur

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

- a. Gaya geser dasar (*Base Shear*)

- b. Periode getar alami fundamental (T_c)
- c. Partisipasi massa (*Mass participation ratio*)
- d. Analisa Ragam (*CQC or SRSS*)
- e. Simpangan lantai (*Story drift*)
- f. Pengaruh P-Delta
- g. Ketidakberaturan vertical
- h. Ketidakberaturan horizontal

3.3.2. Prosedur Analisa Dinamik Struktur Non - Linier

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

1. Pemodelan *Ground motion*
 - a. Pengambilan rekaman gempa
 - a) Membuka *website PEER/COSMOS*, kemudian login untuk bisa mengakses *website* tersebut.
 - b) Tentukan wilayah gempa yang akan dicari. Jika menggunakan *PEER*, Pilih *NGA WEST 2*.
 - c) Masukkan nama gempa atau nama stasiun gempa yang akan dicari.
 - d) Mengunduh data rekaman gempa (*ground motion*) tersebut untuk diolah lebih lanjut.
 - e) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa yang lainnya.
 - b. Penskalaan rekaman gempa
 - a) Sediakan terlebih dahulu table/grafik desain spektra Indonesia yang diambil dari PUSKIM PUPR 2019.
 - b) Kemudian cari data desain *spectra unscaled* yang diperoleh dari *website PEER/COSMOS*.
 - c) Carilah nilai skala dengan cara menyamakan nilai acceleration pada desain spectra dari PEER agar sama dengan data desain spectra dari PUSKIM PUPR 2019 berdasarkan nilai periode struktur yang telah didapatkan sebelumnya.

- d) Setelah faktor skala didapatkan, input data *ground motion* ke program SeismoMatch/SeismoSignal dengan memasukkan faktor skala yang telah didapatkan dan nilai *time step* (Dt) yang digunakan pada data *accelerations*.
 - e) Setelah didapatkan data *ground motion* yang telah diskalakan, salin dan simpan data tersebut untuk diolah lebih lanjut.
 - f) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa lainnya.
- c. Pemodelan Gempa Berulang
- a) Buka data *ground motion* yang telah diskalakan pada program Matlab.
 - b) Jika data *ground motion* yang akan dipakai belum diskalakan menggunakan SeismoMatch/SeismoSignal, gunakan Matlab untuk penskalaan. Jika sudah abaikan Langkah ini.
 - c) Buka file Matlab untuk pemodelan gempa berulang.
 - d) Kemudian inputkan nama file *ground motion* yang telah diskalakan agar didapatkan data untuk pemodelan gempa berulang.
 - e) Lakukan hal yang sama untuk rekaman gempa lainnya.

3.3.3. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan diambil dari buku *Assessment of First Generation Performance-Based Seismic Design Methods for New Steel Buildings*, Matthew S. Speicher (2015).

Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan struktur bangunan. Berikut merupakan pembebanan yang digunakan, ialah:

1. Beban Gravity Load Lantai = 65 psf = 3,113 Kn/m² untuk semua lantai.
2. Beban Gravity Load Rooftop = 40 psf = 1,915 Kn/m² untuk semua lantai.

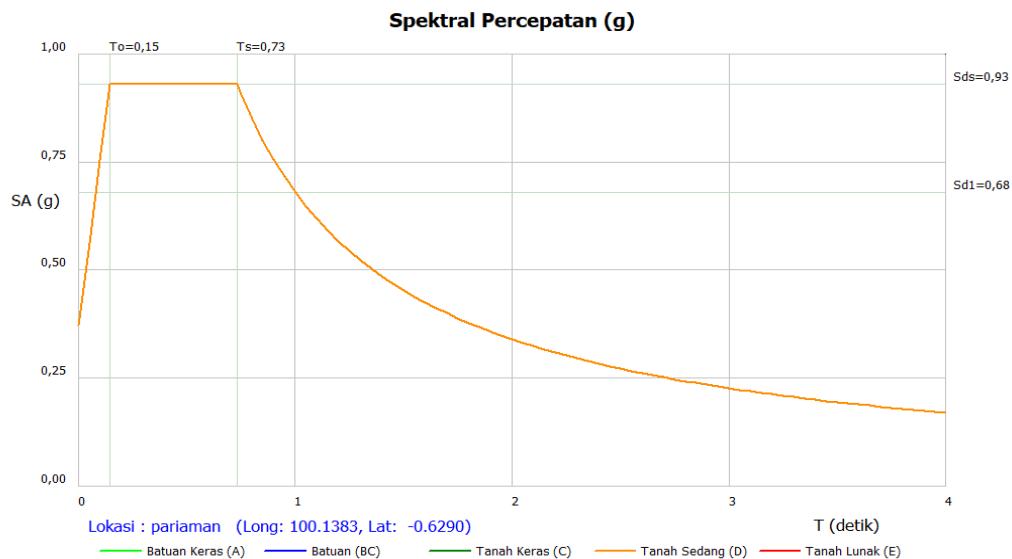
3.4. Respon Spektrum Desain Gempa

3.4.1. Desain Respon Spektrum (Tanah Sedang)

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah sedang, kemudian dianalisis dengan data $PGA = 0.56$ g, $S_s = 1.39$ g dan $S_1 = 0.60$ g. Nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain yaitu:

- Nilai F_a = 1
- Nilai F_v = 1.70
- S_{MS} = 1.39 g
- S_{M1} = 1.02 g
- S_{DS} = 0.92 g
- S_{D1} = 1.02 g
- T_0 = 0.14 detik
- T_s = 0.73 detik
- T_L = 20 detik
- Nilai S_a

Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Dinamik Struktur Linier dengan Metode Respon Spektrum pada pemodelan menggunakan Program Analisa Struktur. Respon Spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Respon Spektrum Desain PUPR 2019-2020 Untuk Tanah Sedang.

3.4.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa, maka didapatkan untuk Faktor $R = 8$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari

kategori desain seismik D dan nilai $SDS = 0.92$ g, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 untuk faktor $R = 8$.

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* ekivalen, respon spektrum dan riwayat waktu.

$$E_h = \rho \cdot Q_E$$

Beban gempa vertical E_v metode ultimit dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$E_v = 0,2 \times SDS \times DL$$

Maka dari itu kombinasi beban gempa menurut Pasal 4.2.2.3. SNI 1726:2019 menjadi:

- Kombinasi 3 = 1,2 DL + E + 1 LL

$$(1,2 + 0,2 SDS)DL + 1,0 LL + \rho (\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey})$$

$$(1,2 + 0,2 SDS)DL + 1,0 LL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$$

- Kombinasi 4 = 0,9 DL + E

$$(0,9 - 0,2 SDS)DL + \rho (\pm 30\% Q_{Ex} \pm 100\% Q_{Ey})$$

$$(0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% Q_{Ex} \pm 30\% Q_{Ey})$$

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

Tabel 3.2: Kombinasi pembebahan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 0.92$ g.

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 <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa.

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).

3.5. Analisis Dinamik Struktur Non-Linier

3.5.1. 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%.

3.5.2. *Groundmotion Records* (Data Rekaman Gempa)

Data rekaman gempa diperoleh dari website resmi *Pacific Earthquake Engineering Research* (PEER) *Next Generation Attenuation* (NGA), COSMOS *Strongmotion Data Center*.

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 25 rekaman gempa diantaranya rekaman gempa tanpa Pulse (gempa biasa) dengan jarak epicentral diatas 20 km seperti terlihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Data rekaman gempa berulang.

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
13	BIGT19940117	1994	Big Tujunga, Angeles Nat F	6.7
14	BURB19940117	1994	Burbank — Howard Rd.	6.7
15	CAST19940117	1994	Castaic — Old Ridge Route	6.7
16	DOWN19940117	1994	Downey — Co Maint Bldg	6.7
17	HOLL19940117	1994	Hollywood — Willoughby Ave	6.7
18	BALD19940117	1994	LA — Baldwin Hills	6.7
19	CENT19940117	1994	LA — Century City CC North	6.7
20	CITY19940117	1994	LA — City Terrace	6.7
21	NORT19940117	1994	Northridge — 17645 Saticoy St	6.7
22	NEWH19940117	1994	Newhall — Fire Station	6.7
23	PACO19940117	1994	Pacoima Kagel Canyon	6.7
24	RINA19940117	1994	Rinaldi Receiving Sta	6.7
25	ARZ19940117	1994	Tarzana — Cedar Hill A	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 2 dimensi (2D) pada sumbu X dan gempa vertikal arah Z diabaikan karena dalam analisis karena data relatif sangat kecil (atau dianggap sama dengan 0).

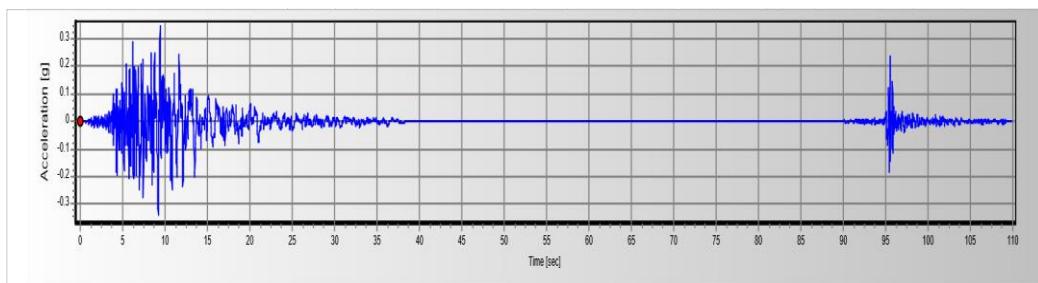
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Los Angels (tanah sedang). Selain itu, rentang perioda alami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

Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai input pada software RUAUMOKO versi 04. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

3.5.3. Analisa Respon Riwayat Waktu

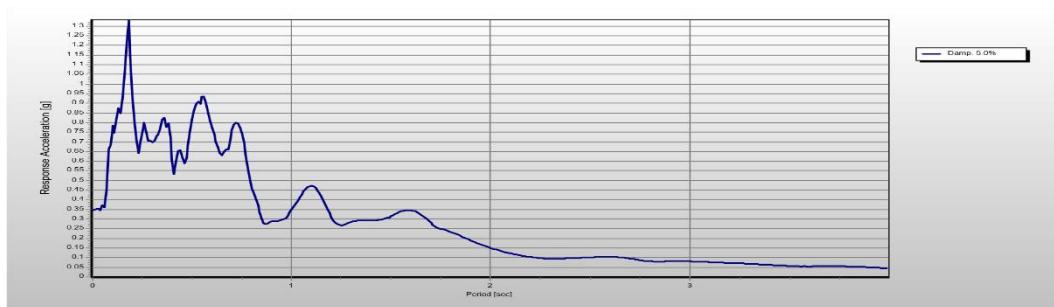
Analisis Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi. Alat bantu software yang digunakan adalah RUAUMOKO2D versi 04. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO2D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah-daerah rekaman yang diambil tertera pada Tabel 3.3
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal. Seperti pada Gambar 3.8



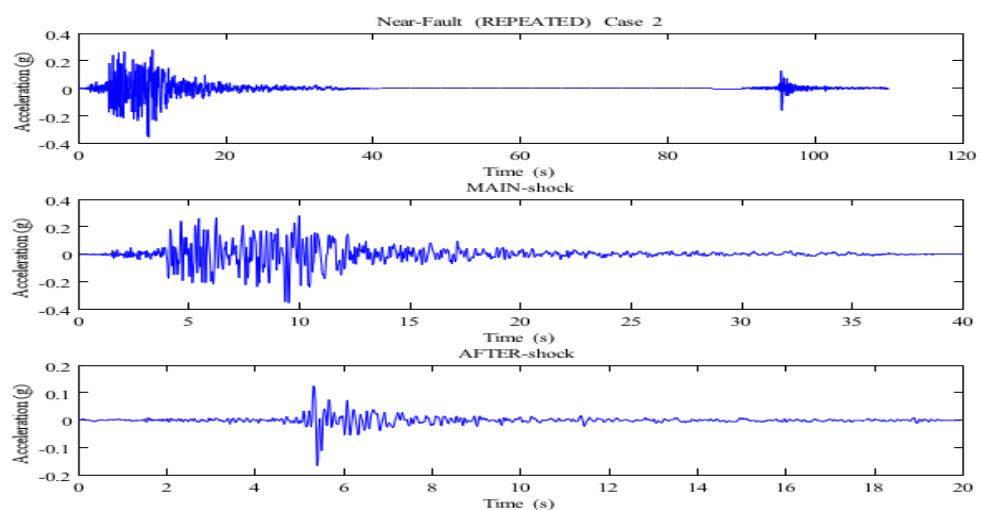
Gambar 3.8: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.

- c. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* Seismosignal.



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

- d. Menggabungkan rekaman gempa dengan menggunakan *software* MATLAB, rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal dan gempa berulang.



Gambar 3.10: Rekaman gempa berulang LA Hollywood Stor FF Main Shock dan After Shock setelah digabungkan.

Data – data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan MATLAB akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO2D.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinier menggunakan software RUAUMOKO2D versi 04 antara lain:

- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- M_y : Momen leleh
- M_c : Momen puncak
- Ko : Kekauan 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 kekauan *post-yield*

3.5.4. Momen Leleh (M_y)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai input analisis nonlinear pada progam RUAUMOKO2D versi 04 adalah momen maksimum pada analisis linier respon riwayat waktu menggunakan Program Analisa Struktur. Nilai tersebut sebelumnya diambil dari Program Analisa Struktur dan disesuaikan dengan sistem bangunan yang direncanakan. Pengambilan momen leleh diambil setelah menyesuaikan kurva kapasitas pada analisa beban dorong (*push over*), Dimana untuk melihat perilaku dari struktur yang direncanakan.

$$M_y = \beta M_{p, \text{exp}} = \beta Z R_y F_y \quad (3.1)$$

Keterangan :

Ry : penyesuaian dari kekuatan leleh baja nominal yang diharapkan.

Untuk sambungan balok standar, $\beta = 1,2$, dan

Untuk sambungan penampang balok tereduksi (RBS), $\beta = 1,1$

3.5.5. Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas Rotasi Plastis

Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

$$\theta_p^* = 0.3 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0,3} \left(\frac{bf}{2t_f} \right)^{-1,7} \left(\frac{L_b}{r_y} \right)^{-0,2} \left(\frac{L}{d} \right)^{1,1} \quad (\text{COV} = 0.34) \quad (3.2a)$$

Untuk balok RBS (*Reduced Beam Section*/Penampang balok direduksi)

$$\theta_p^* = 0.55 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0,5} \left(\frac{bf}{2t_f} \right)^{-0,7} \left(\frac{L_b}{r_y} \right)^{-0,5} \left(\frac{L}{d} \right)^{0,8} \quad (\text{COV} = 0.42) \quad (3.2b)$$

di mana L_b / r_y adalah panjang yang tidak terikat secara lateral dibagi dengan yang lemah-radius sumbu rotasi.

- Rotasi pasca-puncak (θ_{pc})

Rotasi plastis pra-puncak siklik, θ_{pc} (rad), dapat ditentukan sebagai berikut:

Untuk balok standar (non-RBS):

$$\theta_{pc}^* = 24.0 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0,9} \left(\frac{bf}{2t_f} \right)^{-0,2} \left(\frac{L_b}{r_y} \right)^{-0,5} \quad (\text{COV} = 0.45) \quad (3.3a)$$

Untuk balok RBS:

$$\theta_{pc}^* = 20.0 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0,8} \left(\frac{bf}{2t_f} \right)^{-0,1} \left(\frac{L_b}{r_y} \right)^{-0,6} \quad (\text{COV} = 0.31) \quad (3.3b)$$

3.5.6. Rotasi Leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktalitas yang dibutuhkan sebagai input dalam software RUAUMOKO2D versi 04. Nilai rotasi sendi plastis tersebut dihitung dan dihitung untuk semua frame (balok-kolom)

pada struktur gedung yang direncanakan. Nilai θ_y untuk semua frame dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

BAB 4

HASIL MODEL LINIER DAN NON LINIER

4.1. Hasil Model Linier dan Non Linier

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

4.2. Hasil Analisa Ragam

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

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

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

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

1. Model 1 untuk gedung struktur baja SRPMK 4 lantai , didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.
2. Model 2 untuk gedung struktur baja SRPMK 8 lantai , didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

- Model 3 untuk gedung struktur baja SRPMK 16 lantai, didapat 12 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 ekivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor skala :

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

Dimana :

V = gaya geser dasar statik ekivalen yang dihitung

V_t = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

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 V_t .

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)
1	X	1954.78	1751.94
2	X	2687.44	1693.74
3	X	3378.74	10687.5

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A..

4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi

Berdasarkan pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2019 nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1.3 Dari hasil koreksi untuk setiap

gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran ...

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:

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

Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.

Model	Arah Gempa	$V(\text{kN})$	$V_t(\text{kN})$	Cek
1	X	1954.78	1751.94	Tidak Oke
2	X	2687.44	1693.74	Tidak Oke
3	X	3378.74	10687.5	Oke

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

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

4.2.6. Pengaruh Efek P - Delta

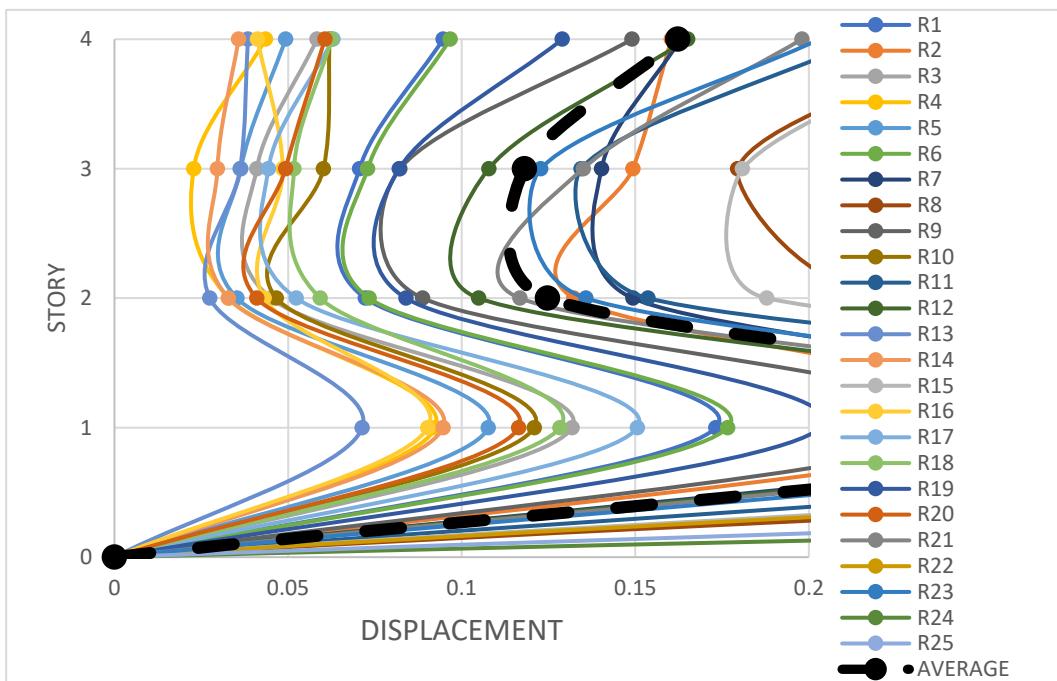
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang

ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat stability ratio sudah terpenuhi. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A..

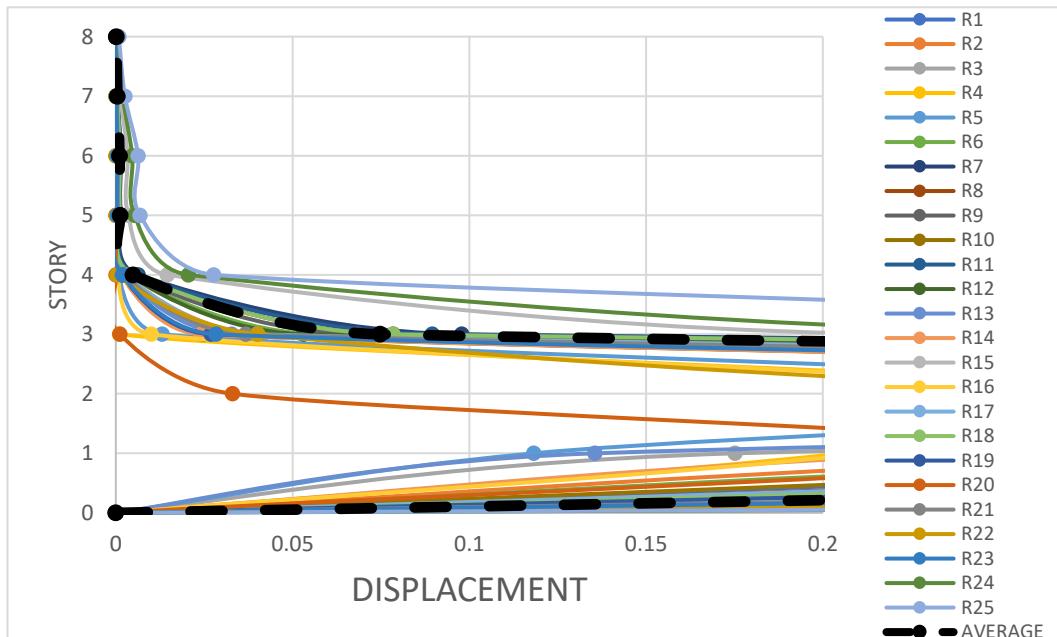
4.3. Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur baja 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 baja SRPMK yaitu gempa berulang. Setiap model struktur akan diambil data simpangan 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 *interstory drift* dengan pada salah satu 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.

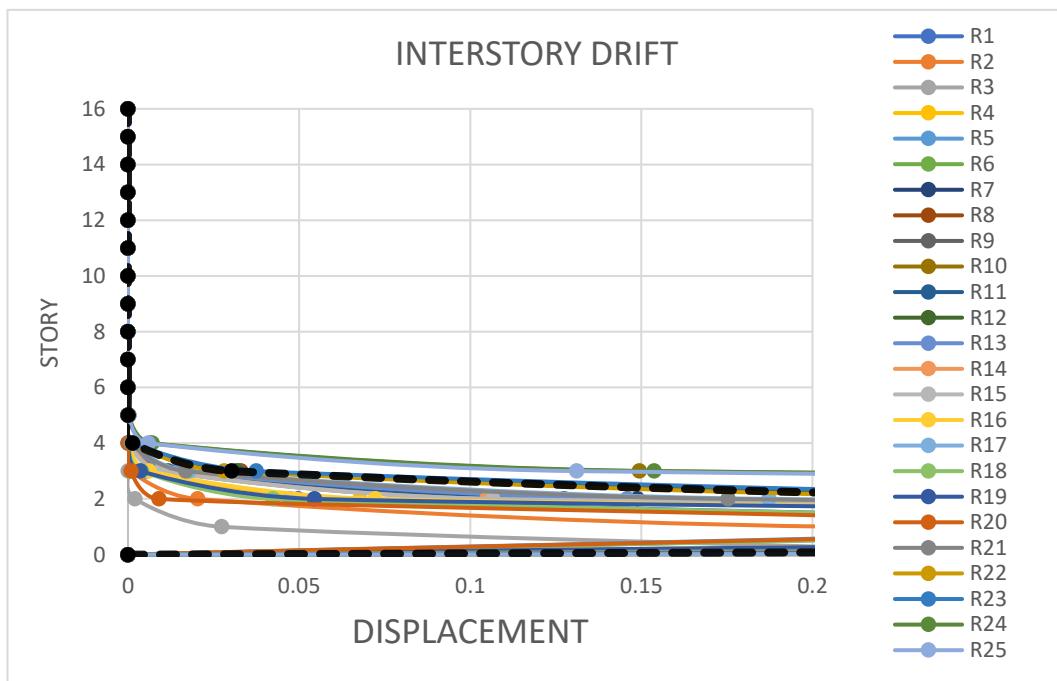
Dari hasil analisis didapatkan pola keruntuhan yang terjadi untuk setiap model terbentuk sendi – sendi plastis pertama secara keseluruhan terjadi di kolom. Pada pola keruntuhan banyak terjadi *soft story* pada setiap modelnya dan pada beberapa kasus tidak terjadinya keruntuhan. Untuk data terdapat pada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



Gambar 4.1: Nilai *story drift* untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa nonlinear.



Gambar 4.2: Nilai *story drift* untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa nonlinear.



Gambar 4.3: Nilai story drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa nonlinear.

Tabel 4.3: *Top displacement* pada masing-masing model Gedung akibat gempa berulang.

	Model		
	4 Lantai (m)	8 Lantai (m)	16 Lantai (m)
GS1	0,2919	0,772	0,369
GS2	0,2958	1,347	1,69
GS3	0,1833	1,229	0,3101
GS4	0,1305	0,3582	0,8179
GS5	0,1328	0,4104	0,3045
GS6	0,3294	1,651	0,8845
GS7	0,6454	2,827	1,202
GS8	0,7864	2,636	2,821
GS9	0,3481	2,196	2,809
GS10	0,2256	0,8015	14,18
GS11	0,6494	2,556	1,135
GS12	0,4175	1,692	1,591
GS13	0,1	1,105	0,976
GS14	0,1418	0,7648	0,7458
GS15	0,7718	6,653	0,9922
GS16	0,1812	0,3235	0,7119
GS17	0,2099	1,367	1,573
GS18	0,2571	2,379	0,3658
GS19	0,3417	0,9507	0,6823

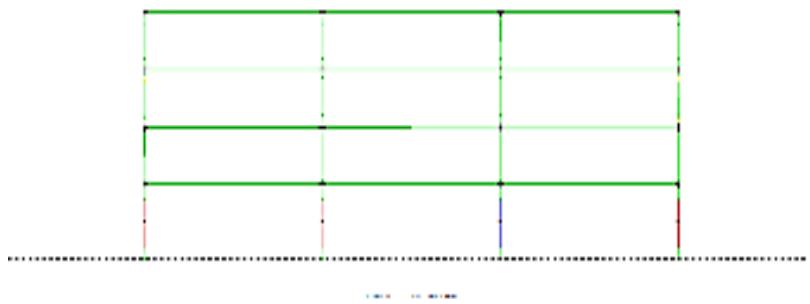
Tabel 4.3: *Lanjutan*

	Model		
	4 Lantai (m)	8 Lantai (m)	16 Lantai (m)
GS20	0,1631	0,2835	0,2904
GS21	0,4736	1,186	1,458
GS22	0,9898	1,717	2,254
GS23	0,5139	1,03	3,115
GS24	2,323	9,866	13,21
GS25	1,76	12,69	11,18
Rata-rata	0,50652	2,351664	2,626736

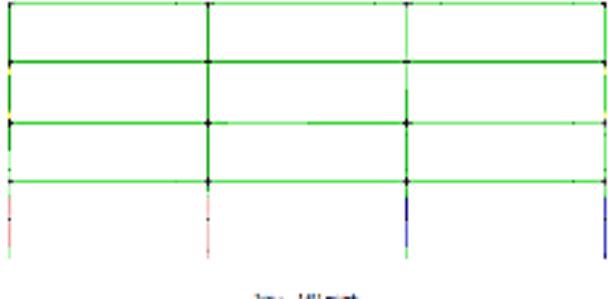
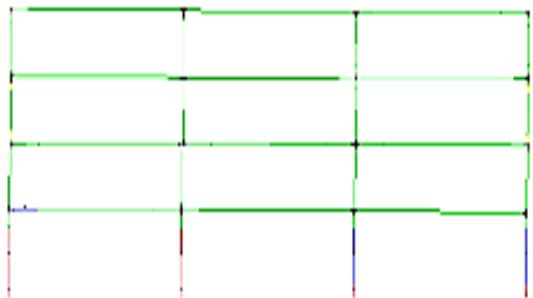
Pada Tabel 4.3 merupakan hasil dari simpangan atap dari 3 model struktur baja SRPMK . Dapat dilihat dalam table bahwa simpangan terbesar terdapat pada model 3 untuk struktur gedung 16 lantai dengan nilai rata-rata adalah 2,626736.

Dari hasil analisis didapatkan pola keruntuhan yang terjadi untuk setiap model terbentuk sendi – sendi plastis pertama secara keseluruhan terjadi di kolom. Pada pola keruntuhan banyak terjadi *soft story* pada setiap modelnya dan pada beberapa kasus tidak terjadinya keruntuhan seperti pada tabel-tabel berikut.

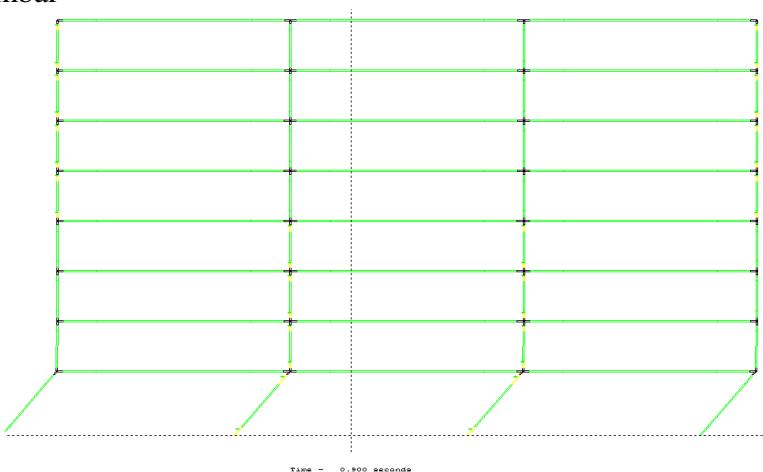
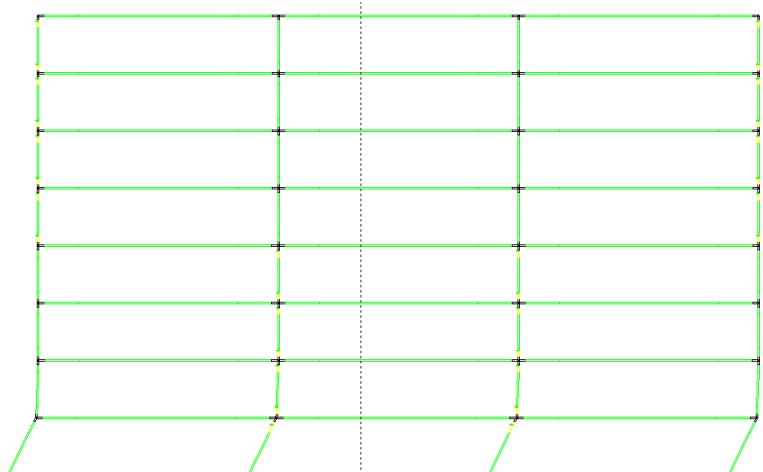
Tabel 4.4: Pola Keruntuhan untuk Model 1.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,25
GS24	Gambar 				

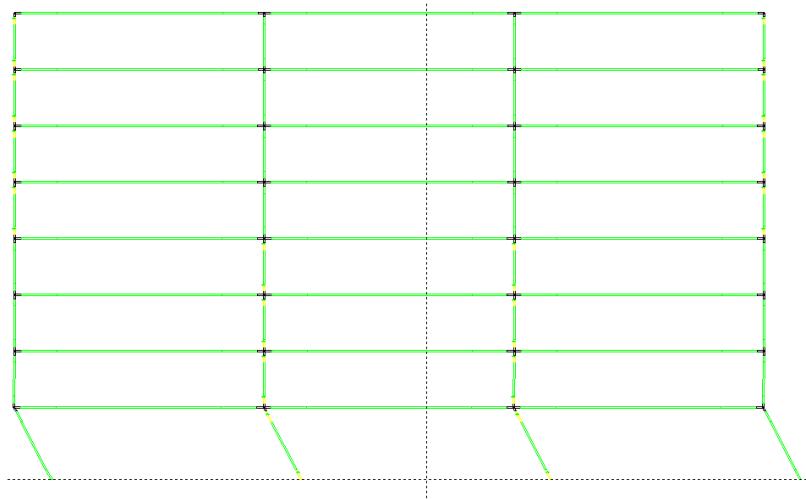
Tabel 4.4: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,2
GS15					
Gambar 					
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	Elemen Pertama Yang Mengalami Sendi Plastis	Kolom	Dasar	-	0,5
GS25					
Gambar 					

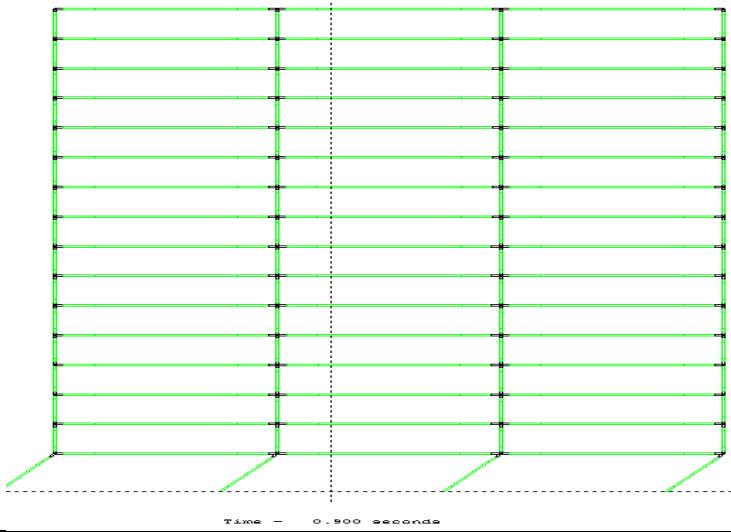
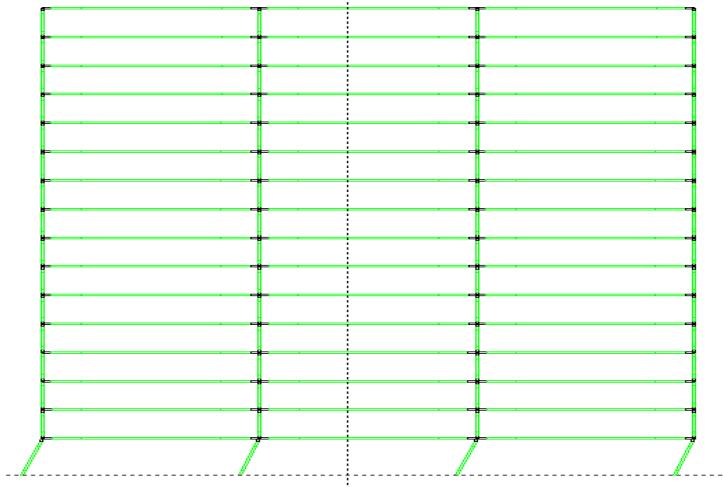
Tabel 4.5: Pola Keruntuhan untuk Model 2.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	0,9
GS24					
Gambar 					
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	1,2
GS25					
Gambar 					

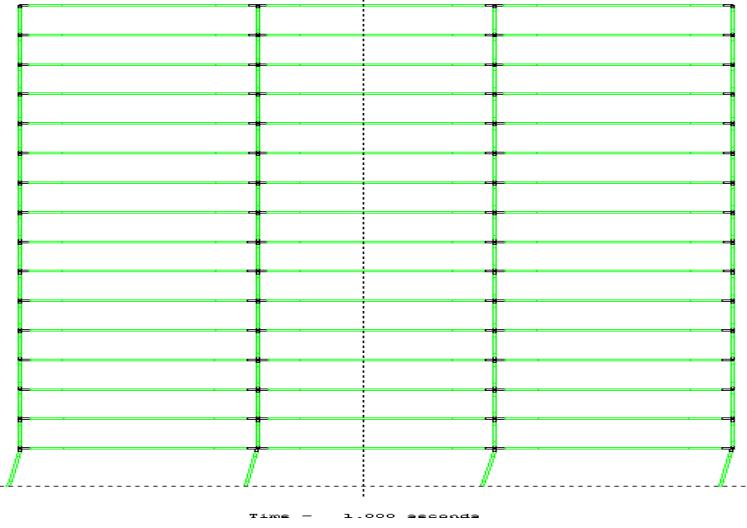
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	1,5
GS11	Gambar  <p style="text-align: center;">Time = 1.500 seconds</p>				

Tabel 4.6: Pola Keruntuhan untuk Model 3.

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	0,9
GS24					
Gambar 					
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	1,2
GS25					
Gambar 					

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)
	<i>Soft story</i>	Kolom	Dasar	-	1,00
GS22	Gambar				
					

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap pada setiap model terhadap getaran gempa berulang maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur pada saat terjadi gempa berulang, menunjukan bahwa sebagian struktur sudah mencapai lelehnya. Hasil *story drift* dan *top displacement* yang diperoleh untuk dalam ketiga model dipengaruhi oleh nilai perioda setiap modelnya dan berat bangunan itu sendiri dan dapat dilihat di tabel pola keruntuhan sebagian besar banyak mengalami terjadinya kehancuran atau *Soft story* pada kolom lantai dasar. Pola keruntuhan yang terjadi menunjukkan bentuk mekanisme tingkat (*Story Mechanism*). Hal tersebut tampak jelas pada model 2 (8 lantai) dan model 3 (16 lantai)
2. Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat dalam analisa nonlinier terjadi pada model 3 (16 lantai)

5.2. Saran

1. Dalam tugas akhir ini hanya menevaluasi gedung struktur baja 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 (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Budiono, B. (2016). *Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Massa Terhadap Beban Gempa*. Jurnal Teknik Sipil ITB, 23(2), 113–126. <https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.2.4>
- Http://puskim.pu.go.id/*, diakses 11 Februari 2021.
- Kalkan, E. (2006). *Prediction of seismic demands in building structures*. Submitted in Partial Satisfaction of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Civil Eng., University of California., March.
- Karisoh, P. H., Dapas, S., & Pandaleke, R. (2018, Juni). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6.
- Karunia, R., & Fathonah, W. (2020). *Pengaruh Variasi Model Ketidakberaturan Vertikal pada Gedung Bertingkat Tinggi terhadap Respons Seismik dengan Analisis Respons Spektrum*, 9(1).
- Mulia, H. S., Edwin, S., Santoso, H., & Pudjisuryadi, P. (2015). *Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Kekakuan dan Kekuatan Sistem Ganda Srpmk dan Srbe Bentuk Diagonal Menurut Sni 1726:2012 Pasal 7.2.5.1*. Universitas Kristen Petra Surabaya, 96–103.
- Pant, D. R. (2017). Influence of scaling of different types of ground motions on analysis of code-compliant four-story reinforced concrete buildings isolated with elastomeric bearings. *Engineering Structures*, 135, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.12.052>
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar (Anggota IKAPI).
- Praveen, Oggu., dan Gopikrishna, K. (2020). *Assessment of three-dimensional RC moment-resisting frames under repeated earthquakes*, Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Warangal, Telangana 506004, India.
- Pudjisuryadi, Pamuda. 2006. *Studi Tentang Daktilitas Struktur Pada Sistem Shearwall Frame Dengan Belt Truss*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil Universitas Petra.

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.

Siajaya, K., Windah, R. S., Handono, B. D., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., ... Belakang, L. (2018). *Respons Struktur Gedung Bertingkat Dengan Variasi Kekakuan Kolom Akibat Gempa*. *Journal Sipil Statik*, 6(6), 411–422.

Zhang, Y., Chen, J., & Sun, C. (2017). *Damage-based strength reduction factor for nonlinear structures subjected to sequence-type ground motions*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 92(October 2016), 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.10.0>

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	0.48 kN/m ²
	Total Beban Mati tambahan pada atap	0.48kN/m ²
	1. Beban Hidup	1.44 kN/m ²
	Total Beban Hidup pada atap	1.44 kN/m ²
B.	Lantai Tipikal	
	1. Beban Mati Tambahan	0.72 kN/m ²
	2. Beban Hidup	2.39 kN/m ²
	Total Beban Mati tambahan +Beban Hidup pada Lantai Tipikal	3.11 kN/m ²
	Beban Dinding	
C.	1. Beban Mati Tambahan (Façade)	3.65 kN/m ²
	2. Beban Mati Tambahan (Slab)	2.2 kN/m ²
	Total Beban Mati tambahan	5.85 kN/m ³

A.2. Syarat Perioda Struktur

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

1. Model 1

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 5.49 m
- Tinggi lantai tipikal : 4.26 m
- h_n : 18.3 m
- C_u : 1.4
- C_t : 0.0724
- x : 0.75

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

Arah	$T_a \min$ ($C_t \times h_n$)	$T_a \max$ ($C_u \times T_a \min$)	T_{etabs}	$T_{dipakai}$	Kontrol
X	0.741	1.037	1.991	1.037	Oke

Berdasarkan tabel L.2, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 1.037 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

2. Model 2

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 5.49 m
- Tinggi lantai tipikal : 4.26 m
- h_n : 35.4 m
- C_u : 1.4
- C_t : 0.0724
- x : 0.75

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	1.255	1.757	3.33	1.757	Oke

Berdasarkan tabel L.3, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maksimum yaitu 1.757 karena nilai perioda pada program analisa struktur lebih besar dari batas maksimum untuk setiap arah.

3. Model 3

Dengan data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 3.3 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.4: 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

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

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

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1.991	0.8336	0	83%	0%
Modal	2	0.99	0	0.8913	83%	89%
Modal	3	0.772	0	0	83%	89%
Modal	4	0.542	0.1221	0	96%	89%
Modal	5	0.356	0	0.089	96%	98%
Modal	6	0.285	0	0	96%	98%
Modal	7	0.285	0	0	96%	98%
Modal	8	0.279	0	0	96%	98%
Modal	9	0.272	0	0.00003078	96%	98%
Modal	10	0.272	0	0	96%	98%
Modal	11	0.272	0	0	96%	98%
Modal	12	0.271	0	0	96%	98%

Pada tabel L.6 untuk Model 1, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15%.

Tabel L.6: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1&2	50.28%	not OK	OK
2&3	22.02%	not OK	OK
3&4	29.79%	not OK	OK
4&5	34.32%	not OK	OK
5&6	19.94%	not OK	OK
6&7	0.00%	OK	not OK
7&8	2.11%	OK	not OK
8&9	2.51%	OK	not OK
9&10	0.00%	OK	not OK
10&11	0.00%	OK	not OK
11&12	0.37%	OK	not OK

2. Model 2

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

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

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	3.33	0.7622	0	76%	0%
Modal	2	2.421	0	0.7267	76%	73%
Modal	3	1.581	0	0	76%	73%
Modal	4	1.146	0.132	0	89%	73%
Modal	5	0.812	0	0.188	89%	91%
Modal	6	0.596	0.0505	0	94%	91%
Modal	7	0.546	0	0	94%	91%
Modal	8	0.45	0	0.049	94%	96%
Modal	9	0.404	0.00003521	0	94%	96%
Modal	10	0.404	0	0	94%	96%
Modal	11	0.403	0	0	94%	96%
Modal	12	0.403	0	0	94%	96%

Pada tabel L.8 untuk Model 2, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.8: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1&2	27.30%	not OK	OK
2&3	34.70%	not OK	OK
3&4	27.51%	not OK	OK
4&5	29.14%	not OK	OK
5&6	26.60%	not OK	OK
6&7	8.39%	OK	not OK
7&8	17.58%	not OK	OK
8&9	10.22%	OK	not OK
9&10	0.00%	OK	not OK
10&11	0.25%	OK	not OK
11&12	0.00%	OK	not OK

3. Model 3

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

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

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	4.408	0.7047	0	70%	0%
Modal	2	3.542	0	0.6708	70%	67%
Modal	3	2.27	0	0.00001128	70%	67%
Modal	4	1.601	0.1394	0	84%	67%
Modal	5	1.113	0	0.2002	84%	87%
Modal	6	0.893	0.0612	0	91%	87%
Modal	7	0.75	0	0.000009031	91%	87%
Modal	8	0.585	0	0.063	91%	93%
Modal	9	0.569	0.0332	0	94%	93%
Modal	10	0.442	0	0	94%	93%
Modal	11	0.441	0.00001949	0	94%	93%
Modal	12	0.434	0	0	94%	93%

Pada tabel L.10 untuk Model 3, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

Tabel L.10: Hasil selisih persentase nilai perioda.

Mode	Persentase	CQC < 15%	SRSS > 15 %
1&2	19.65%	not OK	OK
2&3	35.91%	not OK	OK
3&4	29.47%	not OK	OK
4&5	30.48%	not OK	OK
5&6	19.77%	not OK	OK
6&7	16.01%	not OK	OK
7&8	22.00%	not OK	OK
8&9	2.74%	OK	not OK
9&10	22.32%	not OK	OK
10&11	0.23%	OK	not OK
11&12	1.59%	OK	not OK

A.4. Berat Sendiri Struktur

1. Model 1

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

Story	Self Weight (kN)
4	4789.185
3	6196.818
2	6209.090
1	6263.281
Base	166.169
Total	23624.54481

Dapat dilihat pada tabel L.11 bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 23624.54481kN.

2. Model 2

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

Story	Self Weight (kN)
8	5125.006
7	6736.508
6	6762.705
5	6781.653
4	6839.041
3	6884.091
2	6922.963
1	7003.776
Base	195.974
Total	53251.72267

Dapat dilihat pada tabel L.12 bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 53251.72267kN.

3. Model 3

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

Story	Self Weight (kN)
16	5165.561
15	6817.167
14	6834.800
13	6837.250
12	6912.707
11	6962.596
10	6983.967
9	7006.113
8	7057.961
7	7104.196
6	7132.452
5	7159.352
4	7233.190
3	7289.661
2	7345.166
1	7511.940
Base	455.640
Total	111809.728

Dapat dilihat pada tabel L.13 bahwa berat total struktur untuk Model 3 adalah 111809.7281kN.

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

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

1. Model 1

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

Tabel L.14: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah
S_{D1}	0.600 g
S_{Ds}	1.000 g
R	8
Ie	1
S_1	0.6 g
$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.125
$C_{s \ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.083
$C_{s \ min} = 0.044S_{Ds}.I_e \geq 0.01$	0.044
$C_{s \ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.038
$C_{s \ min} \leq C_s \text{ pakai} \leq C_{s \ max}$	0.072
$V = C_s \times W_t$	1706.689

Berdasarkan tabel L.14 didapatkan nilai gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 1 adalah 1954.780.

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

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	894.1076	1751.945

Dari tabel L.15, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 894.1076 untuk arah X dan 1751.945 untuk arah Y.

2. Model 2

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

Tabel L.16: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah
S_{D1}	0.600 g
S_{DS}	1.000 g
R	8
Ie	1
S_1	0.6 g
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.125
$C_{s \ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.043
$C_{s \ min} = 0.044S_{DS}.I_e \geq 0.01$	0.044
$C_{s \ min} = \frac{0.5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.038
$C_{s \ min} \leq C_s \text{ pakai} \leq C_{s \ max}$	0.043
$V = C_s \times W_t$	2270.278

Berdasarkan tabel L.16 didapatkan niali gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 2 adalah 2687.436.

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

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	1176.593	1693.741

Dari Tabel L.17, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 1176.593 untuk arah X dan 1693.741 untuk arah Y.

3. Model 3

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

Tabel L.18: Perhitungan Nilai C_s dan V .

	Arah
S_{D1}	0.600 g
S_{Ds}	1.000 g
R	8
Ie	1
S_1	0.6 g
$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.125
$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.025
$C_{s \min} = 0.044 S_{Ds} I_e \geq 0.01$	0.044
$C_{s \min} = \frac{0.5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	0.075
$C_{s \min} \leq C_s \text{ pakai} \leq C_{s \max}$	0.025
$V = C_s \times W_t$	2759.449

Berdasarkan Tabel L.18 didapatkan niali gaya geser dasar untuk struktur bangunan model 3 adalah 3378.74353.

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

Load Case/Combo	Arah X	Arah Y
ENVELOPE Max	10973.814	10687.473

Dari Tabel L.19, didapatkan nilai gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam adalah 10973.814 untuk arah X dan 10687.473 untuk arah Y.

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

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

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

Story	Vx	35% Base Share	Cek
4	565.824	684.173	Tidak Oke
3	1106.7842	684.173	Oke
2	1488.3139	684.173	Oke
1	1751.9445	684.173	Oke

Pada Tabel L.20 terdapat 1 lantai tidak memenuhi syarat yaitu pada lantai 4.

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

Tabel L.21: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 2 arah X.

Story	Vx	35% Base Share	Cek
8	369.2887	794.598	Tidak Oke
7	561.9247	794.598	Tidak Oke
6	667.9562	794.598	Tidak Oke
5	799.4949	794.598	Oke
4	880.446	794.598	Oke
3	960.2316	794.598	Oke
2	1084.5147	794.598	Oke
1	1176.5938	794.598	Oke

Pada Tabel L.21 terdapat 3 lantai tidak memenuhi syarat.

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

Tabel L.22: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk Model 3 arah X.

Story	Vy	35% Base Share	Cek
16	1261.892	1182.560	Oke
15	2699.124	1182.560	Oke
14	3913.046	1182.560	Oke
13	4940.291	1182.560	Oke
12	5823.047	1182.560	Oke
11	6580.647	1182.560	Oke
10	7244.157	1182.560	Oke
9	7834.805	1182.560	Oke
8	8360.232	1182.560	Oke
7	8821.173	1182.560	Oke
6	9222.214	1182.560	Oke
5	9565.312	1182.560	Oke
4	9851.372	1182.560	Oke
3	10076.594	1182.560	Oke
2	10232.701	1182.560	Oke
1	10310.135	1182.560	Oke

Pada tabel L.22 setiap lantai telah memenuhi syarat.

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 1

Tabel L.23: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 1 arah X.

Story	Load Case/Combo	Direction	δ_{ex}	$\delta_{xe} = (\delta_{ex} - \delta_{ex-1})$	$\Delta_x = \delta_{xe} \frac{c_{dx}}{I_e}$	h_{sx} (mm)	$\Delta_{ijin} = 0.020 h_{sx}$	Cek
4	ENVELOPE Max	X	54.109	10.636	58.498	4270	85.4	OK
3	ENVELOPE Max	X	43.473	13.964	76.802	4270	85.4	OK
2	ENVELOPE Max	X	29.509	15.938	87.659	4270	85.4	not OK
1	ENVELOPE Max	X	13.571	13.571	74.6405	5490	109.8	OK

Berdasarkan Tabel L.23, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 2

Tabel L.24: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 2 arah X.

Story	Load Case/Combo	Direction	δ_{ex}	$\delta_{xe} = (\delta_{ex} - \delta_{ex-1})$	$\Delta_x = \delta_{xe} \frac{c_{dx}}{I_e}$	h_{sx} (mm)	$\Delta_{ijin} = 0.020 h_{sx}$	Cek
8	ENVELOPE Max	X	95.624	9.293	51.1115	4270	85.4	OK
7	ENVELOPE Max	X	86.331	11.542	63.481	4270	85.4	OK
6	ENVELOPE Max	X	74.789	12.914	71.027	4270	85.4	OK
5	ENVELOPE Max	X	61.875	13.611	74.8605	4270	85.4	OK
4	ENVELOPE Max	X	48.264	13.163	72.3965	4270	85.4	OK
3	ENVELOPE Max	X	35.101	13.293	73.1115	4270	85.4	OK
2	ENVELOPE Max	X	21.808	12.267	67.4685	4270	85.4	OK
1	ENVELOPE Max	X	9.541	9.541	52.4755	5490	109.8	OK

Berdasarkan Tabel L.24, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

A.7.2. Nilai Simpangan Gedung untuk Model 3

Tabel L.25: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk model 3 arah X.

Story	Load Case/Combo	Direction	δ_{ex}	$\delta_{xe} = (\delta_{ex}-\delta_{ex-1})$	$\Delta_x = \delta_{xe} \frac{c_{dx}}{I_e}$	h_{sx} (mm)	$\Delta_{ijin} = 0.020 h_{sx}$	Cek
16	ENVELOPE Max	X	1011.681	47.392	260.656	4270	85.4	not OK
15	ENVELOPE Max	X	964.289	59.993	329.9615	4270	85.4	not OK
14	ENVELOPE Max	X	904.296	71.291	392.1005	4270	85.4	not OK
13	ENVELOPE Max	X	833.005	73.933	406.6315	4270	85.4	not OK
12	ENVELOPE Max	X	759.072	70.546	388.003	4270	85.4	not OK
11	ENVELOPE Max	X	688.526	73.692	405.306	4270	85.4	not OK
10	ENVELOPE Max	X	614.834	76.618	421.399	4270	85.4	not OK
9	ENVELOPE Max	X	538.216	76.553	421.0415	4270	85.4	not OK
8	ENVELOPE Max	X	461.663	73.772	405.746	4270	85.4	not OK
7	ENVELOPE Max	X	387.891	73.254	402.897	4270	85.4	not OK
6	ENVELOPE Max	X	314.637	71.268	391.974	4270	85.4	not OK
5	ENVELOPE Max	X	243.369	65.569	360.6295	4270	85.4	not OK
4	ENVELOPE Max	X	177.8	56.718	311.949	4270	85.4	not OK

Tabel L.25: *Lanjutan*

Story	Load Case/Combo	Direction	δ_{ey}	$\delta_{ye} = (\delta_{ey} - \delta_{ey-1})$	$\Delta_y = \delta_{ye} \frac{c_{dy}}{I_e}$	h_{sy} (mm)	$\Delta_{ijin} = 0.020 h_{sy}$	Cek
3	ENVELOPE Max	X	121.082	50.568	278.124	4270	85.4	not OK
2	ENVELOPE Max	X	70.514	41.692	229.306	4270	85.4	not OK
1	ENVELOPE Max	X	28.822	28.822	158.521	5490	109.8	not OK

Berdasarkan Tabel L.25, seluruh simpangan antar tingkat terhadap arah X telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δ_{ijin} .

A.3. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

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

Tabel L.26: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

TABEL KETIDAKBERATURAN TINGKAT LUNAK				
Story	<i>Stiffness X (kN/m)</i>	Cek	<i>Stiffness Y (kN/m)</i>	Cek
4	42903.01		75960.873	
3	51598.479	OK	117931.964	OK
2	58064.327	OK	152161.645	OK
1	82828.737	OK	177165.837	OK

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

Tabel L.27: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

TABEL KETIDAKBERATURAN TINGKAT LUNAK				
Story	<i>Stiffness X (kN/m)</i>	Cek	<i>Stiffness Y (kN/m)</i>	Cek
8	30438.599		45682.359	
7	39365.781	OK	64260.15	OK
6	45073.706	OK	77967.829	OK
5	53381.099	OK	93588.003	OK
4	63514.406	OK	117099.191	OK
3	70894.293	OK	151261.887	OK
2	88167.437	OK	196186.964	OK
1	123314.474	OK	249062.863	OK

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

Tabel L.28: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah X dan arah Y.

TABEL KETIDAKBERATURAN TINGKAT LUNAK				
Story	Stiffness X (kN/m)	Cek	Stiffness Y (kN/m)	Cek
16	25123.72		17585.263	
15	43115.346	OK	34772.453	OK
14	53902.047	OK	47424.521	OK
13	67294.162	OK	58139.219	OK
12	85539.976	OK	68532.436	OK
11	94603.012	OK	83909.33	OK
10	102152.711	OK	101195.504	OK
9	112341.606	OK	117810.718	OK
8	126194.454	OK	134790.901	OK
7	135216.438	OK	159146.645	OK
6	146164.773	OK	184662.022	OK
5	165461.431	OK	216629.718	OK
4	198563.755	OK	263366.354	OK
3	229675.902	OK	324457.478	OK
2	286541.084	OK	404119.31	OK
1	427481.535	OK	589067.49	OK

A.4. Pengaruh Efek P-Delta

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

Tabel L.29: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	Δx	Ie	Vx	hsx	Cdx	$\theta_x = \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}$	Cek
4	6074.98	58.498	1	401.4942	4270	5.50	0.037689099	P-Δ dapat diabaikan
3	14601	76.802	1	589.9145	4270	5.50	0.080942355	P-Δ dapat diabaikan
2	23127.9	87.659	1	726.9398	4270	5.50	0.118752798	Lakukan skala ulang
1	31682.9	74.6405	1	894.1076	5490	5.50	0.08759406	P-Δ dapat diabaikan

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

Tabel L.30: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah Y.

Story	Px	Δx	Ie	Vx	hsx	Cdx	$\theta_x = \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}$	Cek
8	6074.98	58.498	1	401.4942	4270	5.50	0.037689099	P-Δ dapat diabaikan
7	14601	76.802	1	589.9145	4270	5.50	0.080942355	P-Δ dapat diabaikan
6	23127.9	87.659	1	726.9398	4270	5.50	0.118752798	Lakukan skala ulang
5	31682.9	74.6405	1	894.1076	5490	5.50	0.08759406	P-Δ dapat diabaikan
4	6074.98	58.498	1	401.4942	4270	5.50	0.037689099	P-Δ dapat diabaikan
3	14601	76.802	1	589.9145	4270	5.50	0.080942355	P-Δ dapat diabaikan
2	23127.9	87.659	1	726.9398	4270	5.50	0.118752798	Lakukan skala ulang
1	31682.9	74.6405	1	894.1076	5490	5.50	0.08759406	P-Δ dapat diabaikan

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

Tabel L.31: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan untuk arah X.

Story	Px	Δx	Ie	Vx	hsx	Cdx	$\theta_x = \frac{P_x \Delta x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}$	Cek
16	6083.2	260.656	1	1194.634	4270	5.50	0.056516403	P-Δ dapat diabaikan
15	14562	329.962	1	2575.299	4270	5.50	0.079444987	P-Δ dapat diabaikan
14	23040.6	392.101	1	3782.161	4270	5.50	0.101709413	Lakukan skala ulang
13	31553.1	406.632	1	4848.927	4270	5.50	0.112669598	Lakukan skala ulang
12	40093.6	388.003	1	5812.769	4270	5.50	0.113955839	Lakukan skala ulang
11	48680.1	405.306	1	6689.144	4270	5.50	0.125595356	Lakukan skala ulang
10	57266.7	421.399	1	7477.378	4270	5.50	0.137421783	Lakukan skala ulang
9	65907.2	421.042	1	8179.528	4270	5.50	0.144457184	Lakukan skala ulang
8	74556.6	405.746	1	8799.422	4270	5.50	0.146384662	Lakukan skala ulang
7	83257.9	402.897	1	9338.182	4270	5.50	0.152955962	Lakukan skala ulang
6	91960.5	391.974	1	9792.243	4270	5.50	0.156742145	Lakukan skala ulang
5	100716	360.63	1	10162.16	4270	5.50	0.152188939	Lakukan skala ulang
4	109489	311.949	1	10454.21	4270	5.50	0.139114302	Lakukan skala ulang
3	118354	278.124	1	10670.86	4270	5.50	0.131350368	Lakukan skala ulang

Tabel L.31: *Lanjutan*

Story	Px	Δx	Ie	Vx	hsx	Cdx	$\theta_x = \frac{P_x \Delta_x I_e}{V_x h_{sx} C_{dx}}$	Cek
2	127219	229.306	1	10807.19	4270	5.50	0.114937755	Lakukan skala ulang
1	136238	158.521	1	10866.46	5490	5.50	0.065820433	P- Δ dapat diabaikan

A.10. Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur Gedung 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 baja yaitu Gempa Berulang.

A.10.1. Story Drift

1. Model 1

Tabel L.32: *Story Drift* untuk Model 1 Non Linear.

STORY	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.2774	0.6615	0.3646	0.1586	0.2848	0.2312	0.6222	0.2533	0.1735	0.2163	0.2274	0.2145	0.1843	0.353	0.3202
2	0.3413	0.6182	0.4183	0.2602	0.3477	0.3345	1.05	0.26	0.274	0.3107	0.3622	0.3979	0.2466	0.4475	0.5184
3	0.4567	1.136	0.5035	0.4176	0.406	0.4853	1.327	0.4135	0.456	0.4299	0.5524	0.5967	0.2846	0.6233	0.9413
4	0.6642	1.884	0.9616	0.668	0.665	0.7247	1.475	0.7263	0.5927	0.5649	0.7438	0.7775	0.3969	0.8361	1.21

Tabel L.32: *Lanjutan*

STORY	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	AVERAGE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.4394	0.2878	0.3102	0.5506	0.3236	0.2525	0.5732	0.3406	0.2011	0.4482	0.3308
2	0.4923	0.4663	0.484	0.7926	0.4756	0.3687	0.8401	0.505	0.3373	0.5688	0.460728
3	0.6266	0.5674	0.7572	1.125	0.5594	0.5049	1.024	0.9073	0.6162	1.047	0.670592
4	0.9906	0.6565	1.041	1.5	0.8119	0.6888	1.336	1.217	0.8294	1.395	0.934276

2. Model 2

Tabel L.33: *Story Drift* untuk Model 2 Non Linear.

STORY	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.266	0.458	1.166	0.4504	0.609	0.3285	0.1726	0.6897	0.3642	0.3328	0.4105	0.3083	0.5555	0.4679	0.4026
2	0.4103	0.6492	1.562	0.5883	0.6256	0.5097	0.2615	0.9166	0.5105	0.492	0.6373	0.4833	0.6815	0.6259	0.5292
3	0.5029	0.646	1.575	0.5948	0.7167	0.5972	0.3302	1.009	0.6464	0.6364	0.8071	0.6051	0.7485	0.6779	0.5897
4	0.5869	0.6764	1.976	0.6552	1.149	0.6452	0.4015	1.301	0.7713	0.7271	0.9327	0.6876	0.8456	0.7807	0.7527
5	0.6259	0.825	1.455	0.7511	0.9983	0.6807	0.4642	1.016	0.8196	0.7764	0.9758	0.7552	0.8845	1.166	0.816
6	0.9979	1.051	1.611	1.012	0.8074	0.7445	0.5733	1.402	1.064	0.9247	1.108	0.8502	0.7463	1.561	1.046
7	1.082	0.8341	2.412	1.238	1.027	0.9019	0.7437	1.282	1.054	1.111	1.447	1.171	0.9182	1.788	1.209
8	1.589	1.58	2.791	1.939	1.651	1.245	1.021	2.395	1.455	1.319	2.241	1.753	1.432	1.878	1.898

Tabel L.33: *Lanjutan*

STORY	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	AVERAGE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.2155	0.1731	0.1846	0.1272	0.5157	0.1857	0.2504	0.3178	0.4504	0.4487	0.394044
2	0.3202	0.278	0.3137	0.2245	0.6626	0.2954	0.3935	0.5157	0.7068	0.706	0.555972
3	0.3774	0.3711	0.4117	0.3023	0.7183	0.3489	0.5468	0.7102	0.8947	0.784	0.645932
4	0.4678	0.4578	0.4808	0.3541	0.7443	0.4373	0.6403	0.9751	1.052	0.8174	0.772632
5	0.4444	0.5562	0.589	0.4255	0.8998	0.4845	0.6372	1.206	1.099	0.9163	0.810704
6	0.54	0.7873	0.7898	0.5137	1.275	0.5176	0.685	1.363	1.232	0.983	0.967428
7	0.7402	0.9443	1.017	0.5209	1.577	0.7299	0.8815	1.514	1.536	1.37	1.161988
8	0.7715	1.12	1.204	0.6788	1.812	0.8812	1.254	1.996	2.393	2.151	1.61794

Model 3

Tabel L.34: *Story Drift* untuk Model 3 Non Linear.

STORY	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.187	0.5434	1.27	0.1496	0.685	0.3498	0.2262	0.5407	0.1809	0.1454	0.2951	0.2243	0.8582	0.1549	0.2637
2	0.3133	0.8493	1.878	0.2238	0.9982	0.5718	0.3692	0.8242	0.2915	0.2293	0.4828	0.3691	1.273	0.2567	0.424
3	0.4131	1.025	2.121	0.2659	1.122	0.727	0.4719	0.9437	0.3791	0.2806	0.6182	0.4788	1.47	0.3351	0.5385
4	0.4835	1.11	2.118	0.2957	1.132	0.831	0.5403	1.032	0.4562	0.3049	0.7055	0.5609	1.529	0.3905	0.6161
5	0.5347	1.137	1.937	0.315	1.052	0.9673	0.5757	1.05	0.5231	0.3277	0.7483	0.6121	1.468	0.422	0.6647
6	0.5837	1.124	1.756	0.3328	0.9904	1.076	0.5959	1.032	0.5625	0.3594	0.7697	0.6387	1.413	0.4364	0.694
7	0.6422	1.073	1.534	0.3458	0.9585	1.208	0.6185	0.9948	0.5691	0.3846	0.7657	0.6323	1.316	0.4359	0.7144
8	0.6986	1.043	1.453	0.3576	0.9805	1.34	0.6527	1.015	0.5675	0.4118	0.7563	0.607	1.269	0.4324	0.7517
9	0.7574	0.9844	1.211	0.3684	0.9354	1.439	0.6551	1.01	0.5372	0.4428	0.6935	0.5376	1.211	0.4248	0.7294
10	0.8276	0.949	1.076	0.4081	0.9731	1.53	0.6485	1.022	0.5046	0.4858	0.636	0.4442	1.186	0.467	0.6651
11	0.8796	0.9243	1.058	0.4602	1.075	1.592	0.6587	1.061	0.4647	0.5232	0.6348	0.4878	1.266	0.5139	0.6142
12	0.8964	0.8406	1.04	0.5082	1.135	1.613	0.7032	1.131	0.4201	0.5376	0.669	0.5964	1.299	0.54	0.5943
13	0.9	0.6339	0.9391	0.5009	1.126	1.541	0.6834	1.124	0.4743	0.5259	0.6655	0.6395	1.211	0.5681	0.5427
14	0.9366	0.4542	0.948	0.4918	1.041	1.421	0.6426	1.151	0.5059	0.569	0.6458	0.6924	1.172	0.5919	0.5596
15	0.9404	0.4057	0.7394	0.4031	0.9663	1.378	0.57	1.129	0.4994	0.5011	0.7117	0.615	1.118	0.5691	0.6127
16	1.044	0.5275	0.8137	0.4408	1.006	1.549	0.6612	1.209	0.6348	0.6522	0.8253	0.6026	1.218	0.6139	0.777

Tabel L.34: *Lanjutan*

STORY	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	AVERAGE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.3553	0.1139	0.11	0.2111	0.1199	0.1981	0.2012	0.1224	0.3652	0.4569	0.333128
2	0.5739	0.1821	0.1755	0.3577	0.1774	0.3029	0.2972	0.1874	0.5988	0.721	0.517124
3	0.7204	0.2339	0.2204	0.4825	0.2292	0.3875	0.3691	0.2189	0.7681	0.8766	0.62786
4	0.8618	0.2852	0.2573	0.5837	0.2718	0.4536	0.4378	0.2373	0.8786	0.9516	0.692972
5	0.9759	0.3337	0.2924	0.6671	0.3076	0.498	0.4841	0.2536	0.9344	0.9713	0.722108
6	1.1	0.3768	0.3233	0.7393	0.3383	0.531	0.5115	0.2738	0.9608	0.9793	0.739944
7	1.203	0.4183	0.3469	0.8	0.3598	0.5729	0.5271	0.2974	0.9519	0.9487	0.744752
8	1.288	0.467	0.3637	0.8535	0.3717	0.6072	0.539	0.3182	0.9423	0.9227	0.760376
9	1.366	0.5086	0.3684	0.8709	0.3761	0.6311	0.5323	0.339	0.8737	0.827	0.745204
10	1.482	0.5357	0.3612	0.869	0.3884	0.6451	0.5299	0.4092	0.7852	0.8524	0.747244
11	1.594	0.5428	0.361	0.8487	0.3996	0.693	0.5575	0.4823	0.7224	0.8654	0.771204
12	1.669	0.5091	0.3742	0.7874	0.3898	0.7361	0.5519	0.5119	0.6087	0.8448	0.780268
13	1.688	0.4903	0.3615	0.7482	0.3724	0.7485	0.4911	0.496	0.5952	0.771	0.7535
14	1.596	0.4816	0.3521	0.7396	0.4107	0.7608	0.5729	0.4521	0.6479	0.683	0.74078
15	1.383	0.5012	0.3969	0.7133	0.362	0.6688	0.4746	0.4975	0.7001	0.5579	0.696568
16	1.627	0.5983	0.5099	0.9087	0.4255	0.8596	0.6674	0.6042	0.873	0.5842	0.809312

A.10.2. *Interstory Drift*

1. Model 1

Tabel L.38: *Interstory Drift* untuk model 1 Non Linear.

STORY	INTERSTORY DRIFT
4	0.557
3	0.557
3	0.277
2	0.277
2	0.3885
1	0.3885
1	0.6615
0	0.6615

2. Model 2

Tabel L.39: *Interstory Drift* untuk model 2 Non Linear.

STORY	INTERSTORY DRIFT	INTERSTORY DRIFT
8	0.379	0.379
7	0.379	0.379
7	0.801	0.801
6	0.801	0.801
6	0.156	0.156
5	0.156	0.156
5	-0.521	0.521
4	-0.521	0.521
4	0.401	0.401
3	0.401	0.401
3	0.013	0.013
2	0.013	0.013
2	0.396	0.396
1	0.396	0.396
1	1.166	1.166
0	1.166	1.166

3. Model 3

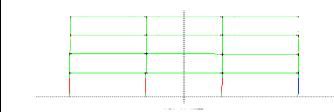
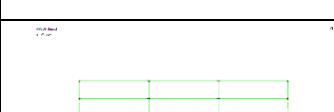
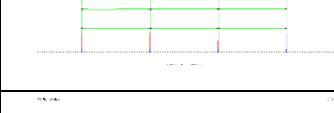
Tabel L.40: *Interstory Drift* untuk model 3 Non Linear.

STORY	INTERSTORY DRIFT	
16	0.244	0.244
15	0.244	0.244
15	-0.213	0.213
14	-0.213	0.213
14	-0.092	0.092
13	-0.092	0.092
13	0.019	0.019
12	0.019	0.019
12	0.075	0.075
11	0.075	0.075
11	0.064	0.064
10	0.064	0.064
10	0.091	0.091
9	0.091	0.091
9	-0.014	0.014
8	-0.014	0.014
8	-0.081	0.081
7	-0.081	0.081
7	-0.222	0.222
6	-0.222	0.222
6	-0.181	0.181
5	-0.181	0.181
5	-0.181	0.181
4	-0.181	0.181
4	-0.003	0.003
3	-0.003	0.003
3	0.243	0.243
2	0.243	0.243
2	0.608	0.608
1	0.608	0.608
1	1.27	1.27
0	1.27	1.27

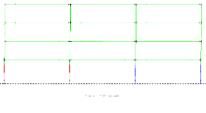
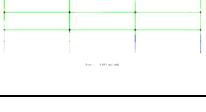
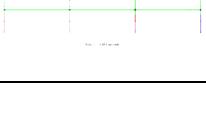
A.10.3.Pola Keruntuhan

1. Model 1

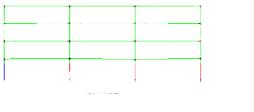
Tabel L.72: Pola Keruntuhan untuk model 1

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.5	
Gs2	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.8	
Gs3	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.3	
Gs4	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.1	
Gs5	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.55	
Gs6	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.4	
Gs7	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.7	
Gs8	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.55	

Tabel L.7: Lanjutan

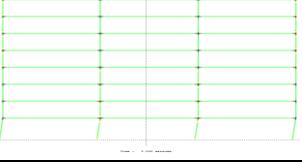
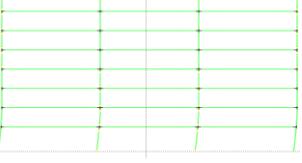
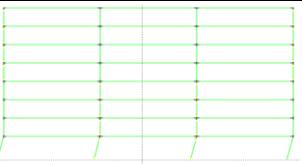
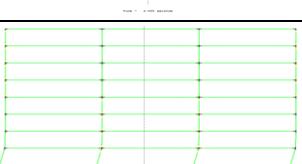
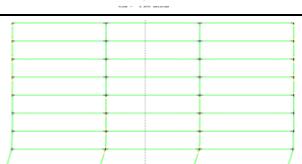
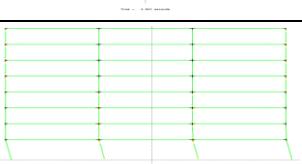
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs9	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.8	
Gs10	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.9	
Gs11	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.3	
Gs12	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.25	
Gs13	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.1	
Gs14	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.1	
Gs15	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.2	
Gs16	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.6	
Gs17	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.05	

Tabel L.73: *Lanjutan*

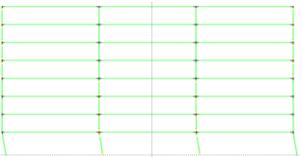
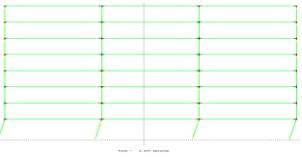
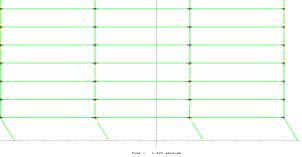
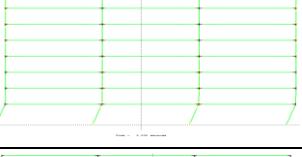
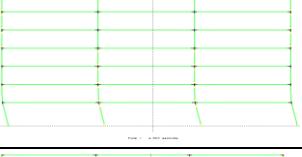
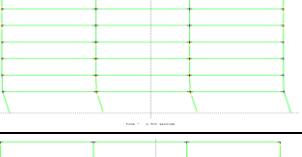
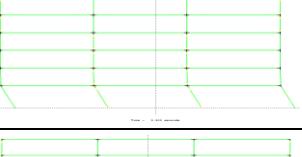
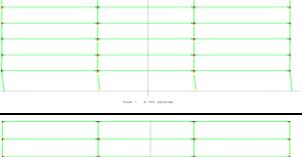
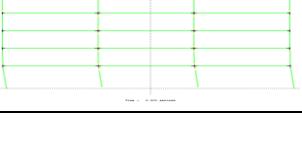
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs18	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.6	
Gs19	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.1	
Gs20	Soft Story	Kolom	Dasar	-	6.45	
Gs21	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.05	
Gs22	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.5	
Gs23	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.4	
Gs24	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.25	
Gs25	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.5	

2. Model 2

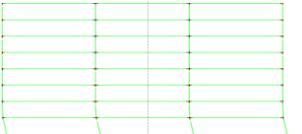
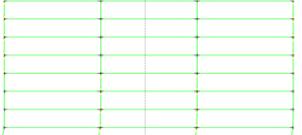
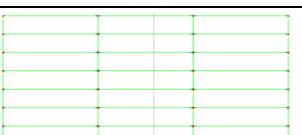
Tabel L.7: Pola Keruntuhan untuk model 2

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.5	
Gs2	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.1	
Gs3	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.7	
Gs4	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.7	
Gs5	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.8	
Gs6	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.5	
Gs7	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.5	
Gs8	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.5	

Tabel L.7: *Lanjutan*

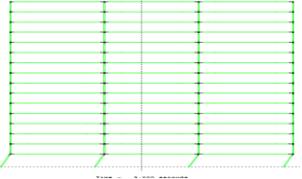
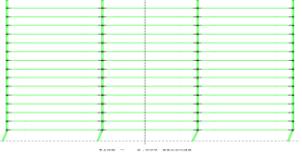
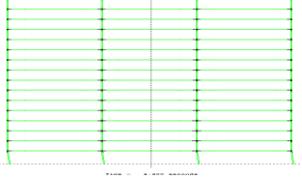
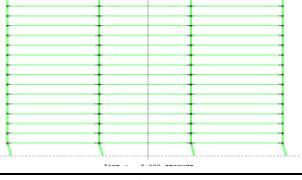
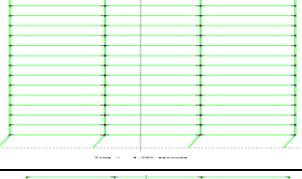
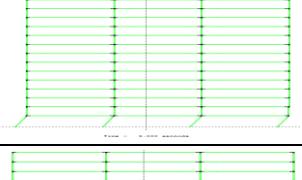
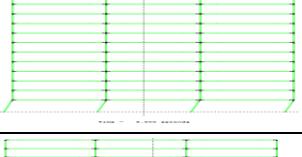
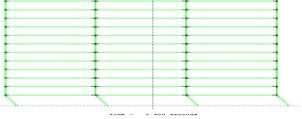
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs9	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.2	
Gs10	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.3	
Gs11	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.5	
Gs12	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.1	
Gs13	Soft Story	Kolom	Dasar	-	4.5	
Gs14	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.9	
Gs15	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.3	
Gs16	Soft Story	Kolom	Dasar	-	6.7	
Gs17	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.3	

Tabel L.7: *Lanjutan*

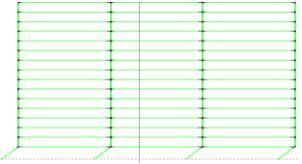
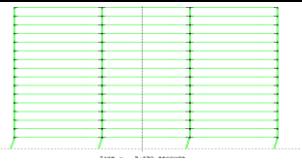
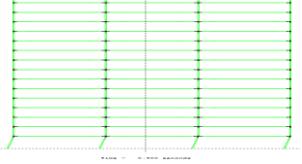
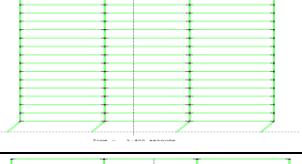
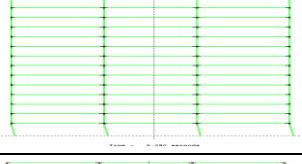
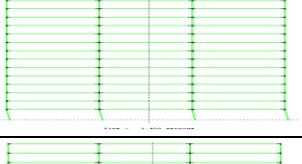
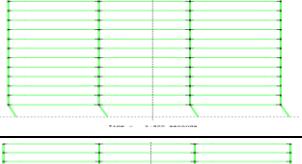
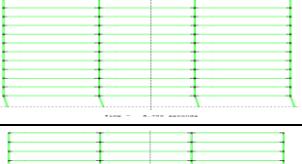
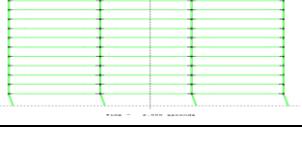
Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs18	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.9	
Gs19	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3	
Gs20	Soft Story	Kolom	Dasar	-	6.45	
Gs21	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.2	
Gs22	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.6	
Gs23	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.7	
Gs24	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.9	
Gs25	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.2	

3. Model 3

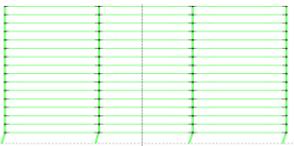
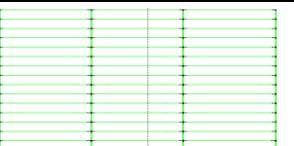
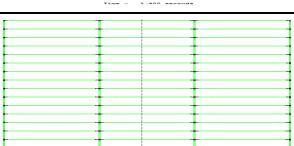
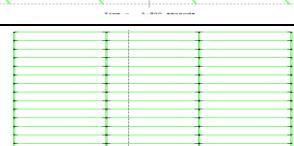
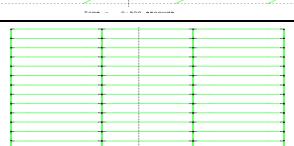
Tabel L.7: Pola Keruntuhan untuk model 2

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs1	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.0	
Gs2	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.0	
Gs3	Soft Story	Kolom	Dasar	-	4.6	
Gs4	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.1	
Gs5	Soft Story	Kolom	Dasar	-	4.05	
Gs6	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.00	
Gs7	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3	
Gs8	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.9	

Tabel L.7: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs9	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.1	
Gs10	Soft Story	Kolom	Dasar	-	5.25	
Gs11	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.5	
Gs12	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.4	
Gs13	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.05	
Gs14	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.6	
Gs15	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.8	
Gs16	Soft Story	Kolom	Dasar	-	5.7	
Gs17	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2	

Tabel L.7: *Lanjutan*

Rekaman Gempa	Kondisi	Elemen	Lantai	Arah keruntuhan	Period (sec)	Gambar
Gs18	Soft Story	Kolom	Dasar	-	2.7	
Gs19	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.80	
Gs20	Soft Story	Kolom	Dasar	-	10.4	
Gs21	Soft Story	Kolom	Dasar	-	3.2	
Gs22	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1	
Gs23	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.5	
Gs24	Soft Story	Kolom	Dasar	-	0.9	
Gs25	Soft Story	Kolom	Dasar	-	1.2	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Mohammad Alfiansyah
Panggilan : Alfi
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Lampung, 22 Januari 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Garu 2a Gg. Rambutan No. 7n, Medan Amplas,
Kota Medan, Sumatera Utara
Agama : Islam

Nama Orang Tua

Ayah : Ir. Azhar
Ibu : Shita Tiara, SE, Ak, M.Si
No. HP : +62852-6161-8526
E-mail : mohd.alfi22@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210144
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	SDN 060812 Medan	2010
2	SMP	SMPN 6 Medan	2013
3	SMA	SMAN 5 Medan	2016
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		

