

TUGAS AKHIR

KINERJA GEMPA STRUKTUR BAJA SRPMK MEMAKAI BRESING EKSENTRIS AKIBAT GEMPA BERULANG (STUDI LITERATUR)

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

Disusun oleh:

TAUFIQURRAHMAN MG
1707210171



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 : Taufiqurrahman Mg
NPM : 1707210171
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kinerja Gempa Struktur Baja SRPMK Memakai Bresing
Eksentris 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 : Taufiqurrahman Mg
NPM : 1707210171
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kinerja Gempa Struktur Baja SRPMK Memakai Bresing
Eksentris 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.

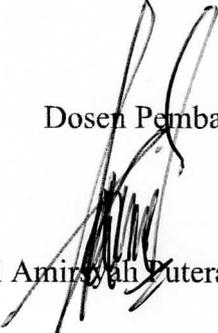
Medan, 09 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing


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

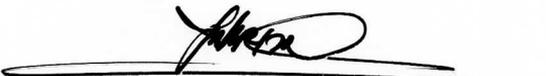
Dosen Pembanding I


Tondi Amiriyah Putera, S.T., M.T

Dosen Pembanding II


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

Ketua Prodi Teknik Sipil


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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Taufiqurrahman Mg
Tempat/Tanggal Lahir : Medan /03 Desember 1999
NPM : 1707210171
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Kinerja Gempa Struktur Baja SRPMK Memakai Bresing Eksentris Akibat Gempa Berulang (Studi Literatur).”

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

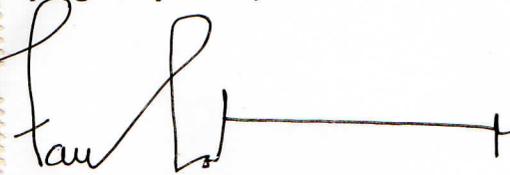
Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

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

Medan, 09 Februari 2022

Saya yang menyatakan,




Taufiqurrahman Mg

ABSTRAK

KINERJA GEMPA STRUKTUR BAJA SRPMK MEMAKAI BRESING EKSENTRIS AKIBAT GEMPA BERULANG

Taufiqurrahman Mg
1707210171
Ade Faisal,S.T.,M.Sc.,PhD

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Tidak jarang gempa datang secara berulang (gempa susulan) terkhusus wilayah Indonesia yang merupakan wilayah zona gempa. Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa terkhusus gempa yang datang secara berulang yang memberikan energi lebih besar dibandingkan dengan gempa tunggal. Pada tugas akhir ini direncanakan struktur baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memakai bresing ekesentris 2 dimensi pada 3 model struktur yang difungsikan sebagai gedung perkantoran yang terletak di daerah Padang Pariaman. Model 1 memiliki tinggi 18.3 m (4 lantai) bentang 30.48 m dengan jenis tanah sedang (SD), Model 2 memiliki tinggi 35.4 m (8 lantai) bentang 30.48 m dengan jenis tanah sedang (SD), Model 3 memiliki tinggi 69.5 m (16 lantai) bentang 30.48 m dengan jenis tanah sedang (SD). Hasil analisa yang diperoleh menunjukkan nilai Top Displacement dalam ketiga model dipengaruhi oleh nilai perioda setiap modelnya dan berat bangunan itu sendiri. Nilai top displacement maksimum terjadi pada model 3 dan nilai ratio maksimum terjadi pada model 1. Nilai maksimum untuk simpangan antar lantai terjadi pada struktur model 3.

Kata Kunci : Gempa Berulang, SRPMK, Baja, Bresing Ekesentris

ABSTRACT

PERFORMANCE OF SRPMK STEEL STRUCTURE EARTHQUAKE USING ECCENTRIC BRACING DUE TO REPEAT EARTHQUAKES

Taufiqurrahman Mg
1707210171
Ade Faisal,S.T.,M.Sc.,PhD

Earthquakes are a natural phenomenon caused by the release of elastic strain energy of rocks in the lithosphere. It is not uncommon for earthquakes to come repeatedly (aftershocks) especially in Indonesia, which is an earthquake zone. earthquakes that come repeatedly which provide more energy than a single earthquake. In this final project, a special moment resisting frame system (SRPMK) is planned using 2-dimensional eccentric braces on 3 structural models that function as office buildings located in the Padang Pariaman area .Model 1 has a height of 18.3 m (4 floors) spans 30.48 m with medium soil type (SD), Model 2 has a height of 35.4 m (8 floors) spans 30.48 m with medium soil type (SD), Model 3 has a height of 69.5 m (16 floors) span of 30.48 m with medium soil type (SD). The analysis results obtained show the value of Top Displacement in the three models is influenced by the period value of each model and the weight of the building itself. The maximum top displacement value occurs in model 3 and the maximum ratio value occurs in model 1. The maximum value for the displacement between floors occurs in the model 3 structure.

Keywords :Earthquake Repeated,SRPMK,Steel,Eccentric Braces

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kinerja Gempa Struktur Baja SRPMK Memakai Bresing Eksentris Akibat Gempa Berulang”. 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc.Prof.Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II dan juga Ketua Program Studi yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
6. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Ibrahim Margolang dan Ibunda Suaida Yanti Rangkuti, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kakak dan Adik penulis Aisah Lutfiah dan Putri Rahmadhani yang selalu

memberi semangat dan dukungan kepada penulis.

8. Terima kasih kepada teman-teman Earthquake Engineering Research Group yang telah banyak memberikan pemikiran dan inovasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin Namanya disebut satu persatu yang telah membantu dan memotivasi selama menyelesaikan tugas akhir ini.
10. 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

Taufiqurrahman Mg

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	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 <i>Ground motion</i> (Getaran tanah)	7
2.2.1 Gempa Berulang	8
2.3 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019	8
2.4 Struktur Baja	8
2.5 Kekakuan Struktur	8
2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen	9
2.7 Bresing	9
2.7.1 Sistem rangka <i>bracing</i> konsentrik	10
2.7.2 Sistem rangka <i>bracing</i> eksentrik	10
2.7.3 Tipe-tipe rangka <i>bracing</i> pada umumnya	11
2.8 Pemodelan Balok Link	11

2.9 Daktilitas Struktur Bangunan	13
2.10 Momen leleh (M_y)	13
2.11 Kapasitas Rotasi (θ_p)	14
2.12 Rotasi leleh (θ_y)	14
2.13 Prosedur Nonlinier Pada Bresing Eksentris (EBF)	15
2.14 Struktur Tahan Gempa	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.2 Permodelan Struktur	18
3.2.1 Data Perencanaan Struktur	18
3.2.2 Konfigurasi Bangunan	18
3.2.3 Dimensi Profil Baja yang digunakan	22
3.3 Prosedur Analisa	23
3.3.1 Prosedur Analisa Dinamik Struktur Linier	23
3.3.2 Prosedur Analisa Dinamik Struktur Nonlinear	24
3.3.3 Pembebanan	25
3.4 Respon Spektrum Desain Gempa	26
3.4.1 Desain Respon Spektrum Padang Pariaman (Tanah Sedang)	26
3.4.2 Kombinasi Pembebanan	27
3.5 Analisis Dinamik Struktur Non Linier	28
3.5.1 Groundmotion Records	28
3.5.2 Pemodelan Struktur pada Program RUAUMOKO2D	29
3.5.3 Analisis Respon Riwayat Waktu	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier	34
4.2 Hasil Analisa Ragam	34
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	34
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	35
4.2.3 Koreksi Faktor Redudansi	35
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	36
4.2.5 Pengaruh Efek P - Delta	36
4.3 Hasil Analisa <i>Interstory drift</i>	36
4.4 Hasil Simpangan Atap	44
BAB 5 KESIMPULAN	46

5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1: Spektrum respon percepatan rekaman gempa Chi-Chi pada stasiun Chy088 yang terjadi berulang kali dalam rentang waktu dari 20-25 September 1999.	3
Gambar 2.1: Respons spektra 21 rekaman ground motions dan rata-rata respons spektrum desain dengan.	7
Gambar 2.2: Histeresis di sendi plastis yang stabil	9
Gambar 2.3: Rangka Bracing Konsentrik.	11
Gambar 2.4: Rangka Bracing Eksentrik.	11
Gambar 2.5: Skema Pemodelan Analitik Bresing Eksentris (EBF)	16
Gambar 3.1: Bagan alur penelitian.	17
Gambar 3.2: Denah struktur Model.	19
Gambar 3.3: proyeksi struktur Model.	21
Gambar 3.4: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019 Kota Padang Pariaman dengan jenis tanah sedang.	26
Gambar 3.5: Bentuk pemodelan struktur yang akan digunakan didalam program RUAUMOKO2D.	30
Gambar 3.6: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum.	31
Gambar 3.7: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum.	31
Gambar 3.8 Respon spektrum dengan 25 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia (Padang Pariaman).	31
Gambar 3.9: Rekaman gempa berulang LA Hollywood Stor FF Main Shock dan After Shock setelah digabungkan.	32
Gambar 4.1: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa linear gempa berulang.	37
Gambar 4.2: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa Linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	38
Gambar 4.3: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa nonlinear Gempa Berulang.	38
Gambar 4.4: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa Nonlinear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	39

Gambar 4.5: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa linear Gempa Berulang.	39
Gambar 4.6: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	40
Gambar 4.7: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Nonlinear Gempa Berulang.	41
Gambar 4.8: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Nonlinear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	42
Gambar 4.9: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa Linear Gempa Berulang.	42
Gambar 4.10: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	43
Gambar 4.11: Nilai story drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa Nonlinear Gempa Berulang.	43
Gambar 4.12: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal.	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1: Contoh kejadian gempa yang berulang terjadi pada satu lokasi.	2
Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan.	22
Tabel 3.2: Kombinasi Pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1,3$, $S_{DS} = 0,92$.	27
Tabel 3.3: Data Rekaman Gempa Berulang.	28
Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt.	35
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.	36
Tabel 4.3: Rasio simpangan atap (<i>Top Displacement</i>).	45

DAFTAR NOTASI

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

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

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang cukup rawan akan terjadinya gempa bumi, itu dikarenakan Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Indonesia memiliki beberapa sejarah tentang gempa, gempa terbesar yang pernah terjadi di Indonesia merupakan gempa di Aceh dengan kekuatan 9,1-9,3 SR yang disertai dengan Tsunami. Gempa merupakan ancaman berbahaya bagi bangunan. Beban gempa adalah salah satu beban yang harus diperhitungkan jika kita mendesain suatu bangunan di daerah yang rawan gempa, besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh struktur bangunannya. Oleh sebab itu dibutuhkan sistem struktur penahan beban gempa. Dari berbagai macam sistem struktur pada SNI 1726:2012 digunakan jenis sistem yaitu sistem Bresing Eksentris. Perencanaan struktur harus sedetail mungkin sehingga bangunan yang direncanakan mampu menyumbangkan kekuatan terhadap gempa. Gedung-gedung yang memiliki ketahanan terhadap gempa dapat direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

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

Gempa berulang bisa saja terjadi tidak lama setelah gempa awal berlangsung yang dapat memberikan kerusakan lebih lanjut bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan pada struktur bangunan. Pada beberapa kasus intensitas gempa berulang sering kali lebih besar daripada gempa awal yang mengakibatkan kemungkinan

runtuhnya suatu struktur semakin besar. Tabel 1.1 menunjukkan sejumlah kejadian-kejadian gempa yang berulang pada 1 lokasi. Tampak bahwa magnituda antara dua (atau lebih) gempa tidak terlalu jauh perbedaannya.

Suatu struktur bangunan dituntut harus mampu menahan gaya-gaya vertical (beban gravitasi) dan gaya-gaya horizontal (beban angin maupun beban gempa) baik gempa dengan skala tunggal maupun berulang. Dalam merencanakan suatu struktur bertingkat tahan gempa, salah satu hal yang perlu dipahami adalah konfigurasi bangunan dan pengaruhnya terhadap beban gempa. Pengaruh yang dimaksud adalah kemungkinan perilaku/respon akibat beban gempa. Konfigurasi bangunan merupakan sesuatu yang berhubungan dengan bentuk, ukuran, macam dan penempatan struktur utama bangunan serta macam dan penempatan bagian pengisi atau *nonstructural element*.

Untuk bangunan yang mengalami gempa berulang, tentunya kehancuran yang terjadi pada bangunan tersebut meningkat seiring dengan berlangsungnya gempa dengan periode tertentu. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri. Oleh sebab itu bangunan struktur baja menggunakan Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan sistem ganda menggunakan Bresing Eksentris untuk meningkatkan kekakuan pada struktur Gedung

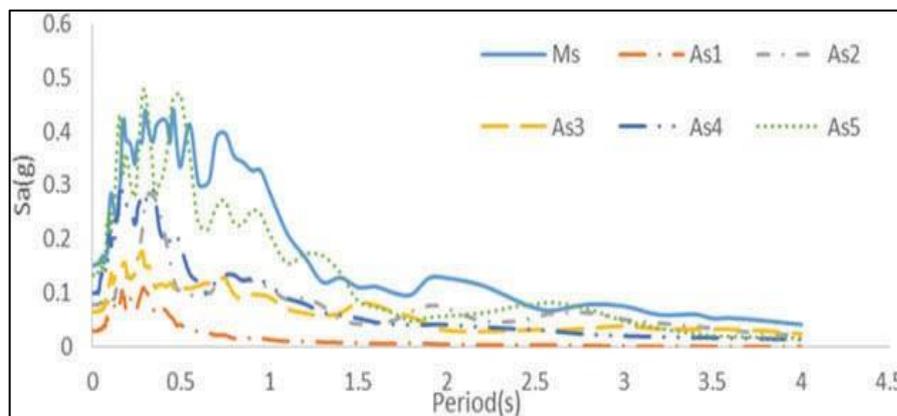
Tabel 1.1: Contoh kejadian gempa yang berulang terjadi pada satu lokasi (Abdollahzadeh dkk. 2017).

Earthquake name	Date	Time	M_w	Number of selected records
Hollister	4/9/61	7:23	5.6	1
	4/9/61	7:25	5.5	
Whittier; Narrows	10/01/8 7	14:42	6.0	2

Tabel 1.1: *Lanjutan*

	10/04/8 7	10:59	5.3	
Irpinia, Italy	11/23/8 0	19:34	6.9	1
	11/23/8 0	19:35	6.2	
Livermore	1/27/80	19:00	5.8	1
	1/29/80	02:33	5.4	
Chi-Chi, Taiwan	9/20/99	9:20	7.6	28
	9/20/99	17:57	5.9	
	9/20/99	18:03	6.2	
	9/22/99	00:14	6.2	
	9/25/99	23:52	6.3	

Gambar 1.1 menjelaskan respon spektrum rekaman percepatan gempa yang terjadi berulang kali pada satu lokasi, yaitu Gempa Chi-Chi (Taiwan) yang terekam pada stasiun Chy088.



Gambar 1.1: Spektrum respon percepatan rekaman gempa Chi-Chi pada stasiun Chy088 yang terjadi berulang kali dalam rentang waktu dari 20-25 September 1999 (Abdollahzadeh dkk, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku simpangan antar tingkat yang terjadi akibat gempa berulang pada struktur baja SRPMK memakai bresing eksentris
2. Bagaimana perilaku simpangan atap yang terjadi akibat gempa berulang pada struktur baja SRPMK memakai bresing eksentris

1.3 Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui perilaku simpangan antar tingkat yang terjadi akibat gempa berulang pada struktur baja SRPMK memakai bresing eksentris
2. Untuk mengetahui perilaku simpangan atap yang terjadi akibat gempa berulang pada struktur baja SRPMK memakai bresing eksentris

1.4 Ruang Lingkup

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan :
 - Struktur Baja Pemikul Momen Khusus Dengan menggunakan Bressing Eksentris (SRPMK) 2Dimensi pada 4,8,dan 16 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Padang Pariaman dengan jenis tanah sedang.
 - Struktur dengan dimensi kolom dan balok yang hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur baja, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
 - Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan Gedung SNI 1729:2015.
 - Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.
3. Menggunakan metode RSA (T_1) (*Response Spectral Acceleration* (T_1)) yang diskalakan berdasarkan respon spektrum wilayah Indonesia.
4. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
 - Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain
 - (Analisa Pushover & Respon Spektrum Linear).
 - PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.

- SEISMOSIGNAL, untuk mengubah groundmotion menjadi Respon Spektrum.
 - Aplikasi komputasi numerikal, untuk menskalakan groundmotion.
 - Aplikasi analisa riwayat waktu nonlinear, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Nonlinear) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.
5. Parameter yang ditinjau:
- Linear adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2019
 - Nonlinear :
 - Simpangan antar tingkat
 - Simpangan atap

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada pemodelan Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan bresing eksentris maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan bresing eksentris bila mengalami gempa berulang.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagaiberikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan baja, analisa struktur baja sistem rangka pemikul

momen Khusus(SRPMK), dan konsep tentang kekuatan bangunan baja terhadap gempa yang terjadi.

BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR

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 RUAOMOKO2D versi 04.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

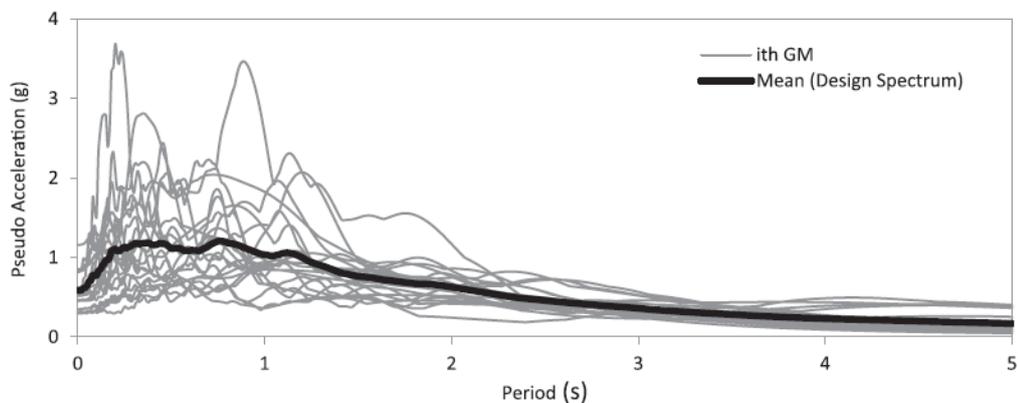
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

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

2.2 *Ground motion* (Getaran tanah)

Ground motion adalah pergerakan permukaan bumi yang diakibatkan adanya gempa atau ledakan. Di dalam ilmu Teknik gempa, *ground motion* juga populer dengan sebutan *strong motion* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada respon-respon tanah yang lain. Pada umumnya pengertian pergerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah. Khususny untuk keperluan Teknik, percepatan tanah akibat gempa merupakan data yang sangat penting (Pawirodikromo,2012). Gambar 2.1 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motions* serta respons spektrum desain rata-rata.



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

2.2.1 Gempa Berulang

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.

2.3 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

Perencanaan suatu konstruksi gedung harus memperhatikan aspek kegempaan, terutama di Indonesia karena merupakan salah satu daerah dengan zona gempa yang tinggi. Aspek kegempaan tersebut dianalisis berdasarkan peraturan yang berlaku di negara tersebut dan Indonesia memiliki peraturan sendiri dan peta gempanya. Peraturan yang digunakan pada penelitian ini ialah SNI 1726:2019 yang merupakan revisi dari SNI 03-1726-2012.

2.4 Struktur Baja

Baja adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan adanya penambahan paduan lainnya. Baja struktur adalah suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, kekuatan sifatnya, cocok untuk pemikul beban. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari baja sebagai bahan struktur yaitu baja mempunyai kekakuan cukup tinggi serta merata, kekakuan baja terhadap tarik ataupun tekan tidak banyak berbeda dan bervariasi dari 300 Mpa sampai 2000 MPa (Rozikin dkk, 2020).

2.5 Kekakuan Struktur

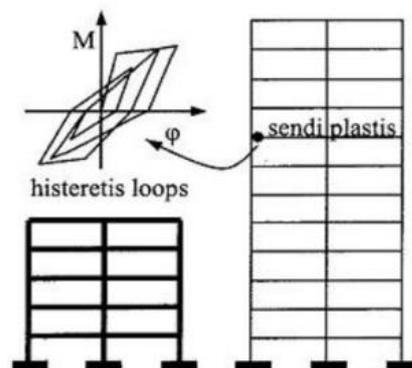
Kekakuan (*stiffness*) merupakan adalah ukuran tegangan yang dibutuhkan untuk mengubah satuan bentuk suatu bahan. Besaran kekakuan suatu bahan adalah modulus elastisitasnya, yang didapat dengan membagi tegangan satuan yang diterima bahan dengan perubahan satuan bentuk bahan tersebut.

2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen

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

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

1. Apabila didesain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan hysteresis loops di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar 2.2 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar T yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



Gambar 2.2: Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo,2012)

2.7 Bresing

Bracing atau bresing merupakan elemen struktur penahan gaya lateral. Elemen ini berupa batang yang dipasang pada portal struktur. Karakteristik dari elemen ini adalah dominasi aksial yang terjadi ketika gaya lateral terjadi. Di mana pada saat

gempa terjadi, gaya lateral yang diterima oleh struktur akan diteruskan pada elemen bracing ini sebagai gaya-gaya aksial. Secara umum bentuk bracing yang digunakan untuk struktur portal terdiri dari dua, yaitu concentrically braced frame dan eccentrically braced frame (Gloria dan Aswandy, 2016).

2.7.1 Sistem rangka *bracing* konsentrik

Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Penyerapan energi pada sistem ini dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk bracing (Gloria dan Aswandy, 2016).

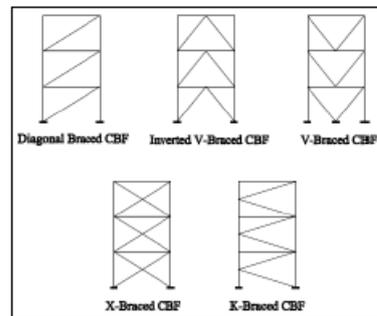
2.7.2 Sistem rangka *bracing* eksentrik

Pada sistem rangka bresing eksentrik, disingkat EBF, ada suatu bagian dari balok yang disebut link dan direncanakan secara khusus. EBF diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana karena element link tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen link tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan sistem SRBE mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRBK yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya (Gloria dan Aswandy, 2016).

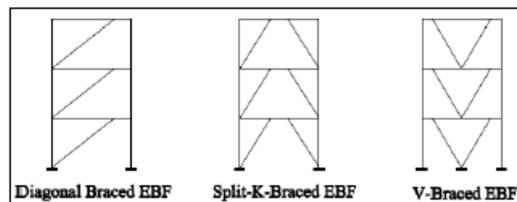
Eccentrically braced frame (EBF) adalah sistem penahan beban lateral lain yang banyak digunakan di seluruh dunia. Selama gempa bumi 2010/2011 di Christchurch, elemen struktural dari sekelompok bangunan dengan EBF modern masuk ke wilayah inelastis untuk pertama kali. Kinerja keseluruhan EBF lebih tinggi dari ekspektasi pada saat itu, dan konsekuensinya terbatas pada kerusakan struktural dan nonstruktural (Moammer dkk,2020).

2.7.3 Tipe-tipe rangka *bracing* pada umumnya

Berikut adalah gambar Tipe-tipe rangka *bracing* pada umumnya.



Gambar 2.3: Rangka Bracing Konsentrik.



Gambar 2.4: Rangka Bracing Eksentrik.

2.8 Pemodelan Balok Link

Dalam pemodelan balok *link*, terlebih dahulu kita harus menentukan jenis bentang balok *link*. Untuk syaratnya dapat dilihat pada Pers. 2.21a sampai dengan Pers. 2.21c dibawah ini.

$$\text{Balok link pendek} \quad : \quad e \leq 1.6 \frac{M_p}{V_p} \quad (2.1a)$$

$$\text{Balok link sedang} \quad : \quad 1.6 \frac{M_p}{V_p} < e < 2.6 \frac{M_p}{V_p} \quad (2.1b)$$

$$\text{Balok link panjang} \quad : \quad e \geq 2.6 \frac{M_p}{V_p} \quad (2.1c)$$

dimana M_p adalah Momen lentur plastis balok *link*, V_p adalah gaya geser plastis balok *link*, dan e adalah panjang bentang balok *link*.

Untuk nilai simpangan gaya geser global terhadap desain antar tingkat, $\Delta_{xp,z}$ adalah sebagai Pers. 2.22 berikut :

$$\Delta_{xp,s} = \frac{3}{4} \Delta_x \quad (2.2)$$

dimana Δ_x adalah desain simpangan antar tingkat ke-x.

Untuk sudut rotasi balok *link*, γ_p , digunakan Pers. 2.23 sebagai berikut:

$$\gamma_p = \frac{L_b}{e} \times \frac{\Delta_{xp,s}}{h_{sx}} \quad (2.3)$$

dimana L_b adalah panjang bentang keseluruhan balok, e adalah panjang bentang balok *link*, dan h_{sx} adalah tinggi struktur arah x.

Menurut ASCE 41-13, Model deformasi beban untuk balok penghubung harus mencakup deformasi geser dan deformasi lentur. Ketika tidak secara eksplisit dimodelkan dalam model matematika, kekakuan elastis balok penghubung, K_e , dapat dihitung sesuai dengan Pers. 2.24 sampai dengan Pers. 2.26:

$$K_e = \frac{K_s \times K_b}{K_s + K_b} \quad (2.4)$$

Dimana :

$$K_s = \frac{GA_{rw}}{e} \quad (2.5)$$

$$K_b = \frac{12EI_b}{e^3} \quad (2.6)$$

Kemudian, untuk kekakuan balok *link* arah x dan y, K_x dan K_y adalah sebagaimana pada Pers. 2.27 dan Pers. 2.28 berikut:

$$K_x = \frac{AE}{e} \quad (2.7)$$

$$K_y = \frac{V_p}{\gamma_p} \quad (2.8)$$

Sedangkan, untuk rotasi leleh balok *link*, θ_y , ditentukan berdasarkan pers. 2.29 berikut:

$$\theta_y = \frac{Q_{CE}}{K_e e} \quad (2.9)$$

dimana :

K_s = kekakuan geser

K_b	= kekakuan lentur
G	= modulus geser
e	= panjang balok <i>link</i>
E	= modulus elastisitas
I_b	= momen inersia balok <i>link</i>
A	= luas penampang
t_w	= tebal badan (web) profil
Q_{CE}	= kapasitas gaya geser balok <i>link</i>

2.9 Daktilitas Struktur Bangunan

Menurut SNI-1726-2019, faktor daktilitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama δ_y .

2.10 Momen leleh (My)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai input analisis nonlinear pada program 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.

$$M_y = \beta M_{p, exp} = \beta Z R_y F_y \quad (2.10)$$

Keterangan :

R_y : penyesuaian dari kekuatan leleh baja nominal yang diharapkan.

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

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

2.11 Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)

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

Untuk balok standar (non-RBS)

$$\theta_p^* = 0.3 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.3} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-1.7} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.2} \left(\frac{L}{d}\right)^{1.1} \quad (\text{COV} = 0.34) \quad (2.11a)$$

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

$$\theta_p^* = 0.55 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.5} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.7} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.5} \left(\frac{L}{d}\right)^{0.8} \quad (\text{COV} = 0.42) \quad (2.11b)$$

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):

$$\theta_{pc}^* = 24.0 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.9} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.2} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.5} \quad (\text{COV} = 0.45) \quad (2.12a)$$

Untuk balok RBS:

$$\theta_{pc}^* = 20.0 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.8} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.1} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.6} \quad (\text{COV} = 0.31) \quad (2.13b)$$

2.12 Rotasi leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktilitas 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.

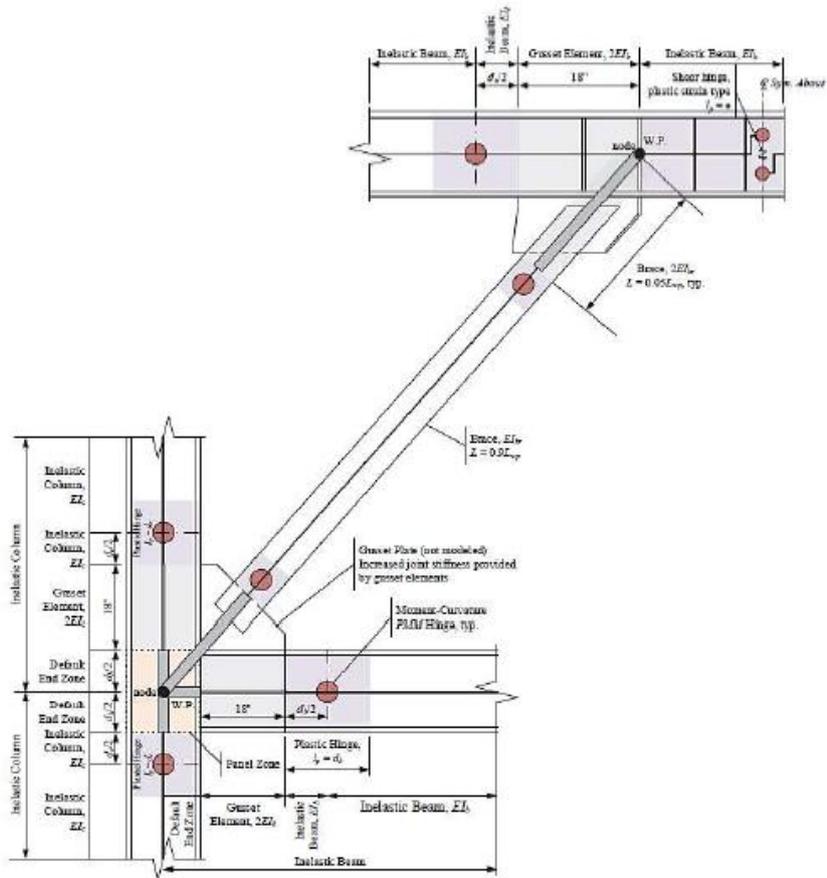
2.13 Prosedur Nonlinier Pada Bresing Eksentris (EBF)

Komponen nonlinier antara lain sendi lentur kolom dan brace yang dimodelkan dengan interaksi momen aksial (P-M) dan panel zone dimodelkan dengan model Krawinkler (Krawinkler 1978). Sambungan pelat gusset untuk kawat gigi tidak dimodelkan secara eksplisit. Kekakuan lentur, EI, dari bagian-bagian yang berdekatan dengan pelat gusset ditingkatkan untuk mendekati efek kekakuan pelat gusset pada bidang rangka. Gambar 3.11 mengilustrasikan model analitik dari sub-perakitan brace-to-beam/column untuk prosedur penilaiannonlinier. Pada gambar, Zona Akhir Default dimodelkan dengan faktor kekakuanlentur dua; faktor zona ujung yang lebih tinggi berpotensi terlalu kaku untuk menangkap deformasi lentur di dalam daerah sambungan.

2.14 Struktur Tahan Gempa

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.

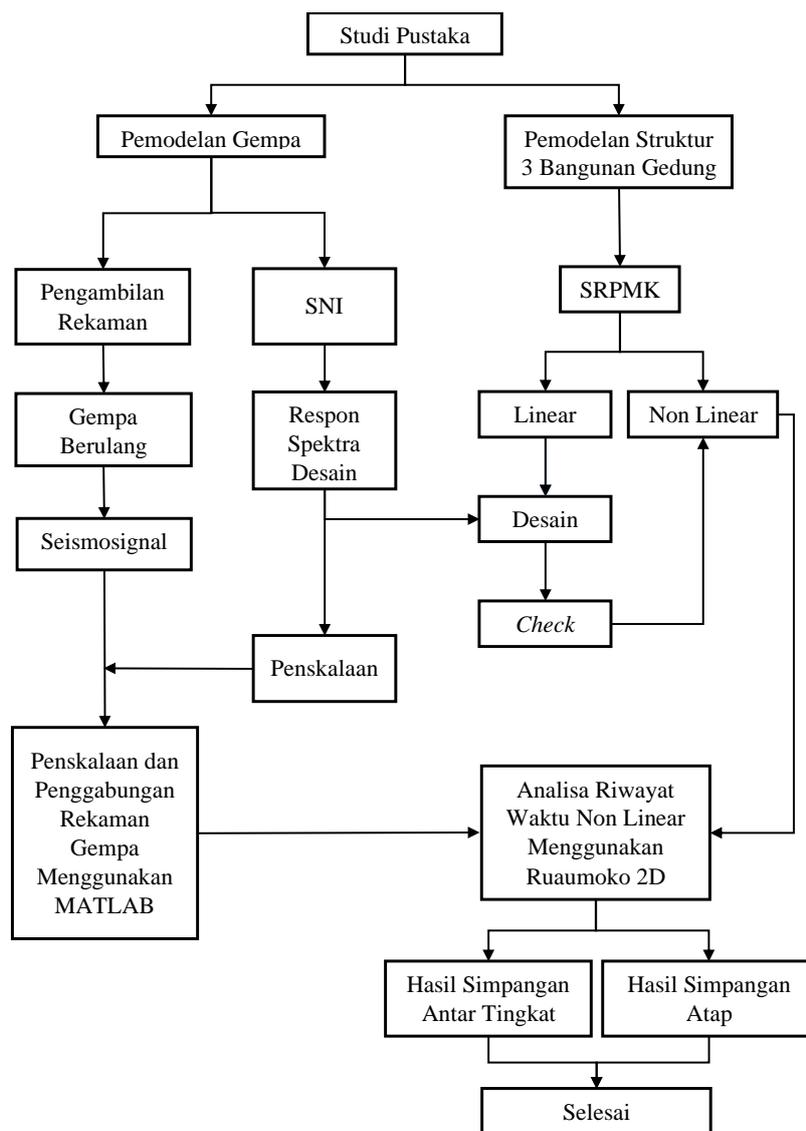


Gambar 2.5: Skema Pemodelan Analitik B्रेसing Eksentris (EBF)

BAB 3
METODE 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 analisis dilakukan terhadap 3 model, setiap modelnya memiliki Sistem rangka pemikul momen khusus memakai bresing eksentris. Ketiga model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*), untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

3.2 Permodelan 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 di Padang Pariaman.
3. Klasifikasi situs tanah sedang (*SD*)
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
5. Jenis portal struktur gedung adalah baja.
6. Mutu baja yang di gunakan adalah ASTM A992
 - a. Untuk 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)
 - b. Untuk profil HSS ASTM 500 Grade B
 - Kuat leleh minimum (f_y) = 45,97 ksi (317Mpa)
 - Kuat tarik minimum (f_u) = 65,26 ksi (450 Mpa)

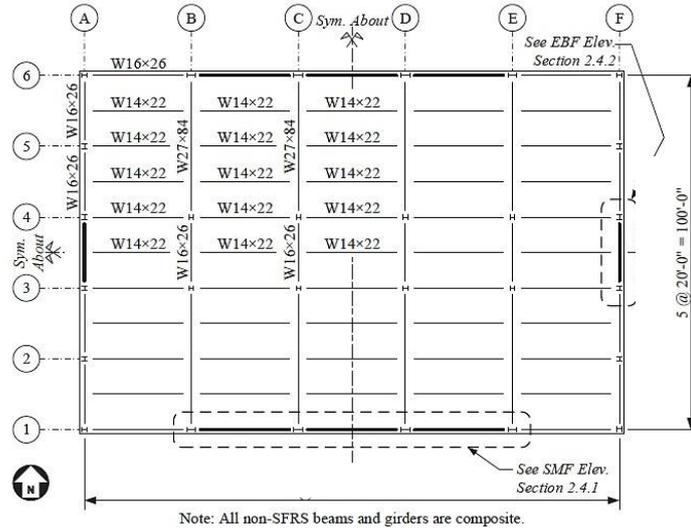
3.2.2 Konfigurasi Bangunan

Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus memakai bresing eksentris.

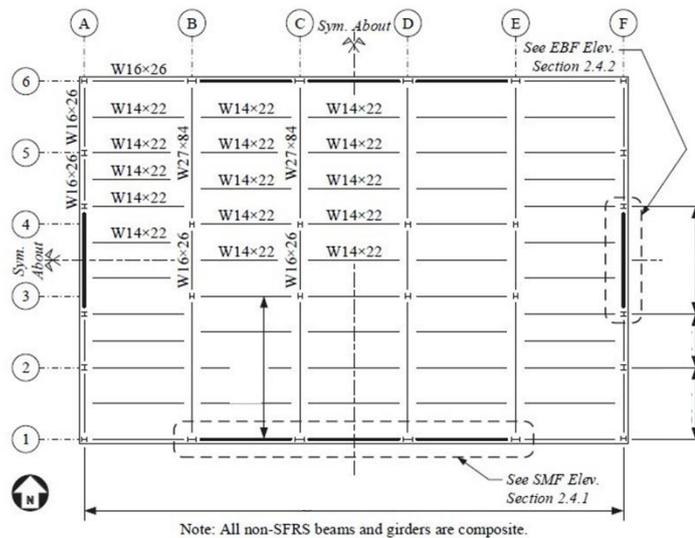
Bangunan berbentuk persegi yang simetri (*regular building*) seperti yang terlihat pada Gambar

Adapun jenis pemodelan struktur yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Model 1 = SRPMK memakai bresing eksentris (4 Lantai)
2. Model 2 = SRPMK memakai bresing eksentris (8 Lantai)
3. Model 3 = SRPMK memakai bresing eksentris (16 Lantai)

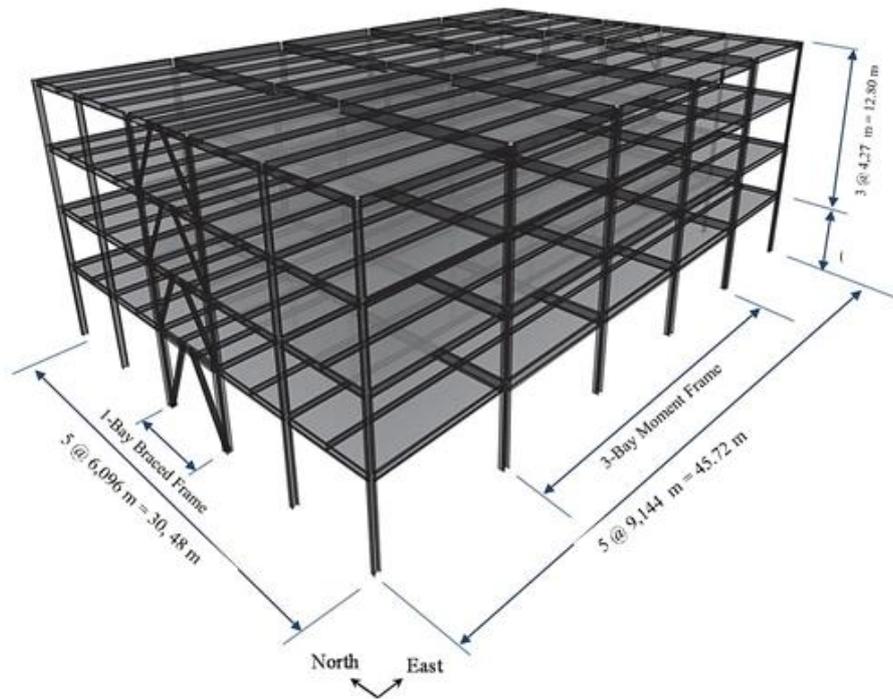


(a) Denah Rangka Lantai Tipikal 4 Lantai dan 8 lantai.

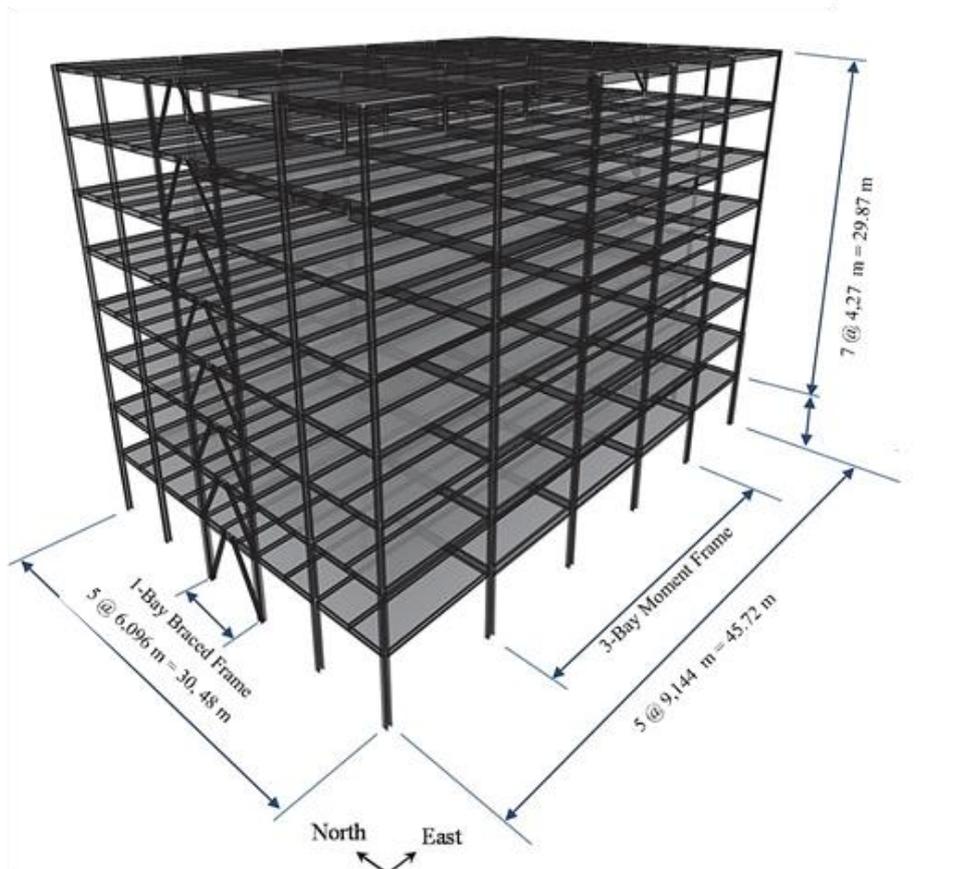


(b) Denah Rangka Lantai Tipikal 16 Lantai.

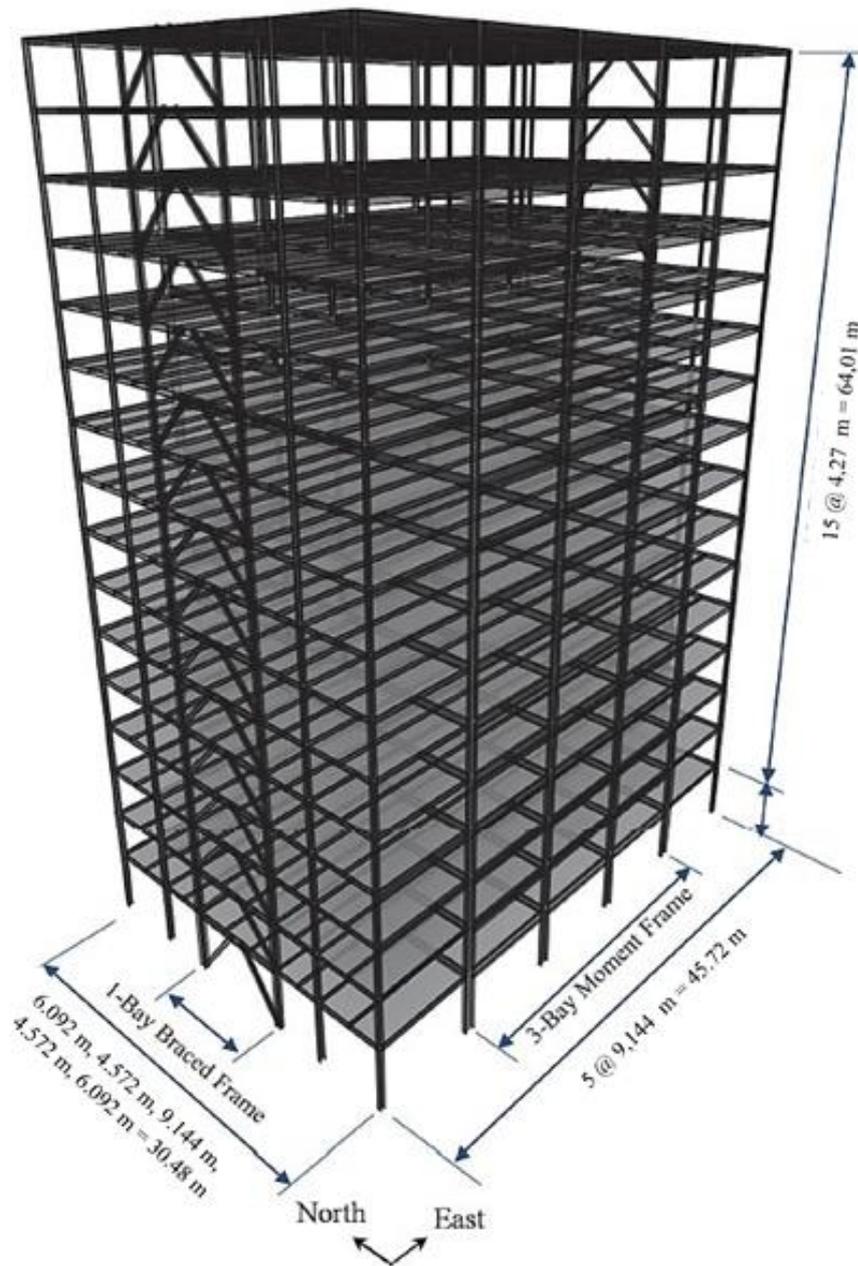
Gambar 3.2: Denah struktur Model.



(a) Tampilan Isometrik Model Gedung 4 Lantai.



(b) Tampilan Isometrik Model Gedung 8 Lantai.



(a) Tampilan Isometrik Model Gedung 16 Lantai.

Gambar 3.3: proyeksi struktur Model.

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	Bracing	Kolom Interior (Inchi)	Kolom Eksterior (Inchi)	Balok (Inchi)
Lantai 4	1	Hss 8x8x1/2	W 14x132	W 14x132	W 16x77
	2	Hss 7x7x1/2	W 14x132	W 14x132	W 16x45
	3	Hss 6x6x1/2	W 14x48	W 14x48	W 14x38
	4	Hss 6x6x1/2	W 14x48	W 14x48	W 14x26
Lantai 8	1	Hss 9x9x5/8	W 14x145	W 14x145	W 21x83
	2	Hss 8x8x1/2	W 14x145	W 14x145	W 18x55
	3	Hss 7x7x5/8	W 14x132	W 14x132	W 18x46
	4	Hss 7x7x1/2	W 14x132	W 14x132	W 18x40
	5	Hss 6x6x5/8	W 14x68	W 14x68	W 16x40
	6	Hss 6x6x5/8	W 14x68	W 14x68	W 16x31
	7	Hss 6x6x1/2	W 14x48	W 14x48	W 14x26
	8	Hss 6x6x1/2	W 14x48	W 14x48	W 14x26
Lantai 16	1	W 12x120	W 14x426	W 14x426	W 24x103
	2	W 12x96	W 14x426	W 14x426	W 21x73
	3	W 12x96	W 14x342	W 14x342	W 21x73
	4	W 12x96	W 14x342	W 14x342	W 21x73
	5	W 12x87	W 14x283	W 14x283	W 21x68
	6	W 12x87	W 14x283	W 14x283	W 21x68
	7	W 12x87	W 14x233	W 14x233	W 21x62
	8	W 12x87	W 14x233	W 14x233	W 21x50
	9	W 12x87	W 14x139	W 14x139	W 18x55
	10	W 12x87	W 14x139	W 14x139	W 18x50
	11	W 12x72	W 14x132	W 14x132	W 16x45
	12	W 12x72	W 14x132	W 14x132	W 14x38
	13	W 12x58	W 14x82	W 14x82	W 14x38
	14	W 12x58	W 14x82	W 14x82	W 14x38
	15	W 12x58	W 14x48	W 14x48	W 14x38
	16	W 12x58	W 14x48	W 14x48	W 14x38

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 Nonlinear

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

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

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

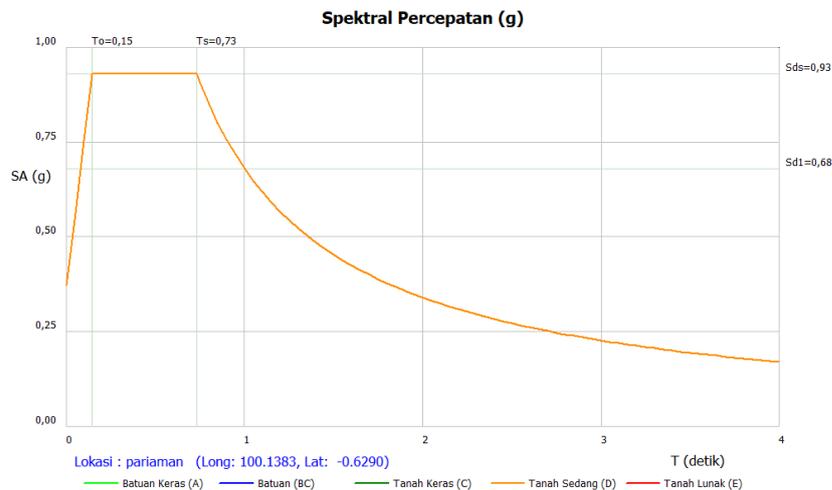
3.4 Respon Spektrum Desain Gempa

3.4.1 Desain Respon Spektrum Padang Pariaman (Tanah Sedang)

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah sedang yang terletak di Padang Pariaman, 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

Respon spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3,4,



Gambar 3,4: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019 Kota Padang Pariaman dengan jenis tanah sedang,

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

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 $S_{DS} = 0,92$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3,4 untuk faktor $R = 8$,

Tabel 3,2: Kombinasi Pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1,3$, $S_{DS} = 0,92$,

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
Kombinasi 1	1,4	0	0	0
Kombinasi 2	1,2	1,6	0	0
Kombinasi 3	1,384	1	0,39	0
Kombinasi 4	1,384	1	-0,39	0
Kombinasi 5	1,384	1	1,3	0
Kombinasi 6	1,384	1	-1,3	0
Kombinasi 7	0,71	0	0,39	0
Kombinasi 8	0,71	0	-0,39	0
Kombinasi 9	0,71	0	1,3	0
Kombinasi 10	0,71	0	-1,3	0
Kombinasi Maximum Envelope	Nilai absolute dari seluruh kombinasi			

3.5 Analisis Dinamik Struktur Non Linier

3.5.1 Groundmotion Records

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

Tabel 3,3: *Lanjutan*

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

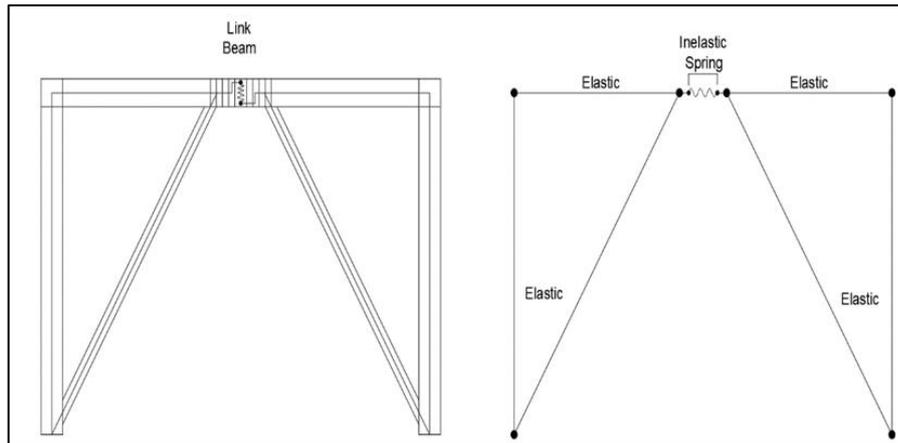
Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X, sementara gempa horizontal arah Y tidak digunakan karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk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

3.5.2 Pemodelan Struktur pada Program RUAUMOKO2D

Sebelum memasukkan data rekaman gempa di RUAUMOKO2D, terlebih dahulu kita harus menyiapkan pemodelan struktur dengan komponen elemen seperti balok, kolom, bresing, dan balok *link*, Untuk elemen apa saja yang akan digunakan dalam analisis di RUAUMOKO2D, bisa dilihat pada Gambar 3,5 berikut,



Gambar 3,5: Bentuk pemodelan struktur yang akan digunakan didalam program RUAUMOKO2D,

Bedasarkan Gambar 3,5 diatas, hanya bagian balok *link* yang akan dianalisis secara inelastis dengan menggunakan komponen *spring* pada program RUAUMOKO2D, sedangkan untuk elemen lainnya dimodelkan secara elastis, Bentuk pemodelan tersebut diharapkan terjadi kerusakan pertama pada balok *link* dalam mendapatkan data hasil simpangan antar tingkat maupun simpangan atap, Untuk persamaan yang digunakan untuk balok *link* dapat dilihat kembali pada Subbab 2,19 tentang pemodelan balok *link*,

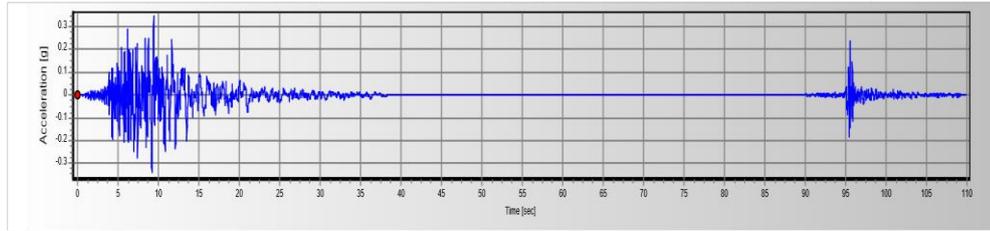
3.5.3 Analisis Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019, Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum,

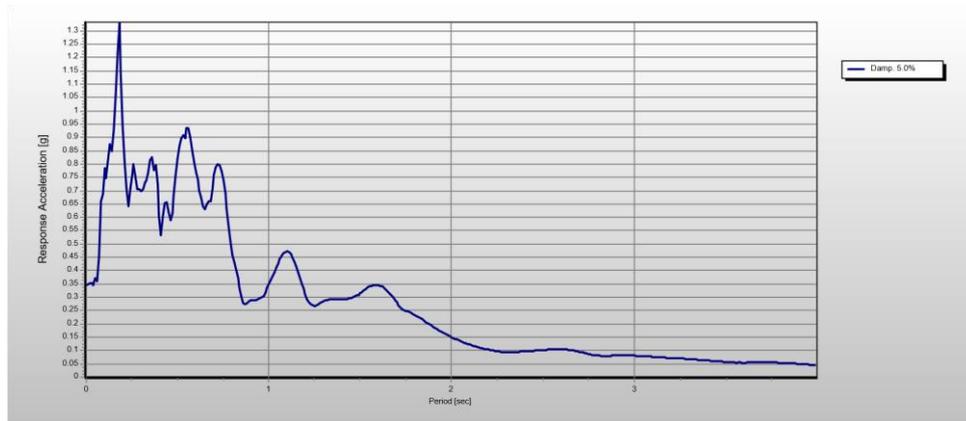
Setelah melakukan pengecekan secara linear kemudian melakukan analisis secara nonlinear dengan alat bantu software yang digunakan adalah RUAUMOKO2D versi 04, Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO2D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a, Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS, Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada Tabel 3,5,
- b, Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software

Seismosignal, Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan,

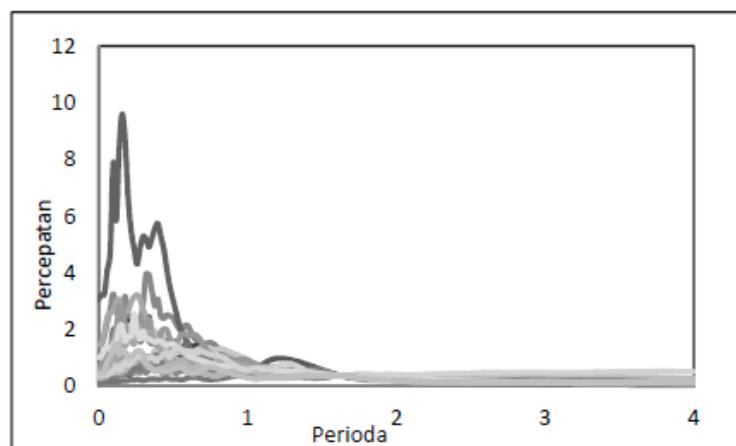


Gambar 3,6: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF sebelum diubah menjadi respon spektrum,



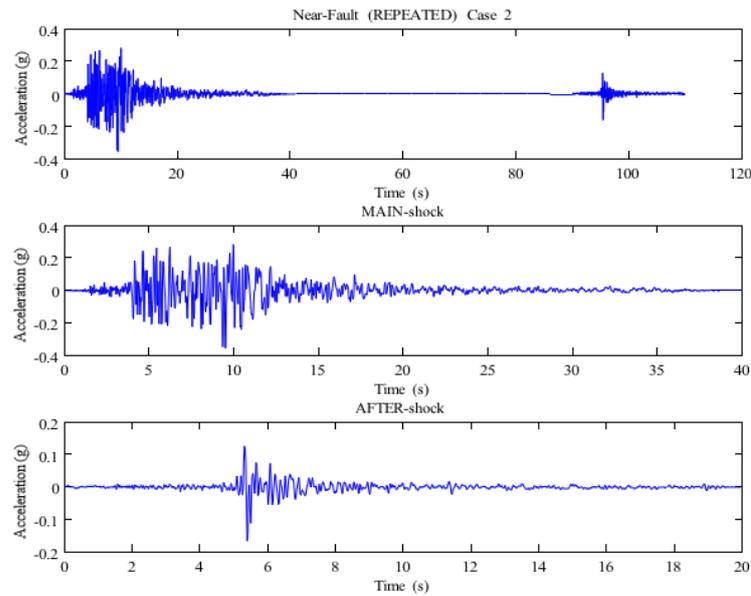
Gambar 3,7: Rekaman gempa LA Hollywood Stor FF setelah diubah menjadi respon spektrum,

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



Gambar 3,8 Respon spektrum dengan 25 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia (Padang Pariaman),

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



Gambar 3,9: 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
- K_O : 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 kekakuan post-yield

e. Analisa Hasil Deformasi

Data hasil analisa nonlinear yang telah diolah melalui program Ruaumoko 2D kemudian dicari nilai simpangan antar tingkat dan simpangan atap yang terbesar menggunakan bantuan program Microsoft Excel pada fitur macro excel, input data hasil output ini kemudian digambarkan kedalam bentuk grafik,

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier

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

4.2 Hasil Analisa Ragam

4.2.1 Respon Spektrum Ragam

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

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

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

1. Model 1 untuk Gedung 4 lantai , didapat 12 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak dibawah 15%,
2. Model 2 untuk Gedung 8 lantai , didapat 12 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak diatas 15%,

3. Model 3 untuk Gedung 16 lantai , didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%,

4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2019 Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7,9,1,4,1, Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor skala :

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

Dimana :

V = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

V_t = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam,

Tabel 4,1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur V_t ,

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)
1	X	1954,78	1751,94
2	X	2687,44	1693,74
3	X	3378,74	10687,5

4.2.3 Koreksi Faktor Redudansi

Berdasarkan pasal 7,3,4,2 SNI 1726:2019 nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1, Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3 Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar, Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A,6,

4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai V dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4,1, Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat berdasarkan pasal 7,9,1,4,1 SNI 1726:2019 ,yaitu:

Syarat : $V_t \geq C_s W$

Tabel 4,2: Koreksi skala simpangan antar tingkat,

Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)	Cek
1	X	1954,78	1751,94	Tidak Oke
2	X	2687,44	1693,74	Tidak Oke
3	X	3378,74	10687,5	Oke

4.2.5 Pengaruh Efek P - Delta

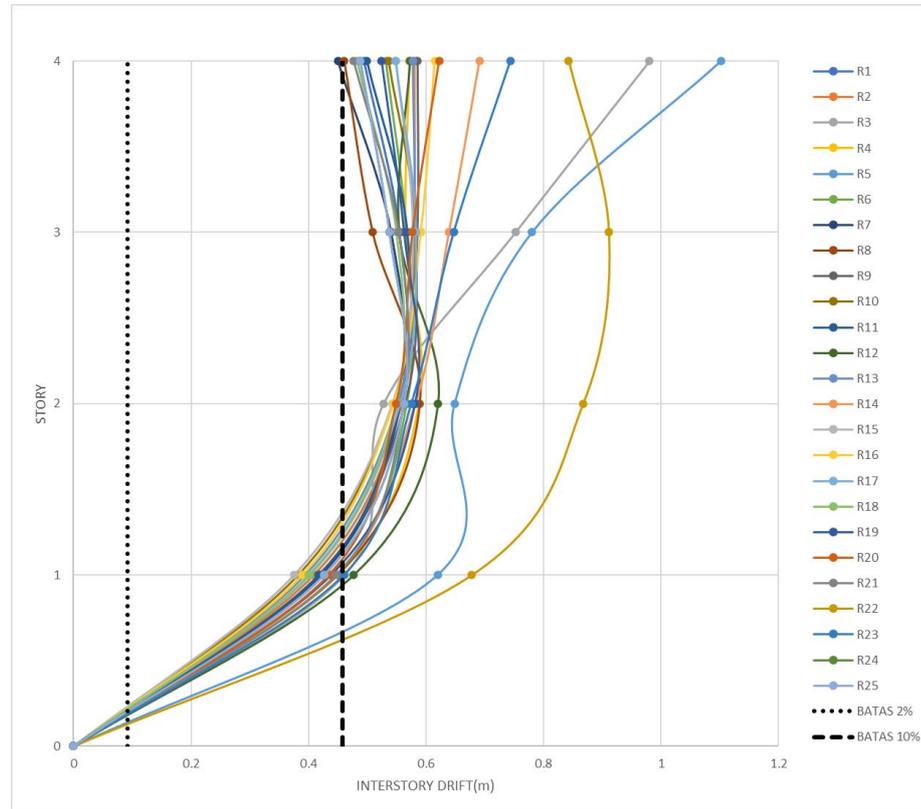
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1, Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan, Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat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

Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A,4,

4.3 Hasil Analisa *Interstory drift*

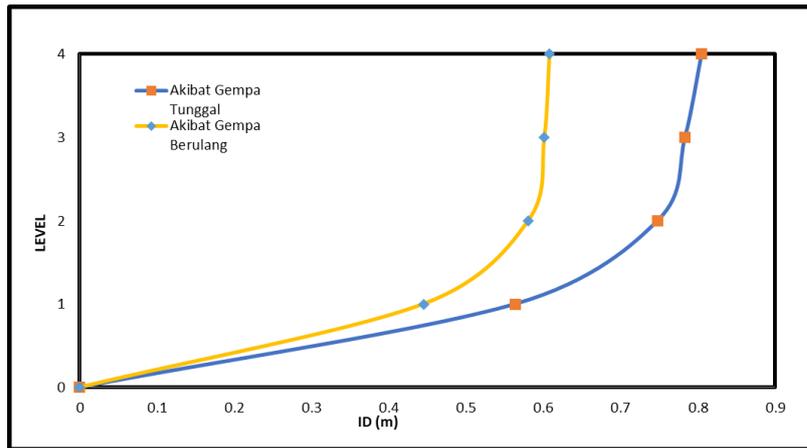
Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur baja yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, Jenis gempa yang diberikan pada struktur baja yaitu gempa berulang, Setiap model struktur akan diambil data simpangan antar tingkat (*interstory drift*) dan simpangan atap (*top displacement*), Setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas, Pada gambar 4,1 sampai 4,12 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *interstory drift* dengan pada beberapa rekaman gempa, Pada grafik *interstory drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa *ground motion* dan

nilai rata-ratanya, Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model,

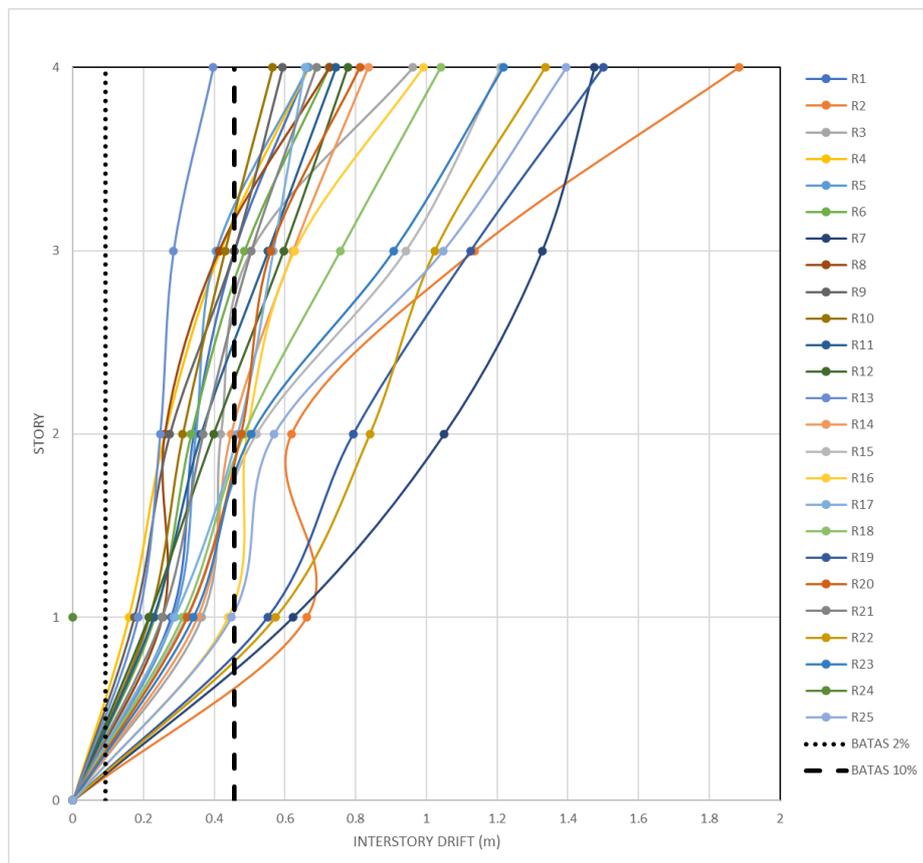


Gambar 4,1: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa linear gempa berulang,

Gambar 4,1 merupakan hasil *interstory drift* untuk struktur baja SRPMK model 1 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk analisa linear, Berdasarkan perhitungan dari analisis linear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai *interstory drift* maksimum sebesar 1,102 m yang diakibatkan oleh Ground Motion GB5, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 0,608 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,2), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,



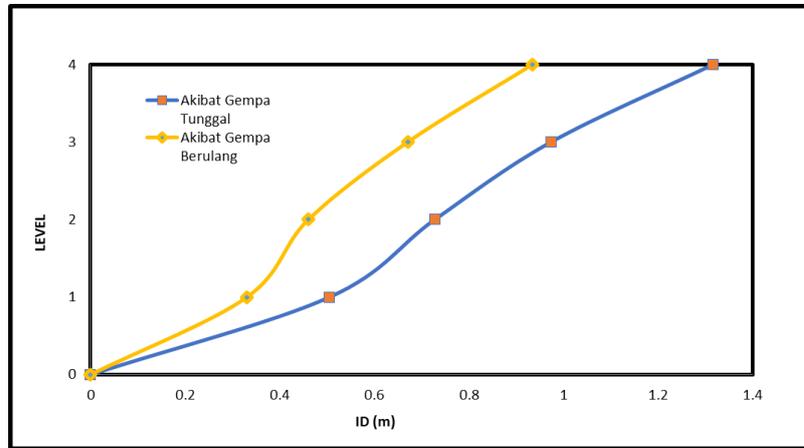
Gambar 4.2: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa Linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,



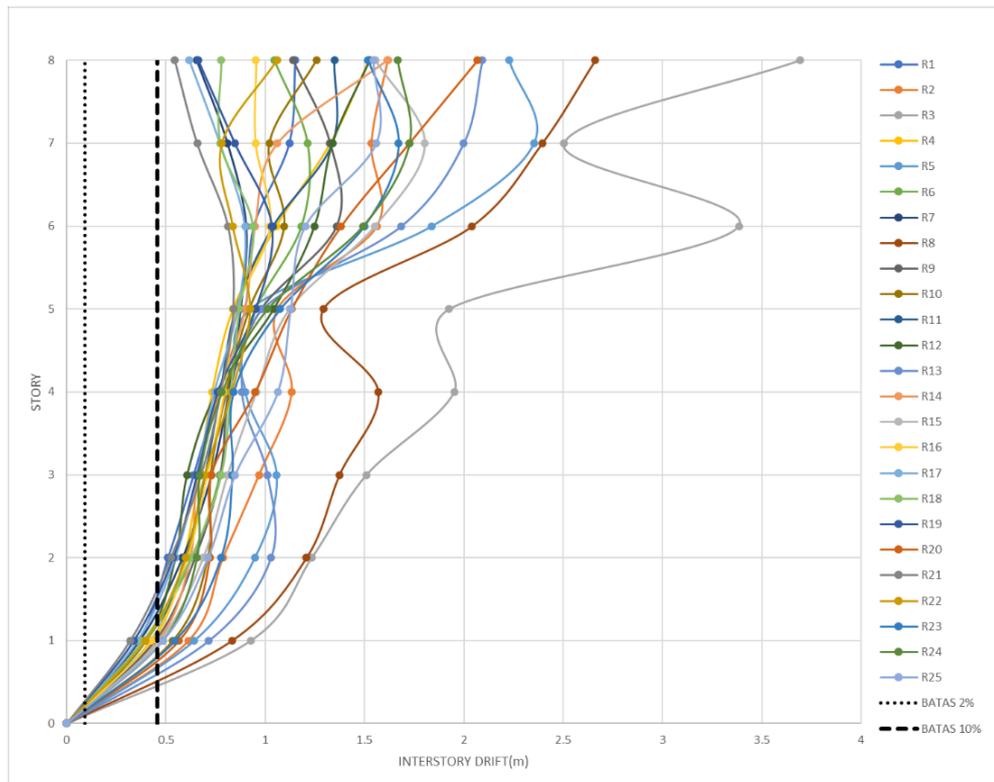
Gambar 4.3: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa nonlinear Gempa Berulang,

Gambar 4,3 merupakan hasil *interstory drift* untuk struktur baja SRPMK model 1 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk analisa nonlinear, Berdasarkan perhitungan dari analisis nonlinear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai

interstory drift maksimum sebesar 1,884 m yang diakibatkan oleh Ground Motion GB2, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 0,934 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,4), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,

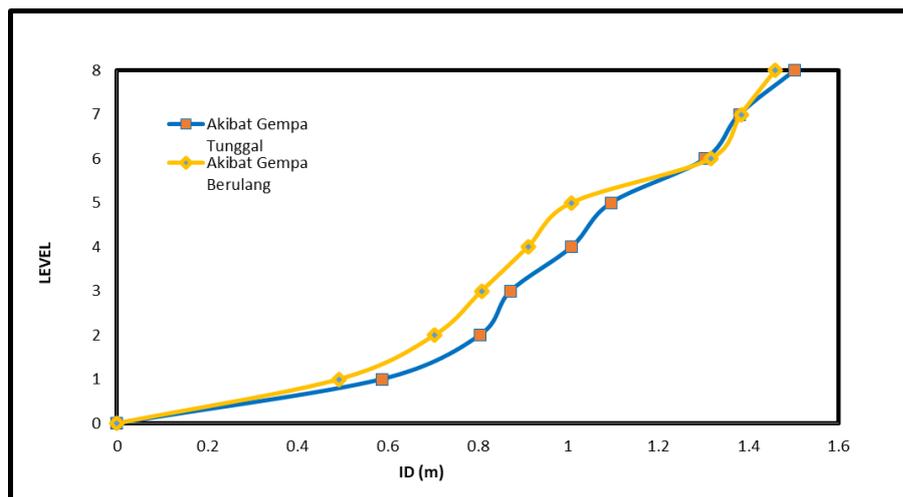


Gambar 4,4: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 1 untuk analisa Nonlinear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,

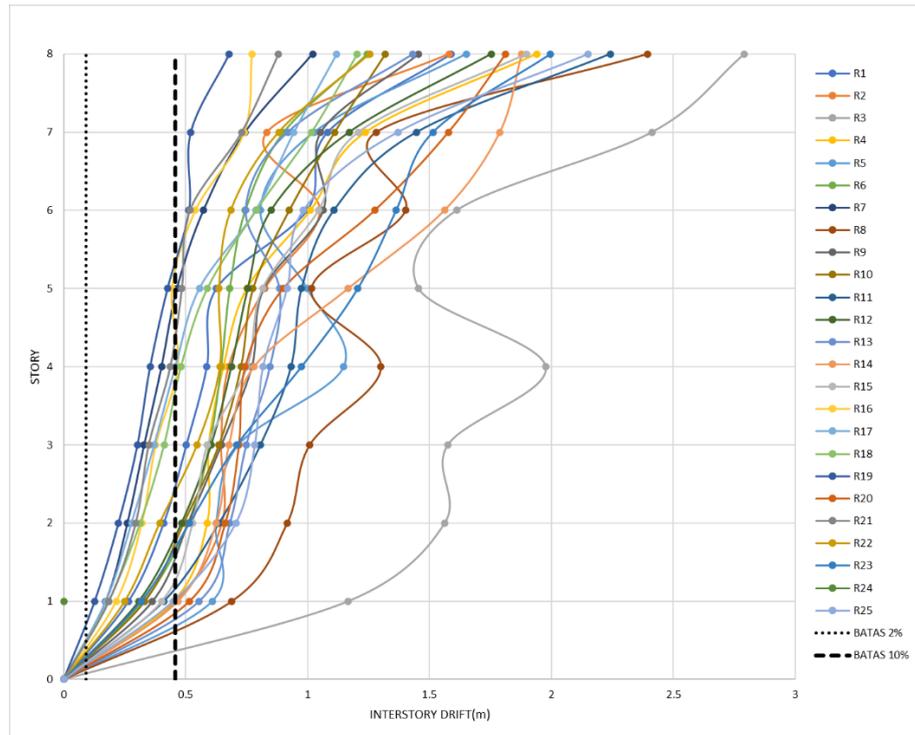


Gambar 4,5: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa linear Gempa Berulang,

Gambar 4,5 merupakan hasil *story drift* untuk struktur baja SRPMK model 2 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk nalisa linear, Berdasarkan perhitungan dari analisis linear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai *interstory drift* maksimum sebesar 3,692 m yang diakibatkan oleh Ground Motion GB3, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 1,460 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,6), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,

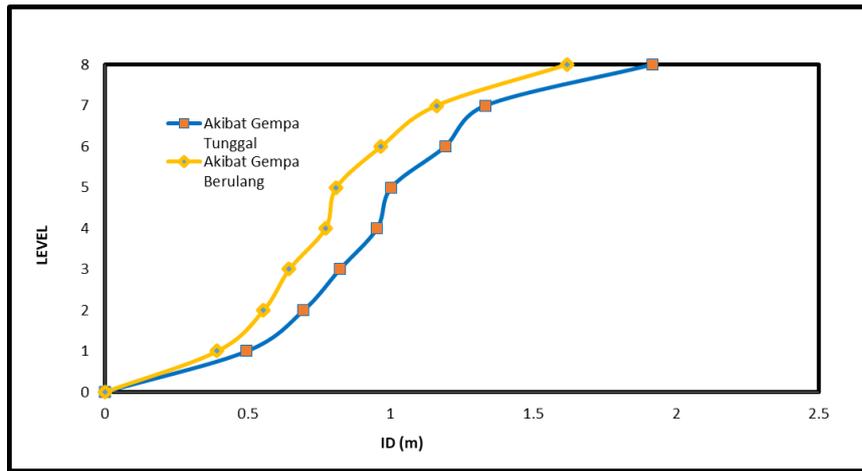


Gambar 4,6: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,

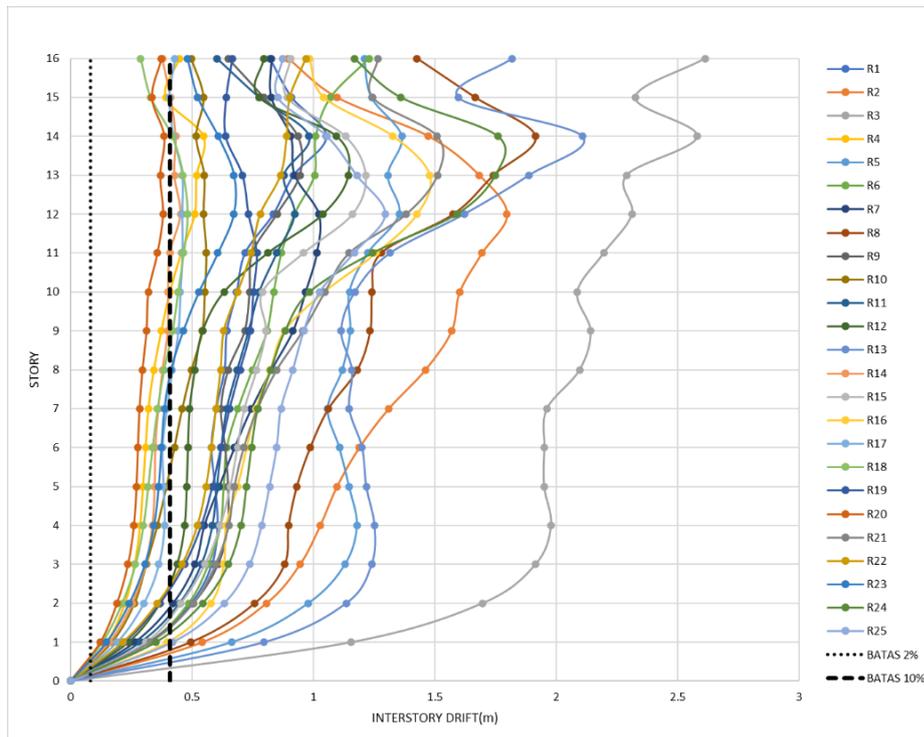


Gambar 4,7: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Nonlinear Gempa Berulang,

Gambar 4,7 merupakan hasil *story drift* untuk struktur baja SRPMK model 2 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk analisa nonlinear, Berdasarkan perhitungan dari analisis nonlinear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai *interstory drift* maksimum sebesar 2,791 m yang diakibatkan oleh Ground Motion GB2, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 1,617 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,8), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,



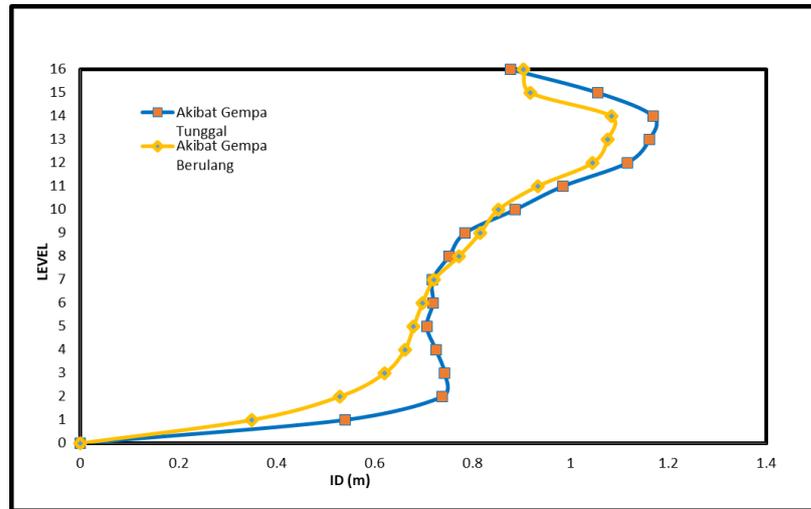
Gambar 4,8: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 2 untuk analisa Nonlinear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,



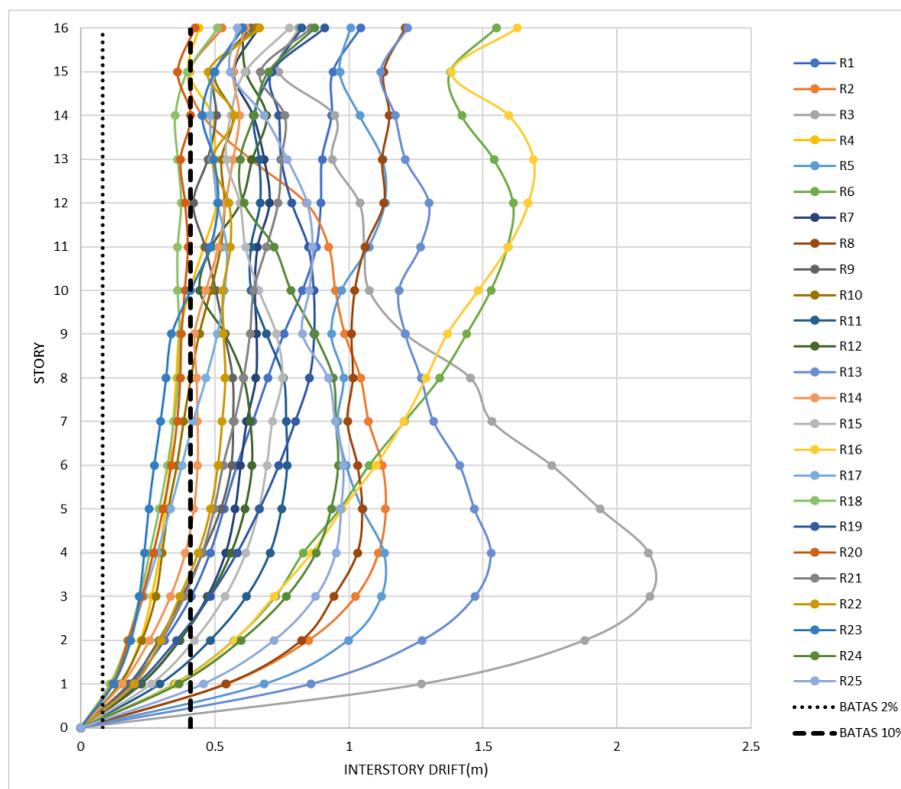
Gambar 4,9: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa Linear Gempa Berulang,

Gambar 4,9 merupakan hasil *interstory drift* untuk struktur baja SRPMK model 3 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk analisa linear, Berdasarkan perhitungan dari analisis linear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai *interstory drift* maksimum sebesar 2,613 m yang diakibatkan oleh Ground

Motion GB3, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 1,083 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,10), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,

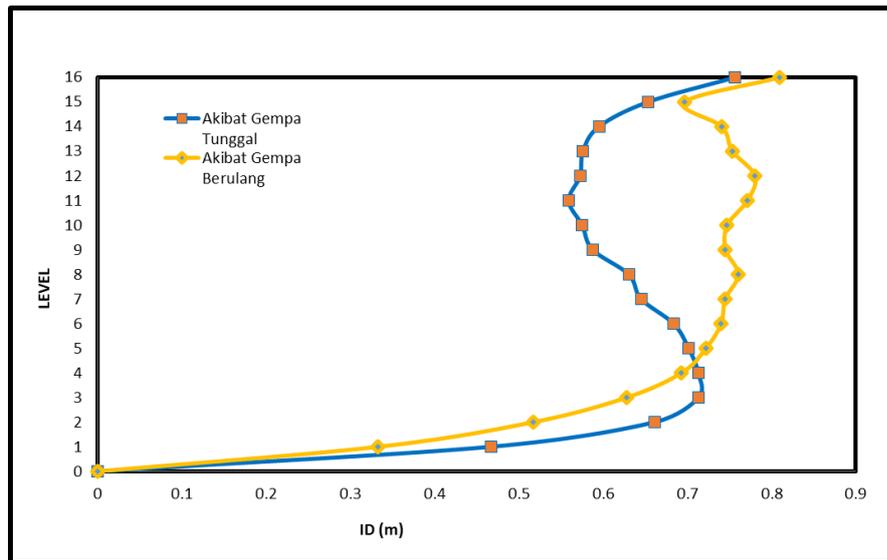


Gambar 4,10: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa linear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,



Gambar 4,11: Nilai story drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa Nonlinear Gempa Berulang,

Gambar 4,11 merupakan hasil *story drift* untuk struktur baja SRPMK model 3 terhadap 25 rekaman gempa berulang untuk analisa nonlinear, Berdasarkan perhitungan dari analisis nonlinear menggunakan alat Ruaumoko2D diperoleh nilai *interstory drift* maksimum sebesar 2,121 m yang diakibatkan oleh Ground Motion GB2, Sedangkan nilai *interstory drift* rata-rata maksimum sebesar 0,809 m, Bila dibandingkan dengan efek akibat gempa tunggal (Gambar 4,12), tampak nilai *interstory drift* dominan adalah akibat gempa tunggal,



Gambar 4,12: Nilai interstory drift untuk struktur baja SRPMK model 3 untuk analisa nonlinear akibat gempa berulang dan Gempa tunggal,

4.4 Hasil Simpangan Atap

Tabel 4,3 berisi nilai simpangan atap untuk 3 model hasil analisis respon riwayat waktu linear dan nonlinear, Simpangan atap terbesar terjadi pada model 3 baik itu hasil analisa linear maupun nonlinear, Namun demikian, untuk rasio simpangan tidak elastic nilai maksimum diperoleh dari model 1 struktur dengan periode alami yang lebih rendah,

Tabel 4,3: Rasio simpangan atap (*Top Displacement*),

Model	Tidak Elastik	Elastik	Ratio
Model 1	4,397	2,989	1,47
Model 2	7,541	7,399	1,02
Model 3	16,29	11,89	1,37

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat pada gedung struktur baja 4,8,dan 16 lantai dalam analisa nonlinear maupun analisa linear adalah sebagai berikut:

- a. Gedung 4 Lantai

- Analisa Linear =1,102 m
- Analisa Nonlinear =1,884 m

- b. Gedung 8 Lantai

- Analisa Linear =3,692 m
- Analisa Nonlinear =2,791 m

- c. Gedung 16 Lantai

- Analisa Linear =2,613 m
- Analisa Nonlinear =2,121 m

Dari hasil analisa yang didapat menunjukkan bahwa struktur gedung tidak aman apabila terjadi gempa berulang bermagnitudo 6,7 telah mengalami *collapse* (Kegagalan struktur), Sesuai dengan yang disyaratkan pada SNI 1726:2019 bahwa simpangan antar tingkat yang diizinkan tidak lebih dari 2% dari tinggi lantai yaitu 0,091 m dan untuk *near collapse* 10% dari tinggi lantai sebesar 0,428 m,

2. Hasil dari simpangan atap pada gedung struktur baja 4,8,dan 16 lantai dalam analisa nonlinear maupun analisa linear adalah sebagai berikut:

- a. Gedung 4 Lantai

- Analisa Linear =2,989 m
- Analisa Nonlinear =4,397 m

- b. Gedung 8 Lantai

- Analisa Linear =7,399 m

- Analisa Nonlinear =7,541 m
- c. Gedung 16 Lantai
 - Analisa Linear =11,89 m
 - Analisa Nonlinear =16,29 m

5.2 Saran

1. Dalam tugas akhir ini, dimensi balok kolom yang ekonomis diabaikan, Lebih baik untuk penganalisaan selanjutnya komponen tersebut direncanakan agar data yang dihasilkan lebih akurat,
2. 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

- Agustian, R, (2020), Evaluasi Keruntuhan Struktur SRPM Baja Dengan Bracing Konsentrik Akibat Getaran Gempa Berulang Dan Pengaruh Rangka Beban Gravitasi,
- Badan Standardisasi Nasional, (2019), Sni 1726-2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, 8, 254,
- Badan Standardisasi Nasional, (2017), SNI 8399:2017 Profil Rangka Baja Ringan, 26,
- Faisal, A, (2017), Studi Parametrik Deformasi Torsi Dipengaruhi Oleh Gempa Pulse Dan Tanpa Pulse, 9(2), 14–23,
- [Http://puskim.pu.go.id/](http://puskim.pu.go.id/), diakses 15 Februari 2021,
- Hutahaean, S, G, (2016), Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat, 2(4),
- iii, H., John, L., & Matthew, S, (1863), *Assessment of First Generation Performance-Based Seismic Design Methods for New Steel Buildings, Volume 3: Eccentrically Braced Frames*, 3,
- Lubang, D., Core, H., & Tengah, P, (2017), Analisis Kekakuan Struktur Balok Beton Bertulang Dengan Lubang Hollow Core Pada Tengah Balok Rizky, 1–11,
- Putera, T, A., Efrida, R., & Pasaribu, H, M, (2012), Deformasi Struktur Bangunan Rumah, 13–23,
- Romadhani, R, T, (2012), Dengan Satu Basement Di Wilayah Boyolali (Dengan Sistem Daktail Parsial),
- Samarinda, D, I., Sni, B., & Sni, D, A, N, (2017), Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Struktur Bangunan Di Samarinda Berdasarkan Sni 03-1726-2002 Dan Sni 03-1726-2012 Andri,
- SNI 1727:2013 - BSN, (2013), Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196, www.bsn.go.id,
- SNI 1727:2013 - BSN, (2013), Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196, www.bsn.go.id,
- Talumepa, J, R., Manoppo, F, J., & Manaroinson, L, D, K, (2019), Respon Spektra pada Jembatan Ir , Soekarno Manado, 7(7), 777–786,
- Taruna, M, (2017), Kinerja Struktur Beton Srpmk Yang Didesain Berdasarkan Sni 1726 : 2012 Dan Sni 2847 : 2013,



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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

UMSU
 Unggul | Cerdas | Terpercaya

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TAUFIQURRAHMAN MG
NPM : 1707210171
JUDUL : "KINERJA GEMPA STRUKTUR BAJA SRPMK MEMAKAI BRESING EKSENTRIS AKIBAT GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki tinjauan Pustaka - perbaiki metode penelitian - buat Gantt Chart !	<i>[Signature]</i> 10/02/21
		all proposal Seminar	<i>[Signature]</i> 10/02/21
		- perbaiki Bab 2 - buat model linear	<i>[Signature]</i> 20/03/21
		- lanjut ke Bab 3 - perbaiki model linear SRPM	<i>[Signature]</i> 15/04/21
		- buat model linear SRPM yg lanjut 8 x 16 Lt	<i>[Signature]</i> 05/05/21
		- perbaiki model 4 Lt. - cek model linear 8 x 16 Lt	<i>[Signature]</i> 26/05/21
		- lanjut ke Bab 4 - cek model linear 8 x 16 Lt	<i>[Signature]</i> 13/06/21
		- perbaiki Bab 3 & Bab 4 - buat model nonlinier 4 Lt	<i>[Signature]</i> 27/06/21

Mengetahui,
 Pembimbing Tugas Akhir



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TAUFIQURRAHMAN MG
NPM : 1707210171
JUDUL : "KINERJA GEMPA STRUKTUR BAJA SRPMK MEMAKAI BRESING EKSENTRIS AKIBAT GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- Buat Grafik hasil linear 4, 8, & 16 lt	Vth 07/07 21
		- Cek model nonlinier 4 lt	
		- buat Model nonlinier 16 & 8 lt	
		- perbaiki model nonlinier 8 & 16 lt	Vth 26/07 21
		- perbaiki Bab 4	
		- Cek Grafik hasil Vth 13/08 21	Vth 18/08 21
		- Cek Model nonlinier 8 & 16 lt	
		- perbaiki Tabel & Grafik	
		- buat Grafik 1012 rata-rata	Vth 10/09 21
		- buat kesimpulan	
		- perbaiki Bab 4 & Grafik	Vth 30/09 21
		- perbaiki kesimpulan	
		- perbaiki grafik & bab 4	Vth 05/10 21
		- perbaiki Bab 4	
		- kesimpulan perbaiki	Vth 15/10 21
		- Dapt. pustaka perbaiki	
		acc utk seminar	Vth 30/10 21

Mengetahui,
 Pembimbing Tugas Akhir

(Signature)

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Taufiqurrahman Mg
Panggilan : Taufiq
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 03 Desember 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Sanusi Pane Gg. Amat Disan
Agama : Islam

Nama Orang Tua
Ayah : Ibrahim Margolang
Ibu : Suaida Yanti Rangkuti
No. HP : +62823-6212-6624
E-mail : taufiqurrahman0399@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210171
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	MIN 10 KISARAN	2011
2	SMP	MTsN 2 KISARAN	2014
3	SMA	SMAN 1 KISARAN	2017
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2017 sampai selesai.		