

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR BAJA BERBRESING KONSENTRIS
AKIBAT PENGARUH METODE MODIFIKASI GERAKAN TANAH
TERHADAP REKAMAN GEMPA MENGANDUNG PULSE DAN FLING
(Studi Literatur)**

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

Disusun oleh:

AMRANSYAH ARIGA
1707210034



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 : Amransyah Ariga

NPM : 1707210034

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Baja Berbresing Konsentris
Akibat Pengaruh Metode Modifikasi Gerakan Tanah
Terhadap Rekaman Gempa Mengandung Pulse Dan Fling
(Studi Literatur)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 9 Februari 2022

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Amransyah Ariga
NPM : 1707210034
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Struktur Baja Berbresing Konsentris Akibat Pengaruh Metode Modifikasi Gerakan Tanah Terhadap Rekaman Gempa Mengandung Pulse Dan Fling (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, 9 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I



Tondi Amriyati Putera, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



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

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 : Amransyah Ariga
Tempat/Tanggal Lahir : Medan /24 Januari 1999
NPM : 1707210034
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:“ Evaluasi Kinerja Struktur Baja Berbresing Konsentris Akibat Pengaruh Metode Modifikasi Gerakan Tanah Terhadap Rekaman Gempa Mengandung Pulse Dan Fling (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, 9 Februari 2022
Saya yang menyatakan,


Amransyah Ariga

ABSTRAK

EVALUASI KINERJA STRUKTUR BAJA BERBRESING KONSENTRIS AKIBAT PENGARUH METODE MODIFIKASI GERAKAN TANAH TERHADAP REKAMAN GEMPA MENGANDUNG PULSE DAN FLING

Amransyah Ariga

1707210034

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

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi, oleh karena itu Indonesia memiliki peraturan perencanaan ketahanan gempa untuk struktur yang terbaru SNI 1726-2019. Bangunan bertingkat tinggi merupakan struktur gedung yang rentan terhadap gaya lateral sehingga harus dirancang dengan penahan gaya lateral. Salah satu sistem penahan gaya lateral yaitu bresing. Pada tugas akhir ini direncanakan struktur baja struktur baja berbresing konsentris 2 dimensi pada 3 model struktur 4, 8, dan 16 lantai yang dimodelkan terhadap 3 jenis metode modifikasi penskalaan rekaman gempa yaitu metode PGA, metode RSA T1, dan metode Spectral Matching untuk analisis linier dan analisis non linier. 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 simpangan atap dalam ketiga model dipengaruhi oleh nilai perioda setiap modelnya dan berat bangunan itu sendiri. Nilai simpangan atap maksimum terjadi pada model 3 dan nilai rasio maksimum terjadi pada model 4 lantai. Nilai maksimum untuk simpangan antar lantai terjadi pada struktur model 16 lantai.

Kata Kunci : Gempa bumi, Baja, Bresing Konsentris

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION ON CONCENTRIC BRACE FRAME PRESSED STEEL STRUCTURE DUE TO THE EFFECT OF GROUND MOTION MODIFICATION ON EARTHQUAKE RECORDING CONTAINING PULSE AND FLING

Amransyah Ariga

1707210034

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

Indonesia is a country that is prone to earthquake disasters, therefore Indonesia has an earthquake resistance planning regulation for the latest structure, SNI 1726-2019. High-rise buildings are building structures that are susceptible to lateral forces so they must be designed with lateral forces resisting. One of the lateral force resisting systems is braces. In this final project, 2-dimensional concentric braced steel structures are planned on 3 structural models 4, 8, and 16 floors which are modeled on 3 types of earthquake recording scaling modification methods, namely the PGA method, the RSA T1 method, and the Spectral Matching method for linear and linear analysis. non-linear analysis. Model 1 has a height of 18.3 m (4 floors) with a span of 30.48 m with a medium soil type (SD), Model 2 has a height of 35.4 m (8 floors) a span 30.48 m with medium soil type (SD), Model 3 has a height of 69.5 m (16 floors) span 30.48 m with medium soil type (SD). The analysis results obtained show that the Top Displacement value 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 the model 1. The maximum value for the deviation between floors occurs in the structure of model 3.

Keywords :Earthquake, Steel, Concentric Braces

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 Kinerja Struktur Baja Berbresing Konsentris Akibat Pengaruh Metode Modifikasi Gerakan Tanah Terhadap Rekaman Gempa Mengandung Pulse Dan Fling”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan 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 masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
6. Orang tua saya Ijawansah, Juniati Nasution dan saudara/i kandung saya Anasution Ariga, S.T, Alwinskyah Ariga, S.T, Ardiansyah Ariga, S.T, atas dukungan moril maupun materil dan kasih sayang tulus selama ini kepada penulis.

7. Terimakasih kepada teman-teman Earthquake Engineering Research Group yang telah banyak memberikan pemikiran dan inovasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin Namanya disebut satu persatu yang telah membantu dan memotivasi selama menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Keluarga besar Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat serta canda dan tawa.

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

Medan, 9 Februari 2022

Amransyah Ariga

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	
2.2 Pengertian Gempa Bumi	7
2.3 <i>Ground motion</i> (Getaran tanah)	7
2.3.1 Gempa Dekat (<i>Near-field</i>)	8
2.3.2 Gempa <i>pulse</i>	9
2.3.3 Gempa <i>fling</i>	10
2.3.4 Gempa Jauh (<i>Far-field</i>)	11
2.4 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019	12
2.5 Sistem Rangka Bresing Konsentrik (<i>Concentrically Braced Frames</i>)	12
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Umum	16
3.2 Permodelan Struktur	17
3.2.1 Data Perencanaan Struktur	17

3.2.2 Dimensi Kolom-Balok	21
3.3 Desain Baja	23
3.3.1 Kekuatan Tarik	23
3.3.2 Kekuatan Tekan	23
3.3.3 Luas Neto Effektif	23
3.4 Analisis Struktur	24
3.4.1 Analisis Dinamik Struktur Linier	24
3.4.1.1 Pembebanan	24
3.4.1.2 Respon Spektrum Desain Gempa	24
3.4.1.3 Kombinasi Pembebanan	25
3.4.2 Analisis Dinamik Struktur Non Linier	26
3.4.2.1 Groundmotion Records	26
3.4.2.2 Analisis Respon Riwayat Waktu	30
3.4.2.3 Selubung Siklik (<i>Cyclic Envelope</i>)	33
3.4.2.4 Pemodelan Sendi Plastis Balok	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier	39
4.2 Hasil Analisa Ragam	39
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	39
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	40
4.2.3 Koreksi Faktor Redudansi	40
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	41
4.2.5 Nilai Simpangan Antar Tingkat	41
4.2.5.1 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa <i>Pulse</i>	42
4.2.5.2 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa <i>Fling</i>	44
4.2.6 Nilai Simpangan Atap	45
4.2.7 Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	46
4.2.8 Pengaruh Efek P-Delta	46
4.3 Hasil Analisa Non Linier	47

4.3.1 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa <i>Pulse</i>	47
4.3.2 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa <i>Fling</i>	49
4.4 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio)	51
4.4.1 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio) <i>Interstory Drift (ID)</i> pada Gempa <i>Pulse</i>	51
4.4.2 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio) <i>Interstory Drift (ID)</i> pada Gempa <i>Fling</i>	52
4.4.3 Hasil Analisa Simpangan <i>Inelastic</i> (ρ -ratio) <i>Top Displacement</i> pada Gempa <i>Pulse</i>	52
4.4.4 Hasil Analisa Simpangan <i>Inelastic</i> (ρ -ratio) <i>Top Displacement</i> pada Gempa <i>Fling</i>	53
BAB 5 KESIMPULAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.1.1 Gempa <i>Pulse</i>	55
5.1.2 Gempa <i>Fling</i>	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan	22
Tabel 3.2: Kombinasi Pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1,3$, $SDS = 1$.	26
Tabel 3.3: Data Gempa No <i>Pulse</i> (Gempa Biasa)	27
Tabel 3.4: Data Gempa Dengan <i>Pulse</i>	28
Tabel 3.5: Data Gempa Dengan <i>Pulse</i> Mengandung <i>Fling</i>	28
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.	43
Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.	44
Tabel 4.3: Nilai perbandingan top displacement untuk masing-masing model pada metode modifikasi penskalaan groundmotion.	49
Tabel 4.4: Nilai perbandingan top displacement nonlinier untuk masing-masing model pada metode modifikasi penskalaan groundmotion	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1:	Struktur Rangka Bresing Konsentrik	3
Gambar 2.1:	Respons spektra 21 rekaman ground motions dan rata-rata respons spektrum desain dengan $\zeta = 5\%$	8
Gambar 2.2:	Rekaman gempa Northridge dan Parkfield	9
Gambar 2.3:	Rekaman gempa Northridge dan Parkfield	9
Gambar 2.4:	Tipikal kecepatan dan perpindahan rekaman gempa	10
Gambar 2.5:	Kebutuhan siklik pada kolom	11
Gambar 2.6:	Bresing bentuk Cross	13
Gambar 2.7:	Konfigurasi sistem rangka bresing konsentrik	14
Gambar 2.8:	Sistem bresing X 2 lantai	14
Gambar 2.9:	Gaya yang bekerja pada batang diagonal sistem CBF	15
Gambar 3.1:	Bagan alir penelitian	16
Gambar 3.2:	Denah Rangka Lantai Tipikal 4 Lantai dan 8 Lantai	18
Gambar 3.3:	Tampilan Isometrik Model Gedung 4 Lantai, Tampilan Isometrik Model Gedung 8 Lantai, dan Tampilan Isometrik Model Gedung 16 Lantai	21
Gambar 3.4:	Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019 Kota Gunungsitoli dengan jenis tanah sedang	25
Gambar 3.5:	Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum	30

Gambar 3.6: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum	30
Gambar 3.7: Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia (Banda Aceh).	31
Gambar 3.8: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum (gambar atas) dan setelah diskalakan (gambar bawah), ini merupakan gempa tunggal	31
Gambar 3.9: Rekaman gempa Mammoth Lakes-01 California dan Mammoth Lakes-03 California setelah digabungkan, ini merupakan gempa berulang	32
Gambar 3.10: Kurva backbone monotonik dan siklik yang ideal untuk balok Baja	33
Gambar 3.11: Skema gaya dari balok dan kolom yang bekerja pada zona panel dan gaya geser zona panel resultan.	37
Gambar 3.12: Skema Pemodelan Analitik Bresing Konsentris (CBF)	38
Gambar 4.1: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> (<i>ID</i>) untuk struktur baja berbresing konsentris 4 lantai (Model 1)	42
Gambar 4.2: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> (<i>ID</i>) untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2)	42
Gambar 4.3: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> (<i>ID</i>) untuk struktur baja berbresing konsentris 16 lantai (Model 3)	43

Gambar 4.4: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> untuk struktur baja berbresing konsentris 4 lantai (Model 1)	44
Gambar 4.5: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2)	44
Gambar 4.6: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> untuk struktur baja berbresing konsentris 16 lantai (Model 3)	45
Gambar 4.7: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 4 (Model 1)	47
Gambar 4.8: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2)	48
Gambar 4.9: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 16 (Model 3)	48
Gambar 4.10: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 4 (Model 1)	49
Gambar 4.11: Nilai rata-rata <i>interstory drift (ID)</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2)	49
Gambar 4.12: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 16 (Model 3)	50
Gambar 4.13: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) <i>interstory drift (ID)</i> berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan <i>groundmotion</i>	51
Gambar 4.14: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) <i>top displacement</i> berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan <i>groundmotion</i>	52

Gambar 4.15: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) *top displacement* pada gempa *pulse* berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion* 53

Gambar 4.16: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) *top displacement* pada gempa *fling* berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion* 53

DAFTAR NOTASI

A	= Percepatan
V	= Kecepatan
SDOF	= <i>Single Degree Of Freedom</i>
MDOF	= <i>Multi Degree Of Freedom</i>
F_y	= Tegangan leleh
F_u	= Tegangan ultimate
MRF	= <i>Moment Resisting Frames</i>
CBF	= <i>Concentric Braced Frames</i>
S_I	= Percepatan batuan dasar pada perioda pendek
S_S	= Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
$MCER$	= <i>Maximum Considered Eartquake Ratio</i>
F_a	= Faktor amplikasi getaran pada perioda pendek
F_v	= Faktor amplikasi getaran pada perioda 1 detik
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
T_e	= Waktu getar efektif
K_e	= Kekakuan lateral efektif
V_y	= Kuat leleh bangunan
ρ	= Faktor redudansi
PGA	= <i>Peak Ground Acceleration</i>
RSA T1	= <i>Response Spectra Acceleration T1</i>
DL	= <i>Dead load</i>
LL	= <i>Live load</i>
EX	= <i>Earthquake-X</i>
EY	= <i>Earthquake-Y</i>
CQC	= <i>Complete Quadratic Combination</i>
SRSS	= <i>Square Root of the Sum of Square</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

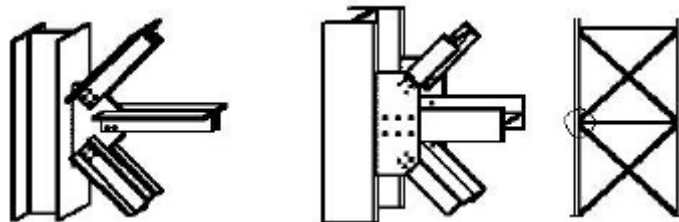
Indonesia berada pada kondisi geografis pertemuan 2 lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Australia yang mengakibatkan seringnya terjadi gempa dengan intensitas kecil maupun besar akibat dari pergeseran dari kedua lempeng tersebut. Gempa bumi merupakan fenomena alam berupa getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi dari kerak bumi secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Ini terjadi karena beban gempa bekerja melalui lapisan tanah yang bergerak siklis baik dalam arah horizontal maupun arah vertikal. Gerakan siklis ini akan menyebabkan bagian bawah suatu bangunan untuk ikut bergerak mengikuti gerakan lapisan tanah dimana bangunan tersebut berdiri.

Kejadian sebuah gempa umumnya dikaitkan kepada gempa utama yang dimilikinya. Sedangkan pada proses perencanaan, bangunan hanya dirancang untuk dapat menahan sebuah gempa tunggal yang berasal dari gempa utama 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 utama lain di kemudian hari (gempa berulang). (*Tondi A, dkk, 2018*).

Sifat daktilitas diperlukan agar struktur mampu mengalami deformasi atau perubahan bentuk secara daktil dengan cara memencarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur, selain itu material baja mempunyai kekuatan Tarik dan kekuatan tekan yang sama besar, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai elemen struktur yang memikul beban gempa yang berarah bolak balik seperti gaya gempa (*Ahmadi S & Octaviana, 2008*).

Konfigurasi Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa salah satunya yang dikenal dalam SNI 1729-2015 yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik

(*Concentrically Braced Frames*) Sistem Rangka Bresing Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan *Moment Resisting Frames* (MRF). Sistem Rangka Bresing Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan sistem MRF yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga keagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.



Gambar 1.1: Struktur Rangka Bresing Konsentrik (M. Mostopo, 2007).

Struktur rangka baja berpengaku konsentrik merupakan sistem struktur rangka baja pemikul beban gempa yang banyak digunakan di Indonesia. Oleh karena itu, kita perlu mengetahui kinerja struktur yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami gempa tunggal dan gempa berulang dengan periode ulang gempa tertentu agar ketahanan bangunan dapat kita rencanakan sebaik mungkin. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri. Lalu bagaimana jadinya jika bangunan ini terkena gempa lainnya merupakan gempa jauh dan gempa dekat?

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengetahui perilaku simpangan antar tingkat yang terjadi akibat gempa yang mengandung *pulse* dan *fling* pada struktur baja memakai bresing konsentris.
2. Bagaimana mengetahui perilaku simpangan atap yang terjadi akibat gempa yang mengandung *pulse* dan *fling* pada struktur baja memakai bresing konsentris.

1.3. Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui perbedaan simpangan antar tingkat akibat gempa yang mengandung *pulse* dan *fling* pada struktur baja memakai bresing konsentris.
2. Untuk mengetahui perbedaan simpangan atap (*top displacement*) akibat gempa yang mengandung *pulse* dan *fling* pada struktur baja memakai bresing konsentris.

1.4. Ruang Lingkup

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
 - a. Struktur baja berbresing konsentris khusus (SRBKK) 2 Dimensi pada 4, 8, 16 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Gunungsitoli dengan jenis tanah sedang.
 - b. 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:
 - a. Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan Gedung SNI 1729:2020.
 - b. Perencanaan pembebanan menggunakan SNI 1727:2013
 - c. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.

- d. Beban gempa dan Gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019.
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
 - a. Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain pada analisa respon spektrum linear dan analisa riwayat waktu.
 - b. PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi respon spektrum.
 - d. MATLAB versi R2016a, untuk menskalakan *groundmotion*.
 - e. RUAUMOKO2D versi 04, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Nonlinier) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.
 4. Parameter yang ditinjau:
 - a. Linier adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai SNI 1726:2019.
 - b. Nonlinier: - Simpangan antar tingkat,
- Simpangan atap

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada evaluasi kinerja struktur baja berbresing konsentris akibat pengaruh metode modifikasi gerakan tanah terhadap rekaman gempa mengandung *pulse* dan *fling* maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Berpengaku Konsentrik.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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 berbresing konsentris (SRBK), dan konsep tentang kekuatan bangunan baja terhadap gempa yang terjadi.

BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini akan menampilkan bagaimana metode penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan baja dengan sistem rangka berbresing konsentris terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur.

BAB 4 HASIL 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, 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.

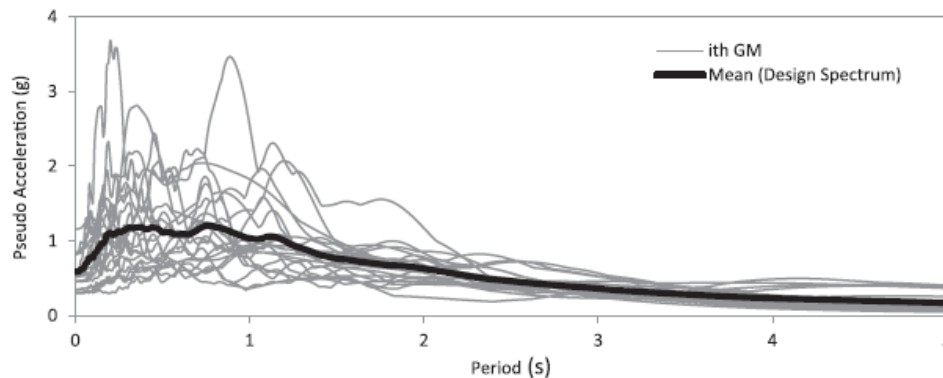
2.2. Pengertian Gempa Bumi

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Gerakan atau getaran tanah yang terjadi akibat gempa disebabkan oleh terlepasnya timbunan energi yang tersimpan di dalam bumi secara tiba-tiba. Energi yang terlepas ini dapat berbentuk energi potensial, energi kinetik, energi kimia, atau energi regangan elastis. Pada umumnya gempa-gempa yang merusak lebih banyak diakibatkan oleh terlepasnya energi regangan elastis di dalam batuan (*rock*) di bawah permukaan bumi. Energi gempa ini merambat ke segala arah dan juga ke permukaan tanah sebagai gelombang gempa (*seismic wave*), sehingga akan menyebabkan permukaan bumi bergetar. (Siswanto dan Afif, 2018).

2.3. *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. Khususnya untuk keperluan teknik, percepatan tanah akibat gempa merupakan

data yang sangat penting (Pawirodikromo, 2012). Gambar 2.1 menunjukkan contoh dari 21 rekaman *ground motion* serta respons spektrum desain rata-rata.



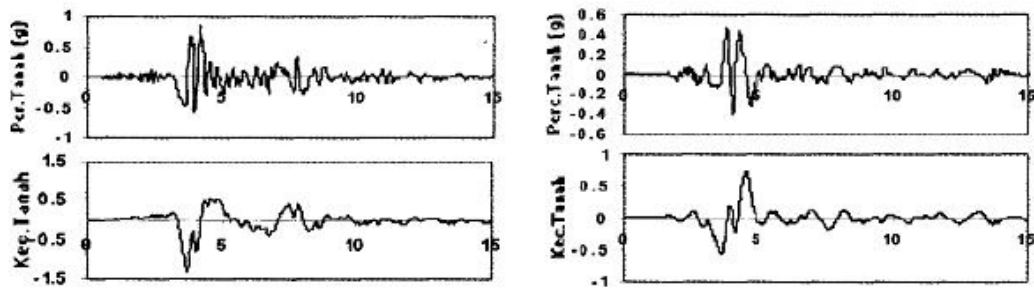
Gambar 2.1: Respons spektra 21 rekaman *ground motion* dan rata-rata respons spectrum desain dengan $\zeta = 5\%$ (Shakeri dkk, 2018).

Respon gempa sensitif terhadap karakteristik getaran tanah, besar frekuensi gempa, pola *pulse*, durasi getaran, mekanisme *fault-rupture*, dan lainnya. Berdasarkan pola *pulsenya*, gempa dibagi menjadi 3, yaitu *near-field* (gempa dekat, yaitu gempa dengan *pulse*), *far field* (gempa jauh, yaitu gempa tanpa *pulse/no-pulse*), dan gempa berulang.

2.3.1. Gempa Dekat (*Near-field*)

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

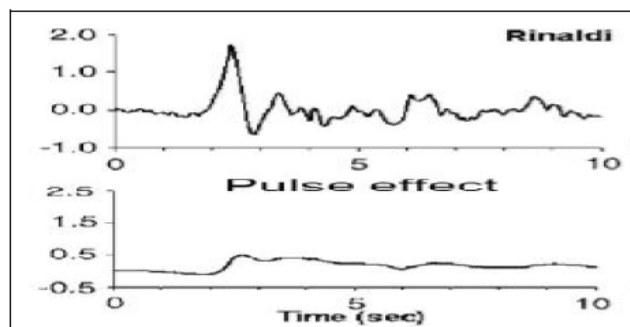
Kalkan, dkk.(2004) memberikan batasan bahwa rekaman gempa *near-fault* adalah gempa yang direkam 15 km dari patahan (*fault rupture*). Contoh rekaman gempa dekat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



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

2.3.2. Gempa *pulse*

Pawirodikromo (2012) menyebutkan bahwa getaran gempa dekat yang mengandung efek *pulse* dapat menyebabkan bangunan yang tidak direncanakan secara baik akan mengalami kerusakan. Bangunan yang tidak simetris sebidang termasuk yang memiliki resiko rusak bila mengalami gempa dekat.



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

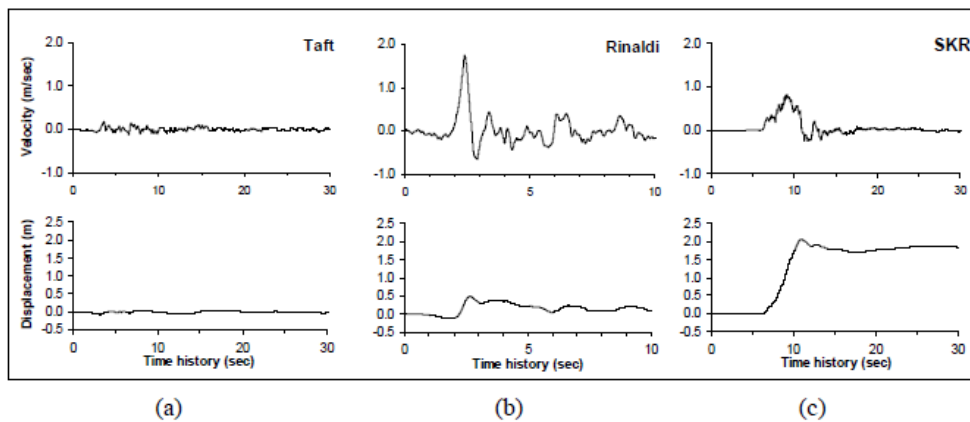
Gambar 2.3 menunjukkan data rekaman gempa yang mengandung *pulse*, pada gambar bagian atas merupakan waktu dengan kecepatan, dapat dilihat bahwa pada waktu ± 2.5 detik terjadi kenaikan yang drastis pada kecepatan rekaman gempa dan pada gambar bagian bawah merupakan waktu dengan perpindahan, dimana pada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

2.3.3. Gempa *fling*

Dalam bukunya, Pawirodikromo (2012) menyebutkan bahwa gempa dekat mengakibatkan kerusakan yang sangat besar contohnya gempa Northridge (1994), gempa Kobe (1995) dan gempa Taiwan (1999). Gerakan tanah akibat gempa gempa dekat utamanya akan dipengaruhi tiga hal pokok:

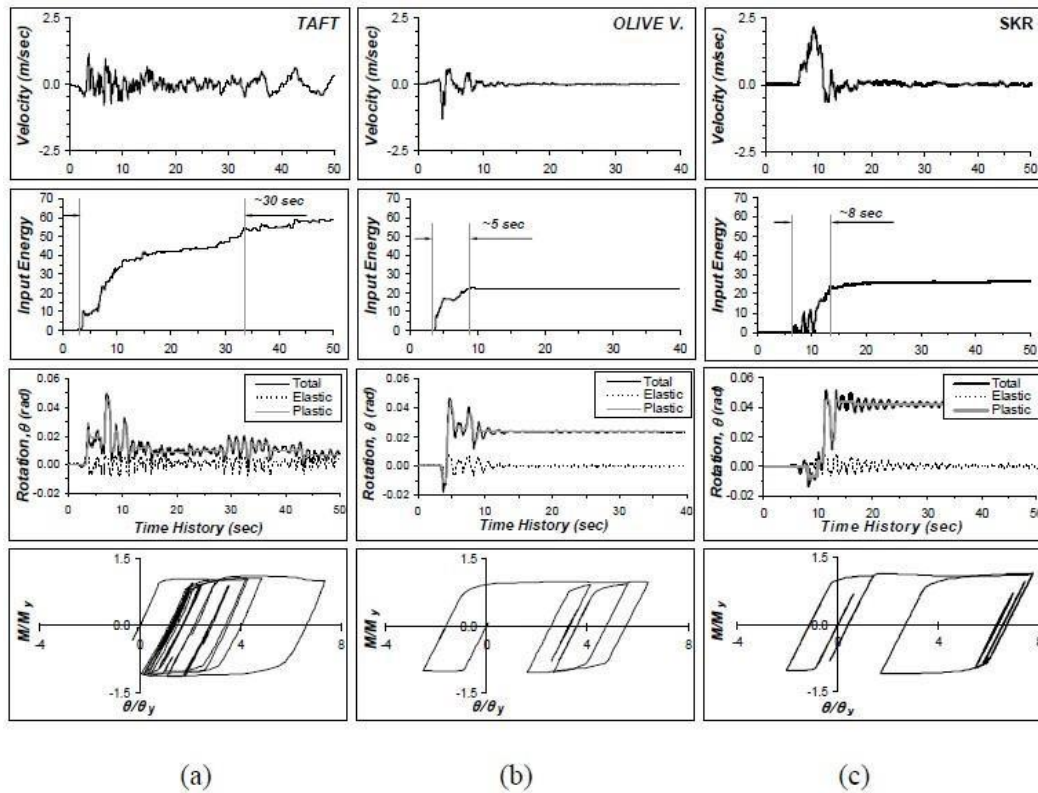
1. Mekanisme gempa.
2. Arah rambatan patahan relatif terhadap site.
3. Kemungkinan terjadinya perpindahan permanen akibat patahan.

Hal-hal tersebut di atas selanjutnya dikenal oleh pemerhati gempa sebagai *rupture directivity* dan *fling step*. Menurut Kalkan dan Kunnath, respon struktur terhadap gerakan tanah akibat gempa dekat dapat dikategorikan kedalam dua perbedaan pola riwayat perpindahan yang bergantung pada proses kehancuran dan efek *directivity* yang sesuai dengan proses kehancuran batuan seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4. Efek *directivity* terbagi kedalam *forward directivity* dan *backward directivity*.



Gambar 2.4: Tipikal kecepatan dan perpindahan rekaman gempa: a) far-fault, b) near-fault (forward directivity), dan c) near-fault (*fling-step*) (Kalkan dan Kunnath, 2006).

Di sisi lain, *fling step* menjadi hasil dari evolusi perpindahan sisa tanah akibat deformasi tektonik yang berkaitan dengan mekanisme kehancuran, umumnya ditandai dengan *pulse* kecepatan dengan amplitudo besar searah dan langkah monoton dalam perpindahan riwayat waktu. Bentuk riwayat waktu dari gempa jauh, gempa dekat (*forward-directivity*) dan gempa dekat (*fling-step*) dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Kebutuhan siklik pada kolom akibat a) *far-fault* TAFT, b) *near-fault (forward directivity)* Olive V., dan c) *near-fault (fling-step)* SKR. (Kalkan dan Kunnath, 2006).

2.3.4. Gempa Jauh (*Far-field*)

Rekaman gempa pada *far-field* pada prinsipnya berbeda dengan gempa *near-field* dikarenakan energi gempa yang merambat pada jarak yang jauh maka terdapat waktu yang cukup bagi media tanah untuk menyerap sebagian energi gempa. Semakin jauh gelombang merambat maka semakin besar energi gelombang gempa yang diserap oleh media tanah. Perubahan respon tanah (percepatan, kecepatan dan perpindahan) setelah gelombang gempa merambat pada jarak atau durasi tertentu disebut atenuasi.

Pada umumnya gempa jauh (*far-field*) memiliki percepatan yang lebih kecil, frekuensi yang lebih rendah, impulsif, fluktuatif, respons tanah/batuan dan redaman yang kecil. Karena *ground motion acceleration history*, A mempunyai frekuensi getaran yang lebih tinggi daripada *velocity* maka *ground acceleration* beratenuasi lebih cepat daripada *ground velocity*, V . Dengan kondisi seperti ini

maka gempa jarak jauh mempunyai A/V rasio yang lebih rendah daripada gempa jarak-jarak dekat.

Jarak waktu gempa susulan (*aftershock*) dengan gempa utama (*mainshock*) tidak dapat diprediksi datangnya, interval waktu antara *mainshock* dengan *aftershock* dapat dalam hitungan jam bahkan tahun. Gempa berulang tidak hanya berakibat dari aktivitas patahan saja namun juga dapat berasal dari penggabungan antara gempa dekat (*near field*) dan gempa jauh (*far field*). (Faisal dkk. 2013).

Efetkhar dan Nouri (2018) menyatakan bahwa wen dkk. (2002) berpendapat kerentanan kerusakan bangunan bertingkat tinggi berdasarkan jenis situs terhadap beban gempa didapati bahwa bangunan bertingkat tinggi dengan jenis situs bertanah lunak akan lebih parah kerusakannya ketika terkena gempa jauh dibandingkan dengan bangunan bertingkat tinggi dengan jenis situs tanah batuan ketika terkena efek gempa dekat. Sharif dan Behnamfar menyatakan bahwa efek gempa dekat pada sistem rangka pemikul momen sangat sensitif terhadap perioda alami struktur terhadap perioda getaran tanah, akibat daripada itu perlu ditingkatkan rasio perkuatan pada struktur.

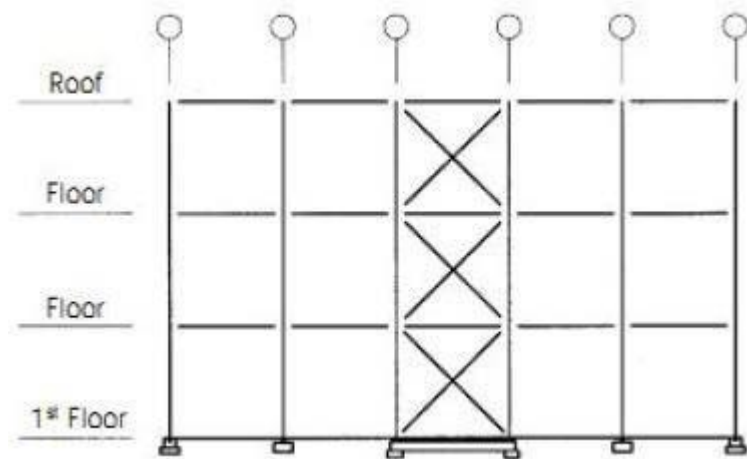
2.4. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019

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 di Indonesia memiliki peraturan sendiri dan peta gempanya. Peraturan yang berlaku saat ini ialah SNI 1726:2019 yang merupakan revisi dari SNI 03-1726-2012. Dimana terdapat perubahan dalam penentuan koefisien situs F_a dan F_v perubahan-perubahan nilai S_s dan S_1 .

2.5. Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frames*)

Sistem Rangka Bresing Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. Sistem Rangka Bresing Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang

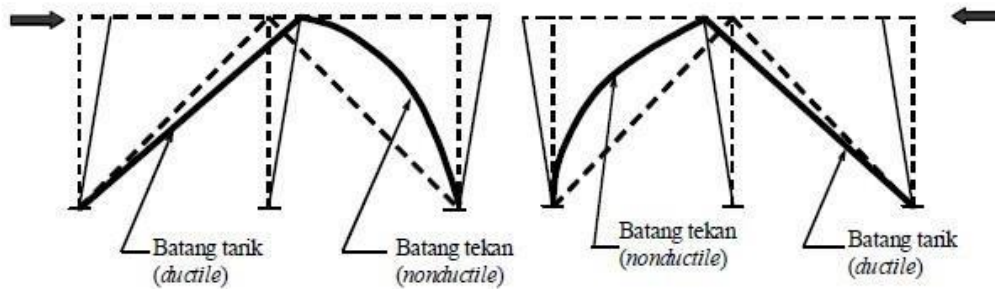
dengan sistem sistem rangka pemikul momen yang hanya bias digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. (Pudjisuryadi,dkk.2006).



Gambar 2.6: Bresing bentuk Cross
(Johnson, 2002).

Sistem Rangka Bresing Konsentrik adalah sistem struktur yang dapat menahan beban lateral melalui sistem truss konsentris vertikal, sumbu dari anggota menyelaraskan konsentris pada sendi. Rangka bresing konsentrik cenderung efisien dalam menahan gaya lateral karena dapat memberikan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Karakteristik ini juga dapat menghasilkan respon seismik yang kurang menguntungkan, seperti kapasitas drift rendah dan percepatan tinggi. Rangka bresing konsentrik adalah baja struktural umum atau sistem komposit di daerah kegempaan apapun. Sistem rangka bresing konsentrik khusus adalah kelas khusus dari sistem rangka bresing konsentrik yang proporsional dan rinci untuk memaksimalkan kapasitas drift inelastis. Jenis sistem CBF didefinisikan hanya untuk baja struktural dan komposit struktur. (Sabelli,2013).

Pada sistem CBF salah satu batangnya akan berperilaku sebagai batang tekan dan batang tarik tergantung dari pengaruh beban lateral akibat gempa. Sehingga perlu direncanakan dengan baik agar rangka tidak mengalami tekuk saat terjadi beban gempa siklik (bolak-balik). (Poerbo,2000).

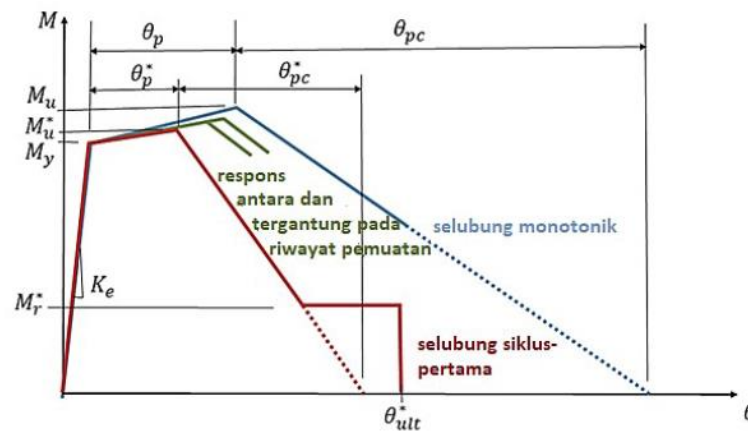


Gambar 2.9: Gaya yang bekerja pada batang diagonal sistem CBF (AISC, 2005).

Perilaku daktail sangat diharapkan ketika struktur digunakan untuk menyerap energi seperti ketika mengalami gerakan tanah yang kuat. Kapasitas baja tanpa fraktur dikombinasikan dengan kekuatan tinggi membuat bahan yang ideal untuk digunakan dalam sistem bresing konsentrik. (Taranath,1997).

2.5.1. Selubung Siklik (*Cyclic Envelope*)

Jika kerusakan siklik tidak secara eksplisit ditangkap dalam model sendi komponen balok, model harus didasarkan pada envelope siklik, yang parameternya ditentukan menggunakan statistik kurva selubung (envelope) siklus pertama dari tes siklik (NIST, 2017b; Hartloper dan Lignos, 2016). Parameter untuk kurva tulang punggung (*backbone*) siklik didefinisikan seperti, kekuatan hasil efektif dan kekakuan elastis (M_y dan K_e).



Gambar 2.10: Kurva backbone monotonik dan siklik yang ideal untuk balok baja (ATC, 2009).

2.5.2. Pemodelan Sendi Plastis Balok

2.5.2.1. Momen leleh (M_y)

Momen leleh (M_y) untuk tujuan pemodelan praktis, Momen leleh dinaikkan (dengan faktor β) di atas momen balok plastis yang diharapkan, $M_{p,exp}$, untuk memperhitungkan kecukupan jumlah siklik strain hardening. Momen luluh efektif diberikan sebagai:

$$M_y = \beta M_{p,exp} = \beta Z R_y F_y \quad (2.1)$$

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), $\beta = 1,1$

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.

2.5.2.2. Kekakuan Elastis (K_e).

Sendi balok dapat dimodelkan sebagai plastis kaku di mana sendi dimodelkan

dengan kekakuan elastis terbatas, tetapi besar. Jika sendi panjang-nol dimodelkan dengan kekakuan elastik terbatas, direkomendasikan untuk membuat kekakuan sendi awal, K_e , relatif besar terhadap keseluruhan balok. Ini dapat dinyatakan sebagai :

$$K_e = \alpha_e EI / L \quad (2.2)$$

dimana EI dan L adalah kekakuan penampang dan panjang balok, dan α_e adalah koefisien kekakuan.

2.5.2.3. Momen Puncak (M_u^*)

Momen Puncak (M_u^*) Kekuatan puncak meningkat di atas momen luluh efektif karena pengerasan siklik sebagai berikut:

$$(M_u^*) = 1,15M_y \quad (2.3)$$

2.5.2.4. Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)

Rotasi plastis siklik pra-puncak (θ_p^*) (rad), dapat ditentukan sebagai berikut:

untuk balok standar (non-RBS):

$$\theta_p^* = 0,3 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.3} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-1.7} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.2} \left(\frac{L}{d}\right)^{1.1} \quad (\text{COV} = 0,34) \quad (2.4a)$$

untuk balok RBS (Reduced Beam Section/Penampang balok direduksi):

$$\theta_p^* = 0,55 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.5} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.7} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.5} \left(\frac{L}{d}\right)^{0.8} \quad (\text{COV} = 0,42) \quad (2.4b)$$

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_p^* (rad), dapat ditentukan sebagai berikut:

untuk balok standar (non-RBS):

$$\theta_{pc}^* = 24,0 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.9} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.2} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.5} \quad (\text{COV} = 0,45) \quad (2.5a)$$

Untuk balok RBS:

$$\theta_{pc}^* = 20,0 \left(\frac{h}{t_w}\right)^{-0.8} \left(\frac{bf}{2t_f}\right)^{-0.1} \left(\frac{L_b}{r_y}\right)^{-0.6} \quad (\text{COV} = 0,31) \quad (2.5b)$$

Pada pemodelan nonlinear ini memilih $\theta_{pc} = 0,06$ berdasarkan rata-rata Zareian dan studi Krawinkler (2009), sedangkan $M_c/M_y = 1,13$ berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)

Menurut Zareian dan Krawinkler (2007), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dalam tugas akhir ini nilai θ_p yang digunakan adalah kapasitas rendah yaitu 0,04.

- Rotasi pasca-puncak (θ_{pc})

Pada pemodelan nonlinear ini memilih $\theta_{pc} = 0,06$ berdasarkan rata-rata Zareian dan studi Krawinkler (2007), sedangkan $M_c/M_y = 1,13$ berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

a. Gaya Residu (M_r^*)

Gaya Residu siklik untuk balok RBS dan non-RBS dapat diasumsikan sebagai :
 $(M_r^*) = 0,3 M_y$.

b. Rotasi Ultimate (θ_{ult}^*)

Kapasitas rotasi plastis ultimit kemungkinan besar akan dikendalikan oleh fraktur daktail. Berdasarkan data uji siklik yang tersedia, rotasi ultimit di bawah pembebanan siklik sama dengan $(\theta_{ult}^*) = 0,08$ (radian) dengan COV=0,3.

c. Batasan Penggunaan Persamaan.

Berdasarkan data yang tersedia yang digunakan dalam kalibrasi, kisaran penerapan yang disarankan dari persamaan di atas adalah sebagai berikut:

$$20 \leq h / tw \leq 55$$

$$4 \leq bf / 2tf \leq 8$$

$$20 \leq Lb / ry \leq 65$$

$$2.5 \leq L / d \leq 7$$

$$4 \leq d \leq 36 \text{ untuk balok standar; } 21 \leq d \leq 36 \text{ untuk balok RBS}$$

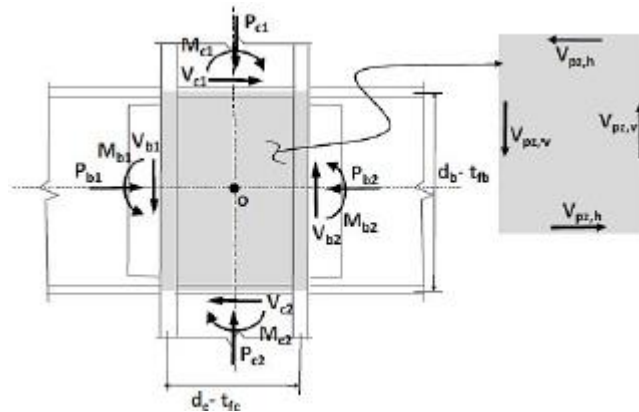
2.5.2.5. Panel Zone Sambungan Balok-Kolom

Kawasan panel zone (PZ) yang umum untuk pembatas balok dan kolom dikenai kombinasi gaya aksial, gaya geser, dan momen dari bagian yang terhubung.

Mengacu pada Gambar 3-5, dan mengasumsikan bahwa momen balok dan kolom ditahan terutama oleh pasangan gaya pada sayapnya, gaya geser horizontal nominal yang ditahan oleh PZ dihitung sebagai:

$$V_{pz,h} = \frac{M_{b1} + M_{b2}}{d_b - t_{fb}} - \frac{V_{c1} + V_{c2}}{2} \quad (2.6)$$

Dimana M_{b1} & M_{b2} adalah momen pada balok, yang bekerja pada muka kolom, V_{c1} dan V_{c2} adalah gaya geser pada kolom, d_b adalah kedalaman balok, dan t_{fb} adalah tebal sayap balok. Perhatikan bahwa geser zona panel biasanya didefinisikan dalam istilah komponen horizontal, $V_{pz,h}$, karena hal ini konsisten dengan bagaimana kekuatan geser panel sambungan seperti ditentukan dalam ANSI/AISC 360-16, Spesifikasi Bangunan Baja (AISC, 2016d). Berdasarkan resultan gaya geser sambungan horizontal, resultan gaya geser sambungan vertikal yang sesuai dapat ditentukan dengan kesetimbangan momen, yaitu, $V_{pz,h} (d_b - t_{fb}) = V_{pz,v} (d_c - t_{fc})$.

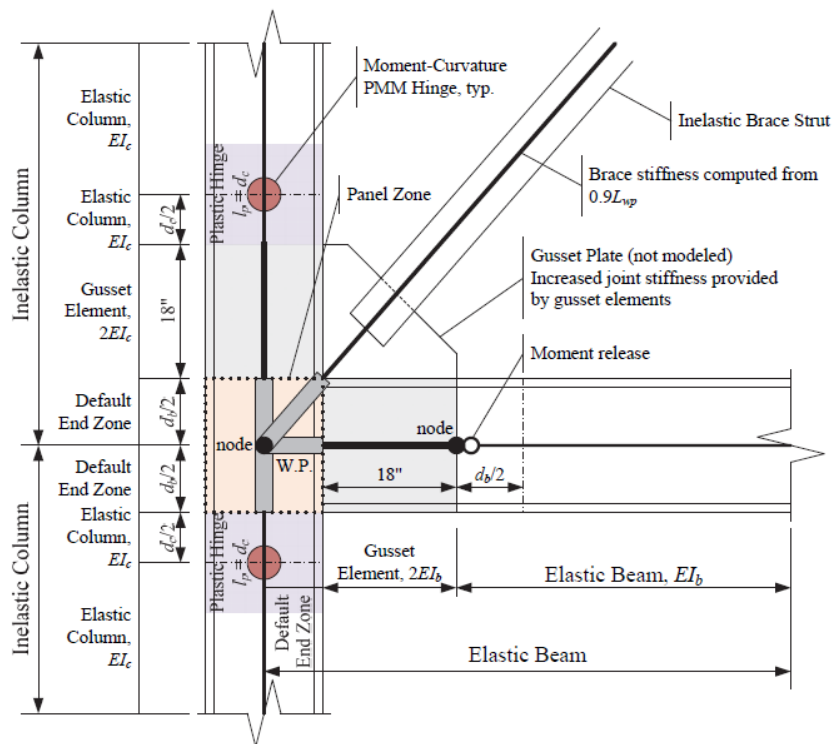


Gambar 2.11: Skema gaya dari balok dan kolom yang bekerja pada zona panel dan gaya geser zona panel resultan (ATC, 2009).

2.5.2.6. Prosedur Nonlinier pada Bresing Konsentris (CBF)

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 pengaku 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 penilaian nonlinier. Pada gambar, Zona Akhir Default dimodelkan dengan faktor kekakuan lentur dua; faktor zona ujung yang lebih tinggi berpotensi terlalu kaku untuk menangkap deformasi lentur di dalam daerah sambungan.



Gambar 2.12: Skema Pemodelan Analitik B्रेसing Konsentris (CBF).

2.5.2.7. Pemodelan Sendi Plastis Balok B्रेसing

Dalam pemodelan sendi plastis Balok B्रेसing terlebih dahulu kita memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan oleh SNI 1729:2020. Untuk syarat pertama adalah dengan memenuhi syarat batasan sayap badan, seperti persamaan 2.6.

$$\text{Rasio Lebar terhadap Tebal} = \frac{b}{t} \tag{2.7}$$

Keterangan:

b = tinggi badan profil

t = tebal badan profil

Batas Rasio Lebar terhadap Tebal λr (non langsing / langsing):

$$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.8)$$

Rasio Kelangsingan didapat dari persamaan sebagai berikut.

$$\frac{KL}{r} \quad (2.9)$$

Tegangan tekuk euler, F_e pada persamaan 2.9 sebagai berikut.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.10)$$

Tegangan kritis, F_{cr} pada persamaan 2.10 sebagai berikut.

$$\text{Bila } 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \leq \frac{KL}{r} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} < 2,25 \text{ maka : } F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (2.11a)$$

$$\text{Bila } 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \geq \frac{KL}{r} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \geq 2,25 \text{ maka : } F_{cr} = 0,877 \times F_e \quad (2.11b)$$

Setelah nilai F_{cr} maka kita bisa mendapatkan nilai kapasitas gaya aksial, P_c dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_c = \phi P_n = \phi F_{cr} A_g \quad (2.12)$$

Setelah itu nilai P_c harus memenuhi syarat terhadap gaya ultimit aksial yang diperlukan seperti syarat dibawah ini.

$$P_u \leq \phi P_n$$

Untuk mencari panjang sendi plastis bresing menggunakan persamaan berikut,

$$l_p = L_G + \frac{h_t}{2} \quad (2.13)$$

2.6. Penskalaan Gempa

Untuk analisa riwayat waktu (time history analysis), rekaman gerakan tanah dipilih dan dijadikan sebagai respon spektrum disain. Ada beberapa metode dalam menskalakan gempa. Dibawah ini akan dijelaskan beberapa metode menskalakan gempa.

2.6.1. Metode Skala PGA (Peak Ground Acceleration)

Teknik skala ini yaitu memasukkan beberapa catatan gempa kemudian di match terhadap PGA target yaitu PGA peraturan gempa:

$$Scale\ factor = \frac{PGA_{ds}}{PGA_{gmr}} \quad (2.14)$$

Dimana:

PGA_{ds} = PGA desain spektrum.

PGA_{gmr} = PGA ground motion record

2.6.2. Metode Skala RSA T1

Teknik skala ini yaitu penskalaan berdasarkan nilai respon spektrum pada perioda T yang sama dengan perioda alami struktur (T1) disingkat RSA (T1), mengacu kepada spektra desain yang ada pada peraturan gempa:

$$Scale\ factor = \frac{T1_{ds}}{T1_{gmr}} \quad (2.15)$$

Dimana:

$T1_{ds}$ = T1desain spektrum.

$T1_{gmr}$ = T1ground motion record.

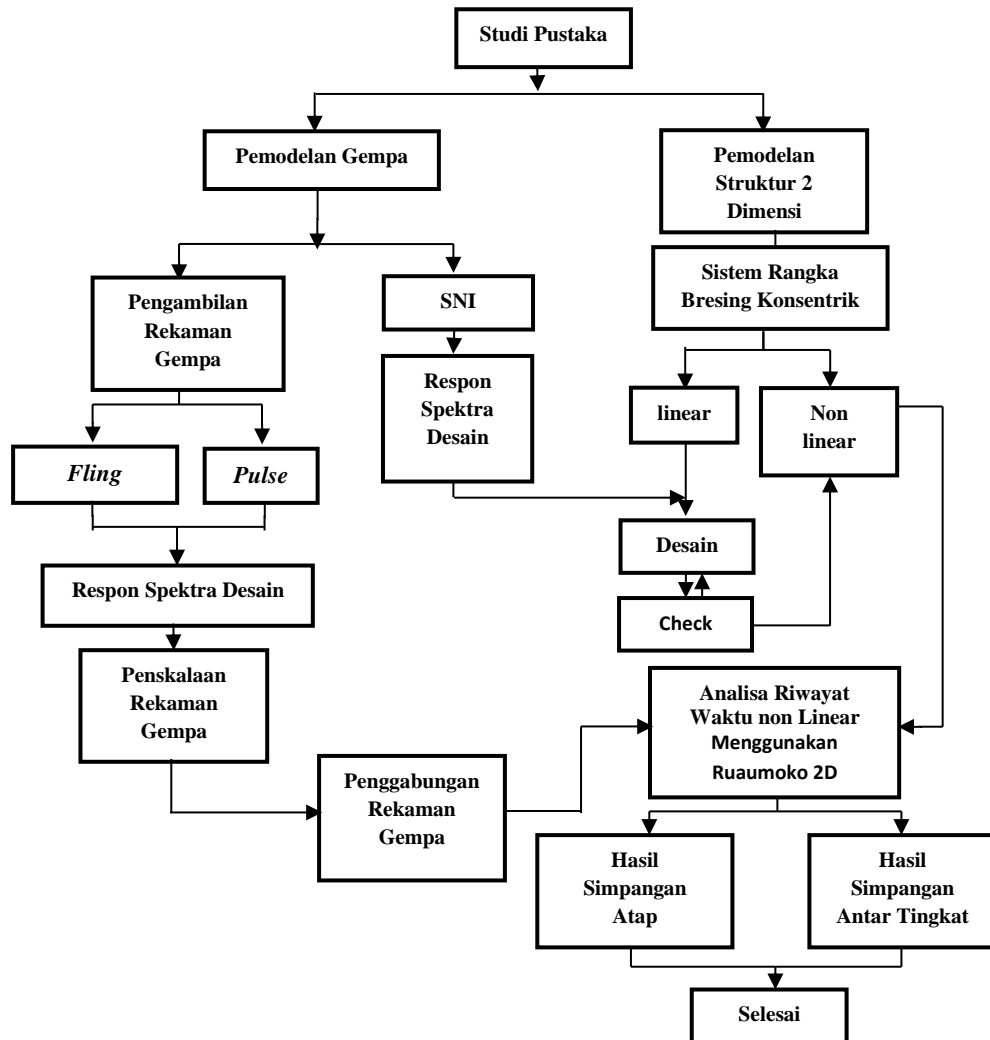
2.6.3. *Spectrum Matching*

Metode numerik untuk penyesuaian spektra telah diusulkan termasuk oleh Hancock dkk. (2006). Metode Hancock dkk. ini dipakai di dalam program *SeismoMatch* dan *RSPMatch*.

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 versi 04. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini

analisis dilakukan terhadap 3 model dengan system rangka pemikul momen khusus pada bagian luar dan sistem rangka pemikul gravitasi pada bagian dalam. Model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *software* RUAUMOKO versi 04, untuk mendapatkan nilai simpangan antar tingkat (*interstory drift*) dan simpangan atap (*top displacement*) ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal dan gempa berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan dengan dengan gempa di hasilkan.

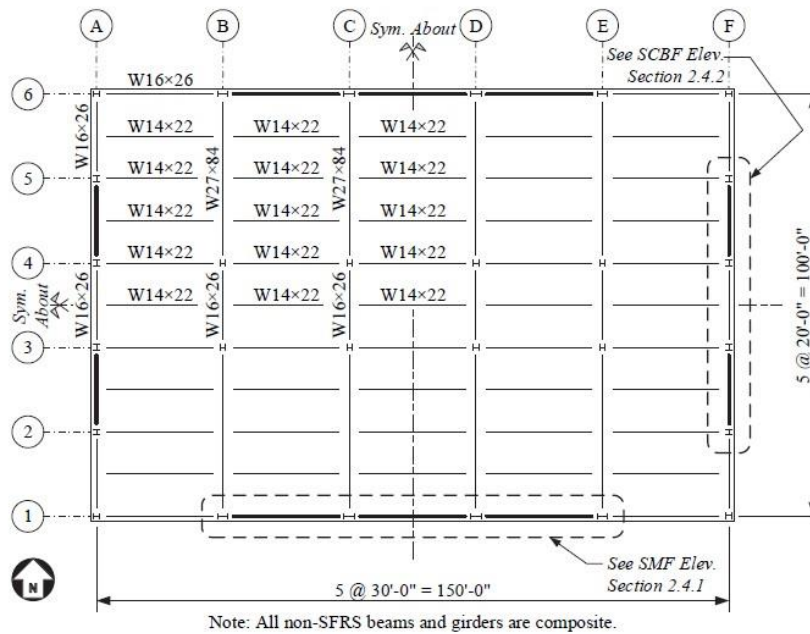
3.2. Pemodelan Struktur

3.2.1. Data Perencanaan Struktur

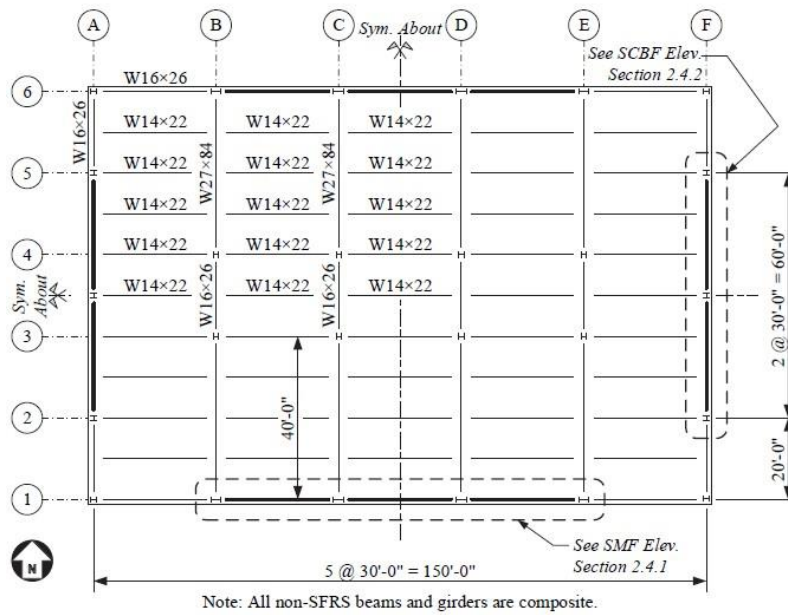
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Gunungsitoli.
3. Klasifikasi situs tanah sedang (*SD*).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Berbresing Konsentris Khusus.
5. Jenis portal struktur gedung adalah struktur baja.
6. Mutu baja yang digunakan adalah:
 - a. Untuk profil IWF ASTM 992 Grade 50
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 345 MPa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 450 Mpa
 - b. Untuk profil HSS ASTM 500 Grade B:
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 317 Mpa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 450 Mpa

Pada tugas akhir ini, direncanakan struktur bangunan dengan material baja dengan sistem rangka berbresing konsentris dan berbentuk simetri. Adapun bentuk pemodelan yang digunakan adalah Sistem Rangka Berbresing Konsentris Khusus (4, 8, dan 16 Lantai).

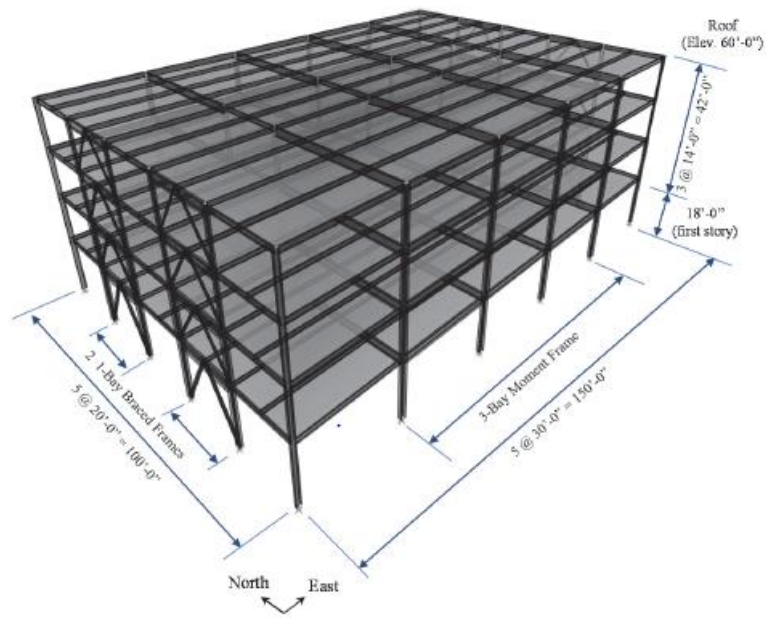


a)

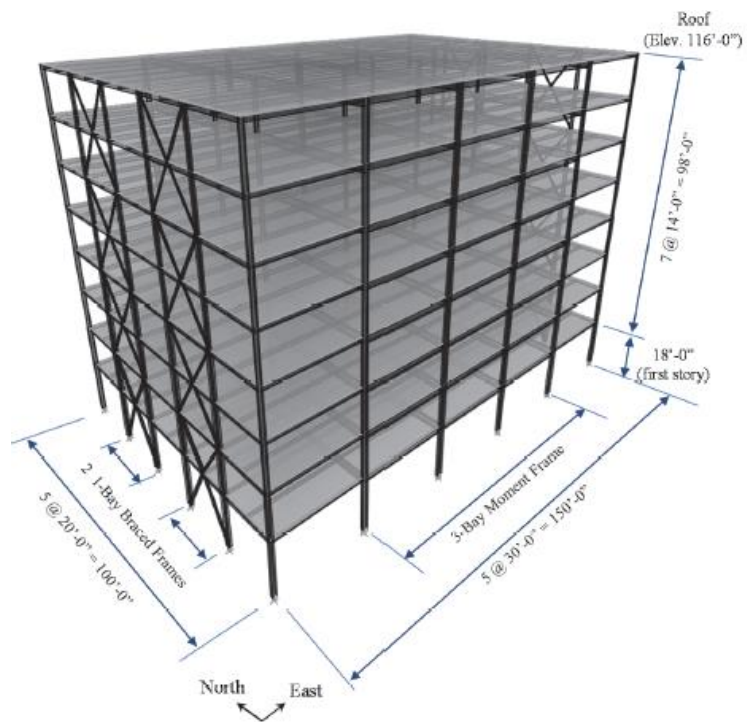


b)

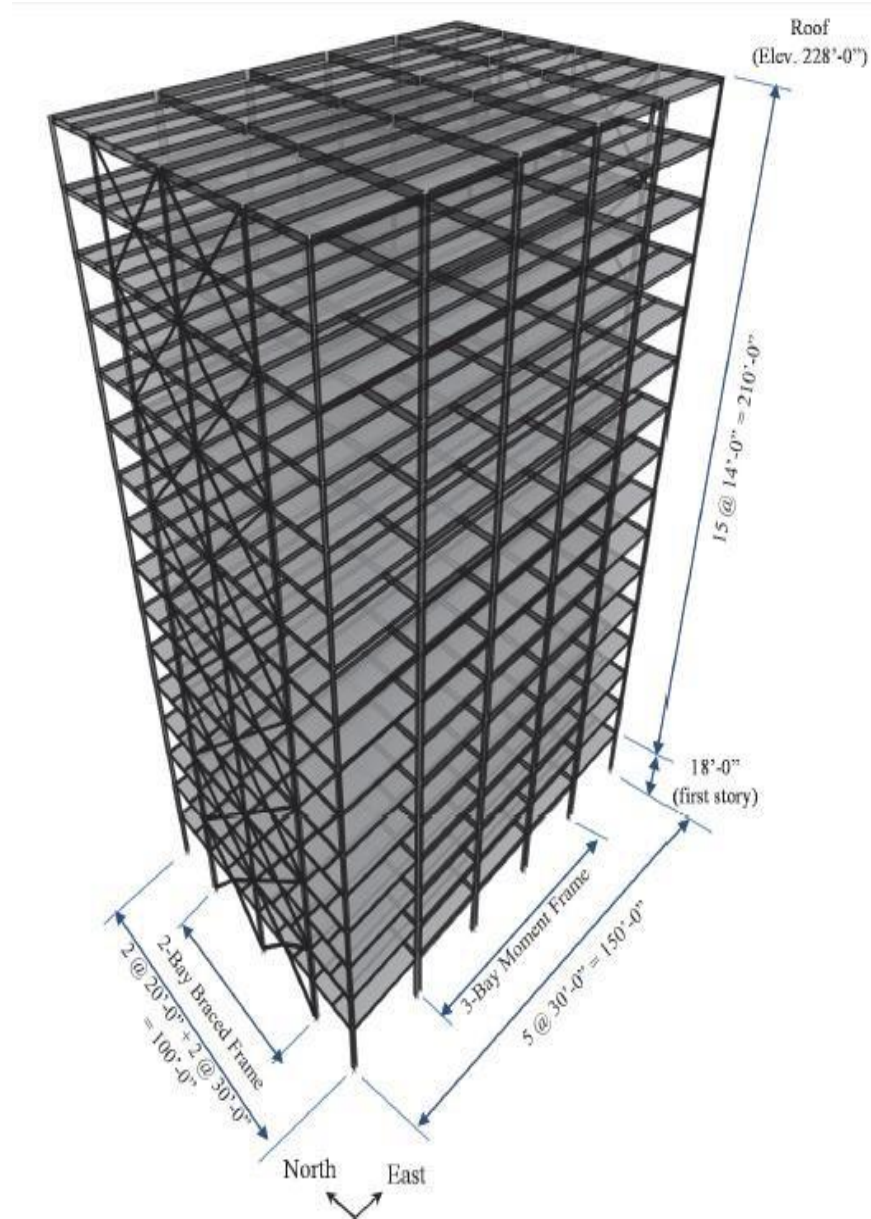
Gambar 3.2: a) Denah Rangka Lantai Tipikal 4 Lantai dan 8 Lantai, b) Denah Rangka Lantai Tipikal 16 Lantai



a)



b)



c)

Gambar 3.3: a) Tampilan isometrik struktur gedung 4 lantai, b) tampilan isometrik struktur gedung 8 lantai, c) Tampilan isometrik struktur gedung 16 lantai.

3.2.2. Dimensi Kolom-Balok pada Struktur

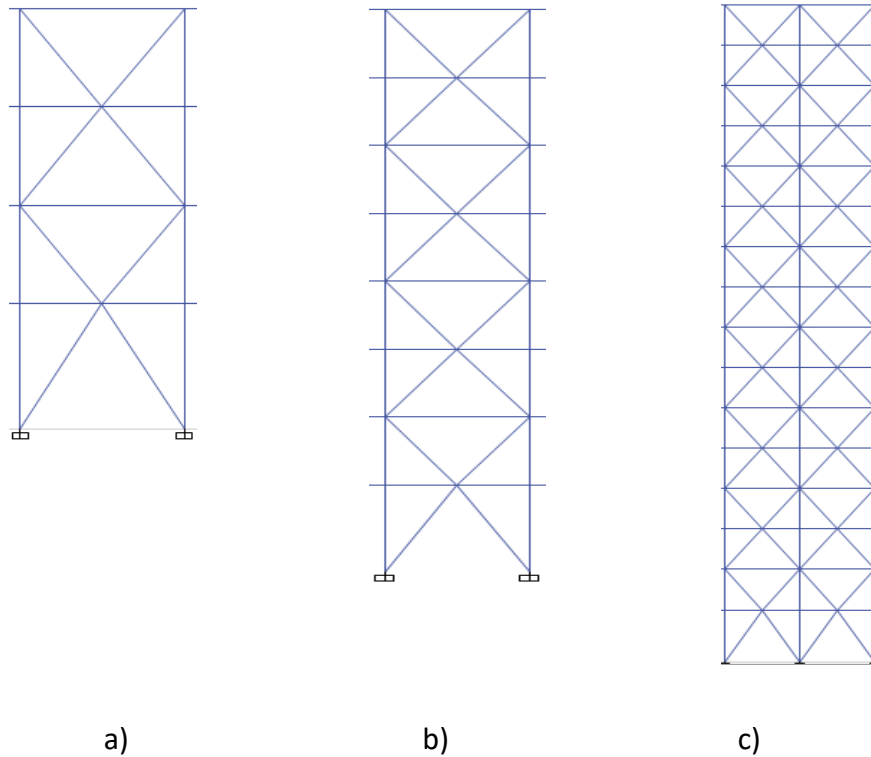
Bangunan yang direncanakan adalah struktur beraturan, Struktur gedung direncanakan dengan dimensi penampang yang berbeda. Ukuran balok dan kolom terdapat pada Tabel

Tabel 3.1: Komponen struktural bangunan.

Model Bangunan	Lantai	Bracing	Kolom Interior (Inchi)	Kolom Eksterior (Inchi)	Balok (Inchi)
Lantai 4	1	Hss 6x6x1/2	W 14x132	W 14x132	W 27x161
	2	Hss 5x5x3/8	W 14x132	W 14x132	W 27x114
	3	Hss 5x5x3/8	W 14x48	W 14x48	W 27x102
	4	Hss 4x4x3/8	W 14x48	W 14x48	W 27x102
Lantai 8	1	Hss 7x7x1/2	W 14x283	W 14x283	W 18x60
	2	Hss 7x7x1/2	W 14x283	W 14x283	W 18x46
	3	Hss 6x6x1/2	W 14x159	W 14x159	W 16x31
	4	Hss 6x6x1/2	W 14x159	W 14x159	W 18x46
	5	Hss 5.5x5.5x3/8	W 14x132	W 14x132	W 16x31
	6	Hss 5.5x5.5x3/8	W 14x132	W 14x132	W 18x46
	7	Hss 5x5x3/8	W 14x68	W 14x68	W 16x31
	8	Hss 5x5x3/8	W 14x68	W 14x68	W 18x46
Lantai 16	1	Hss 8x8x5/8	W 14x550	W 14x159	W 18x97
	2	Hss 8x8x5/8	W 14x550	W 14x159	W 18x55
	3	Hss 7x7x1/2	W 14x426	W 14x132	W 16x45
	4	Hss 7x7x1/2	W 14x426	W 14x132	W 18x55
	5	Hss 6x6x5/8	W 14x342	W 14x132	W 18x55
	6	Hss 6x6x5/8	W 14x342	W 14x132	W 16x45
	7	Hss 6x6x1/2	W 14x283	W 14x132	W 18x55
	8	Hss 6x6x1/2	W 14x283	W 14x132	W 16x45
	9	Hss 6x6x1/2	W 14x211	W 14x132	W 18x55
	10	Hss 6x6x1/2	W 14x211	W 14x132	W 16x45
	11	Hss 6x6x1/2	W 14x145	W 14x82	W 18x55
	12	Hss 6x6x1/2	W 14x145	W 14x82	W 16x45
	13	Hss 5.5x5.5x3/8	W 14x132	W 14x68	W 18x55
	14	Hss 5.5x5.5x3/8	W 14x132	W 14x68	W 16x45
	15	Hss 5x5x3/8	W 14x53	W 14x48	W 18x55
	16	Hss 5x5x3/8	W 14x53	W 14x48	W 18x55

3.2.3 Model Struktur yang Ditinjau

Sesuai dengan data perencanaan struktur, dimensi balok kolom dan tampilan isometrik yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka ada 3 model yang akan dibahas. Gambar 3.4 menunjukkan 3 model yang ditinjau pada studi ini dalam bentuk 2 dimensi.



Gambar 3.4: Tampilan 2D struktur gedung 4 lantai, b) tampilan 2D struktur gedung 8 lantai, c) Tampilan 2D struktur gedung 16 lantai.

3.3. Analisis Struktur

3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier

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

3.3.1.1. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktu bangunan diambil dari jurnal Hsiao, Po-Chien (2013). Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan struktur bangunan. Berikut merupakan pembebanan yang di

gunakan:

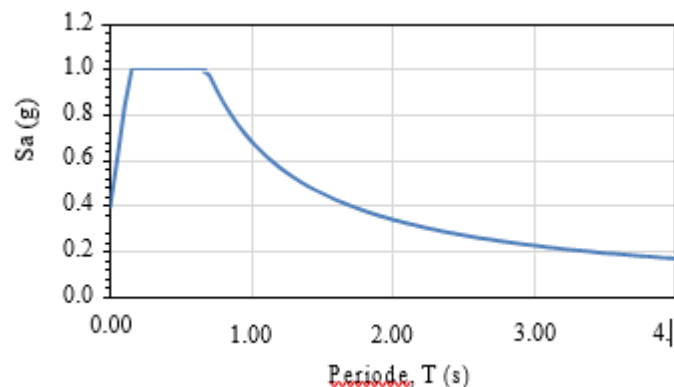
1. Beban Gravity Load Lantai = 65 psf = 3,112 kn/m² untuk semua lantai.
2. Beban Gravity Load Rooftop = 40 psf = 1,915 kn/m² untuk semua lantai.

3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah sedang yang terletak di Kota Gunungsitoli, kemudian dianalisis dengan data data $PGA = 0,60 g$, $S_s = 1,50 g$ dan $S_l = 0,603 g$. Nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain yaitu:

- Nilai $F_a = 1$
- Nilai $F_v = 1,70$
- $S_{MS} = 1,5$
- $S_{M1} = 1,026$
- $S_{DS} = 1$
- $S_{D1} = 0,684$
- $T_0 = 0,137$
- $T_s = 0,684$
- $T_L = 20$
- Nilai S_a

Respon spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.5: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019 KotanGunungsitoli 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.

3.3.1.3. 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 $S_{DS} = 1$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.3 untuk faktor $R = 8$.

Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho=1.3$, $S_{DS} = 1$.

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	1,248	1	0,39	0
Kombinasi 4	1,151	1	-0,39	0
Kombinasi 5	1,361	1	1,3	0
Kombinasi 6	1,038	1	-1,3	0
Kombinasi 7	0,85	0	0,39	0
Kombinasi 8	0,948	0	-0,39	0
Kombinasi 9	0,738	0	1,3	0
Kombinasi 10	1,0618	0	-1,3	0
Kombinasi Maximum <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 10 yaitu kombinasi dengan tipe linear add, sementara Kombinasi Maximum adalah kombinasi dengan tipe envelope. Tipe kombinasi ini tidak

bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi linear add, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun joint tergantung dari posisi bebannya)

3.3.2. Analisis Respon Spektrum Ragam

3.3.2.1. 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 60 rekaman gempa diantaranya rekaman gempa tanpa *Pulse* (gempa biasa) dengan jarak *epicentral* diatas 20 km diambil sebanyak 20 data rekaman gempa dan rekaman gempa yang mengandung *Pulse* diambil sebanyak 40 rekaman. Untuk tipe tanpa *Pulse* (gempa biasa) dan untuk tipe *pulse* data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA dan COSMOS seperti terlihat pada Tabel 3.3.

Data-data rekaman gempa

Tabel 3.3: Data gempa no *pulse* (gempa biasa).

No	Nama <i>Groundmotion</i>	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Coalinga-05	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5,8
2	Coalinga-06	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5,8
3	Coalinga-07	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5,2
4	Coalinga-08	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5,2
5	Coalinga-09	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5,3
6	Livermore-01	1980	APEEL 3E Hayward CSUH	5,8
7	Livermore-02	1980	APEEL 3E Hayward CSUH	5,42
8	Mammoth Lakes-02	1980	Convict Creek	5,69
9	Mammoth Lakes-03	1980	Convict Creek	5,91

Tabel 3.3: *lanjutan*

No	Nama Groundmotion	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
10	Mammoth Lakes-04	1980	Convict Creek	5,7
11	Mammoth Lakes-05	1980	Convict Creek	5,7
12	Mammoth Lakes-06	1980	Convict Creek	5,94
13	Umbria Marche	1997	Nocera Umbra	5,7
14	Umbria Marche-01	1997	Nocera Umbra	6
15	Umbria Marche (Aftershock)	1997	Nocera Umbra	5,6
16	Kalamata Greece-02 (Aftershock)	1986	Managua ESSO	5,4
17	Northridge-06	1997	Cedar Hill	5,3
18	NorthwestChina-01 (Aftershock)	1997	Jiashi	5,8
19	NorthwestChina-03	1997	Jiashi	5,9
20	NorthwestChina-04	1997	Jiashi	5,9

Tabel 3.4: Data gempa *pulse*

No	Nama Groundmotion	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Managua Nicaragua-01	1972	Managua ESSO	6,24
2	Fraili Italy-02	1976	Forgaria Cornino	5,5
3	Duzce Turkey	1999	Sakarya	7,4
4	Kobe Japan	1995	Kobe University	6,9
5	Northridge-01	1994	Cedar Hill	6,7
6	Cape Mendocino	1992	Cape Mendocino	7,01
7	Chichi-01	1999	CHY080	6,2
8	Erzican Turkey	1992	Erzincan	6,69
9	Kocaeli Turkey	1999	Duzce	7,51
10	Mammoth Lakes-01	1980	Convict Creek	6,06
11	Landers	1992	North Palm Springs	7,28
12	Borrego	1942	El Centro Array#9	6,5
13	Chalfant Valley-02	1942	Benton	6,19
14	Christchurch	2011	Christchurch Hospital	6,2
15	Morgan Hill-Gilroy	1984	Gilroy Array#1	6,19
16	Kalamata Greece-01	1986	Kalamata	6,2
17	Niigata	1979	Niigata Nishi Kaba District	6,6
18	Chuetsu-oki	2007	Nagano Togakushi	6,6
19	NorthwestChina-02	1997	Jiashi	6,1
20	Gazli	1976	Karakyr	6,8

Tabel 3.5: Data gempa *fling*.

	Nama Groundmotion	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU049	7
2	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU052	7
3	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU067	7
4	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU071	7
5	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU072	7
6	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU074	7,6
7	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU076	7,6
8	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU078	7,6
9	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU082	7,6
10	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU089	7,6
11	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU129	7,6
12	Kocaeli Turkey	1999	Izmit	7,4
13	Kocaeli Turkey	1997	Yarimca	7,4
14	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY047	7,62
15	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY052	7,62
16	Chi-Chi Taiwan	1999	HWA002	7,62
17	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY088	7,62
18	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY036	7,62
19	Chi-Chi Taiwan	1999	HWA019	7,62
20	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU065	7,62

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).

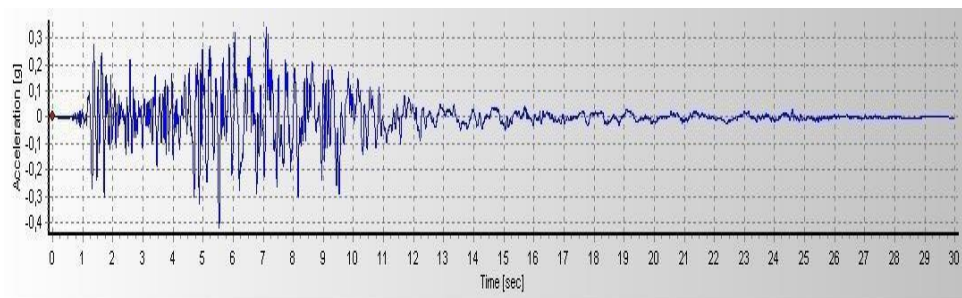
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Banda Aceh (tanah lunak). Selain itu, rentang perioda alami (T) 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.

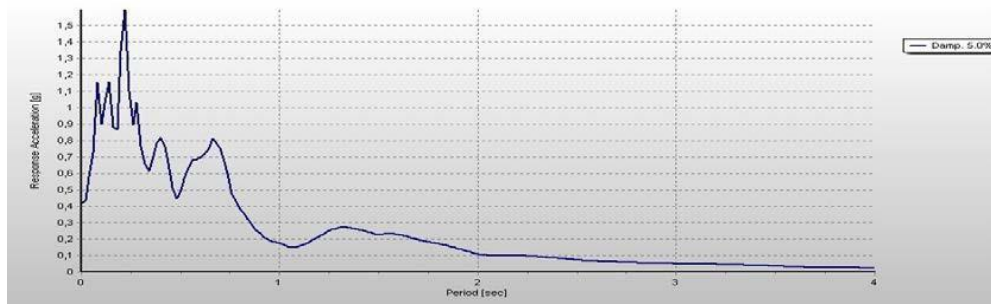
3.3.2.2. Analisis Respon Riwayat Waktu

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. 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 3.5 dan Tabel 3.3.
- b) Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software* *Seismosignal*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.

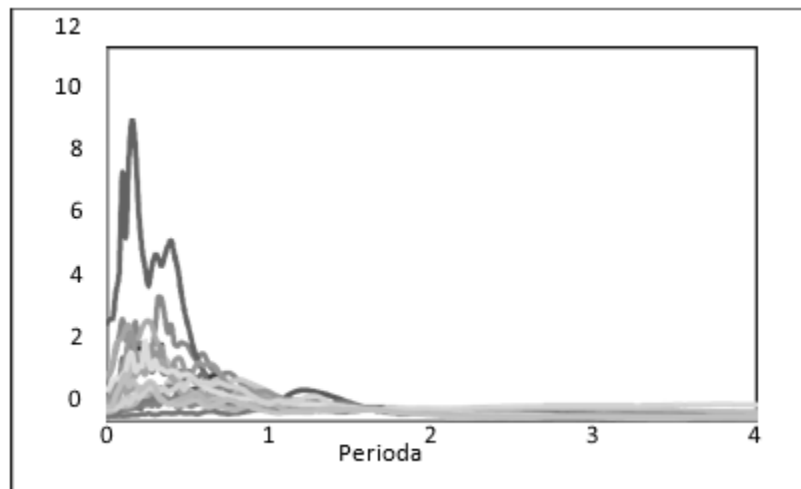


Gambar 3.6: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum.



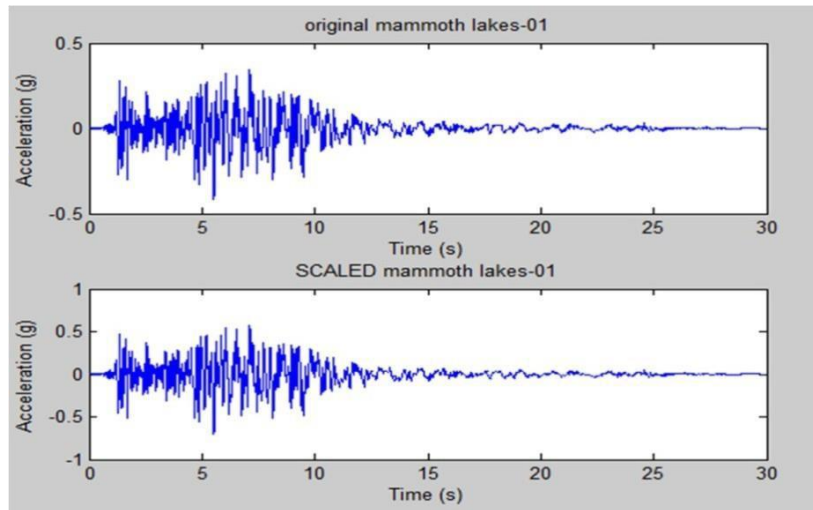
Gambar 3.7: Rekaman gempa Mammoth Lakes California setelah diubah menjadi respon spektrum.

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

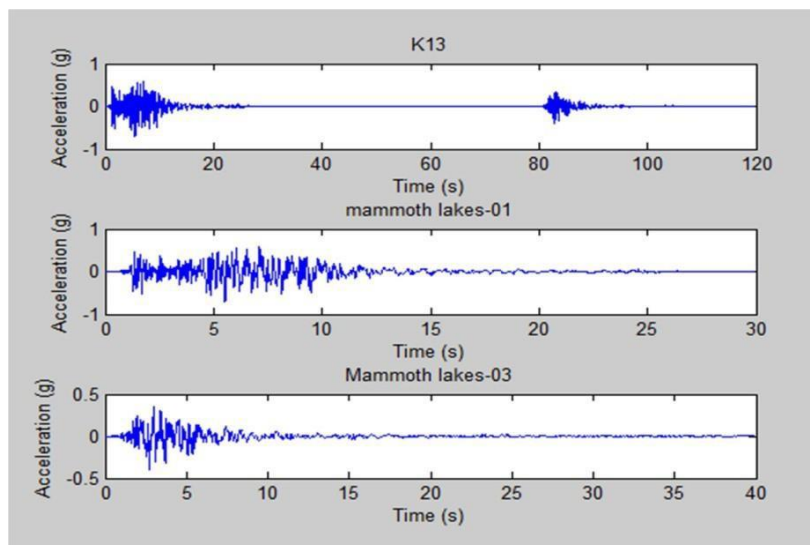


Gambar 3.8: Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum di Indonesia (Banda Aceh).

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



Gambar 3.9: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum (gambar atas) dan setelah diskalakan (gambar bawah), ini merupakan gempa tunggal.



Gambar 3.10: Rekaman gempa Mammoth Lakes-01 California dan Mammoth Lakes-03 California setelah digabungkan, ini merupakan gempa berulang.

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	: Kekakuan rotasi elastis θ_p
	: Koefisien rotasi plastis θ_y
	: Koefisien rotasi leleh
θ_c	: Koefisien rotasi kapasitas plastis
θ_{pc}	: Koefisien rotasi <i>post-capping</i>
θ_u	: Koefisien rotasi ultimit
$\mu\theta_c$: Daktilitas rotasi kapasitas plastis
r	: Rasio kekakuan <i>post-yield</i>

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 tiga jenis model setiap modelnya menggunakan sistem rangka berbresing konsentris. 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 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.
2. Model 2 untuk Gedung 8 lantai , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.

3. Model 3 untuk Gedung lantai 16, didapat 11 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 :

$$\text{Faktor skala} = 85\% V/V_t = V/V_t \geq 1$$

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	1867,24	959,31
2	X	2244,84	1167,70
3	X	3748,65	4726,25

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

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.

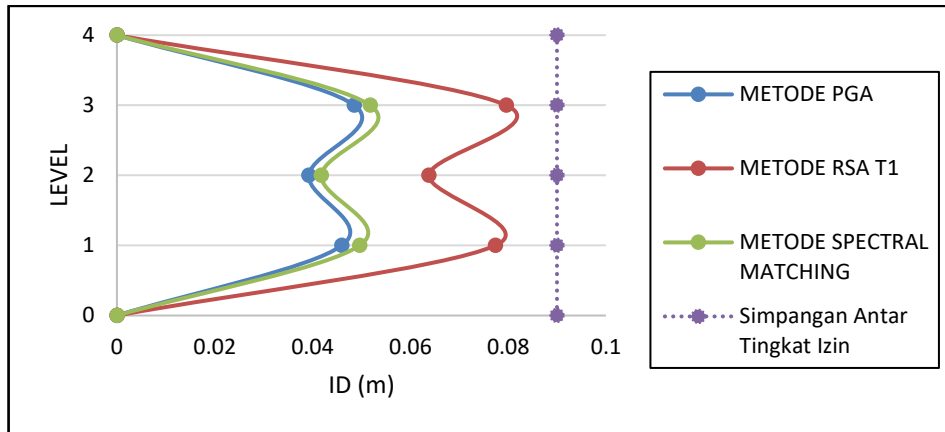
Model	Arah Gempa	V (kN)	V_t (kN)	Cek
1	X	1867,24	959,31	Tidak Oke
2	X	2244,84	1167,70	Tidak Oke
3	X	3748,65	4726,25	Oke

4.2.5 Nilai Simpangan Antar Tingkat

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 *fling* dan *pulse*. Berdasarkan analisa menggunakan aplikasi Ruaumoko 2D didapatkan nilai simpangan antar tingkat berdasarkan dari metode modifikasi *groundmotion* seperti metode PGA (*Peak Ground Acceleration*), metode RSA (T_1) (*Response Spectral Acceleration T_1*), dan metode *Spectral Matching* yang diskalakan berdasarkan respon spektrum wilayah Indonesia.

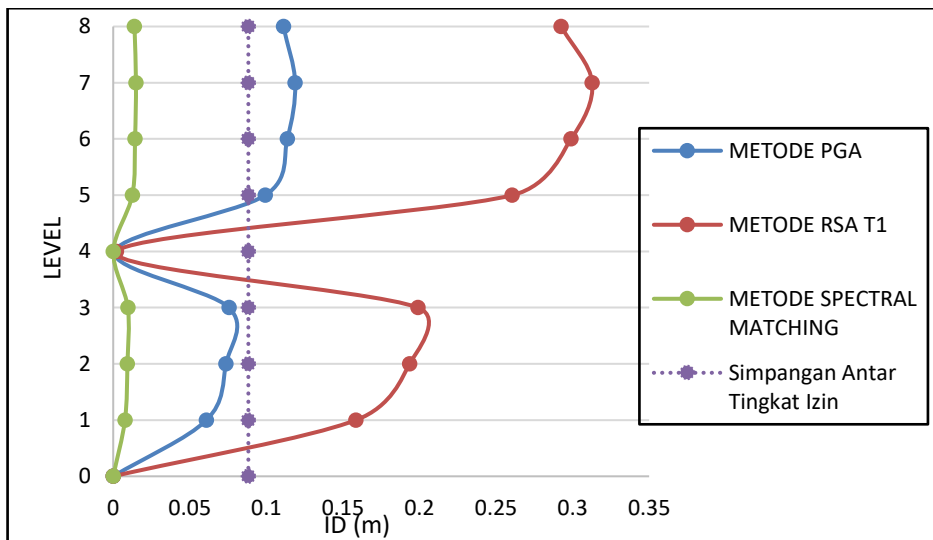
4.2.5.1 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa *Pulse*

Pada Gambar 4.1 untuk model 4 lantai (Model 1) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1) nilai *interstory drift (ID)* lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau Metode PGA.



Gambar 4.1: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) untuk struktur baja berbresing konsentris 4 lantai (Model 1) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Nilai hasil yang mendekati batas *near collapse* yaitu pada Metode RSA (T_1) dengan perbandingan 1,2%. Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

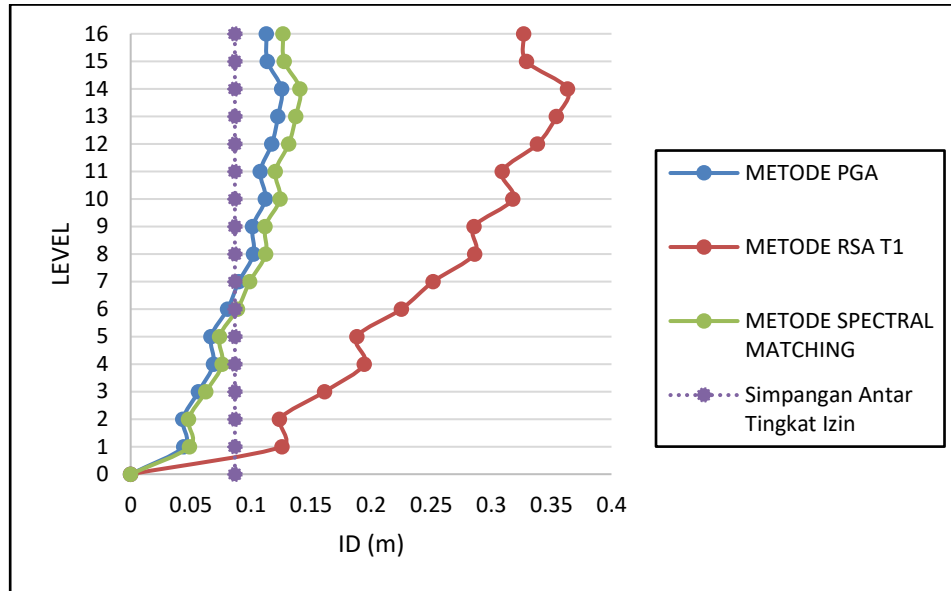


Gambar 4.2: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Pada Gambar 4.2 untuk model 8 lantai (Model 2) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* (*ID*) lebih besar daripada menggunakan Metode PGA atau Metode *Spectral matching*.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu pada Metode RSA (T_1) dan metode PGA pada lantai 5 sampai 8, dengan perbandingan 3%.

Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) dan metode PGA disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

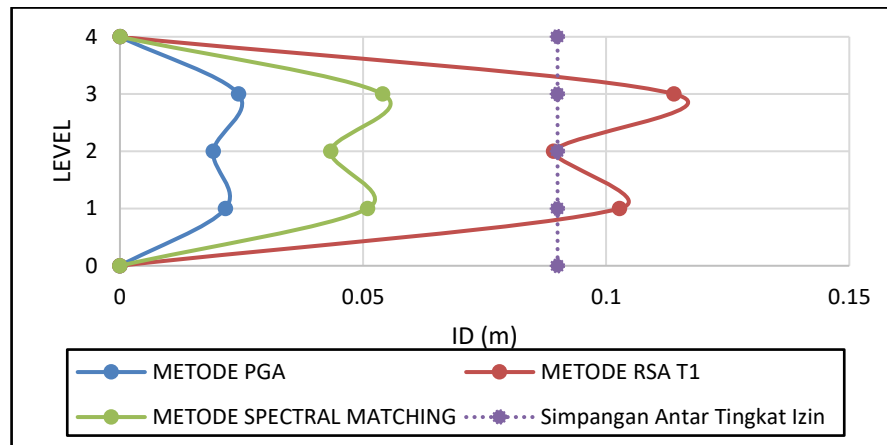


Gambar 4.3: Nilai rata-rata *interstory drift* (ID) untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 16 (Model 3) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Pada Gambar diatas untuk model lantai 16 (Model 3) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* (ID) lebih besar daripada menggunakan metode Spectral matching atau Metode PGA.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu seluruh metode baik metode RSA (T_1), metode PGA, maupun metode *Spectral Matching*. Akan tetapi, pada metode PGA dan metode *Spectral Matching* nilai simpangan antar tingkat yang melewati batas izin yaitu mulai pada lantai 7 sampai 16. Besarnya nilai yang dihasilkan pada seluruh metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

4.2.5.2 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa *Fling*



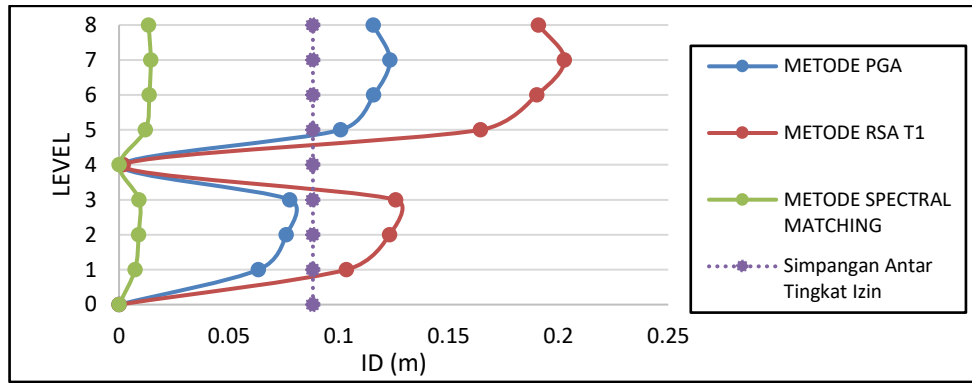
Gambar 4.4: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) untuk struktur baja berbresing konsentris 4 lantai (Model 1) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Pada Gambar diatas untuk model 4 lantai (Model 1) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* (*ID*) lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau Metode PGA.

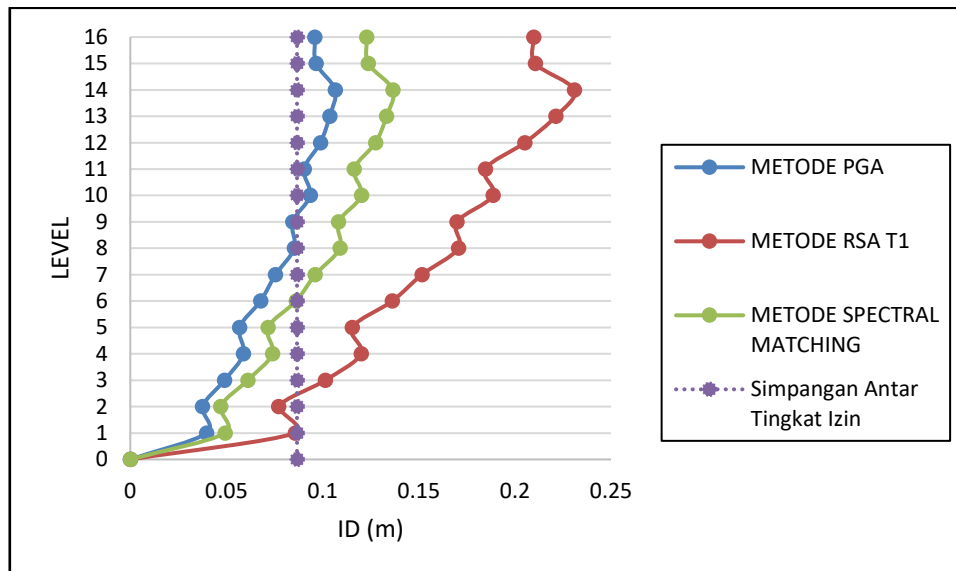
Nilai hasil yang melewati batas izin simpangan antar tingkat yaitu pada Metode RSA (T_1) dengan perbandingan 1,1%. Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

Pada Gambar 4.5 untuk model 8 lantai (Model 2) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* (*ID*) lebih besar daripada menggunakan Metode PGA atau metode *Spectral matching*.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu pada metode RSA (T_1) dan metode PGA pada lantai 5 sampai 8, dengan perbandingan 2,75%. Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) dan metode PGA disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut. Lihat Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) untuk struktur baja berbrenging konsentris 8 lantai (Model 2) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.



Gambar 4.6: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) untuk struktur baja berbrenging konsentris lantai 16 (Model 3) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Pada Gambar diatas untuk model lantai 16 (Model 3) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* (*ID*) lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau Metode PGA.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu seluruh metode baik metode RSA (T_1), metode PGA, maupun metode *Spectral Matching*. Akan tetapi, berbeda dengan gempa yang mengandung *pulse*, pada metode PGA nilai yang melewati batas izin yaitu mulai dari lantai 10 sampai lantai 16. Metode *Spectral Matching* nilai simpangan antar tingkat yang melewati batas izin yaitu

mulai pada lantai 7 sampai 16.

Besarnya nilai yang dihasilkan pada seluruh metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

4.2.6 Nilai Simpangan Atap

Jika masing-masing node mengalami perpindahan akibat gaya gempa, maka perpindahan tersebut disebut simpangan. Besarnya simpangan dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut. Biasanya simpangan terbesar terjadi di atap. Tabel 4.3 menunjukkan perbedaan nilai simpangan pada metode penskalaan *groundmotion* seperti metode PGA, RSA (T_1), dan Spectral Matching untuk tiap-tiap model. Secara keseluruhan, nilai simpangan pada metode PGA lebih kecil dari nilai simpangan pada metode RSA (T_1) atau Spectral Matching.

Tabel 4.3: Nilai perbandingan top displacement untuk masing-masing model pada metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Struktur	Metode Modifikasi <i>groundmotion</i>		
	PGA	RSA (T_1)	<i>Spectral Matching</i>
4 Lantai (Model 1)	100%	156%	120%
8 lantai (Model 2)	100%	145%	137%
16 Lantai (Model 3)	100%	128%	170%

Pada Tabel 4.3 terdapat beberapa nilai perbandingan *top displacement* untuk berbagai metode modifikasi penskalaan gempa. Besarnya kenaikan yang terjadi dapat dilihat dengan nilai pada Metode PGA sebagai acuan (100%), dalam Tabel tersebut perbandingan nilai *top displacement* cukup bervariasi. Semisal pada Metode RSA (T_1) memiliki nilai perbandingan yang besar pada Model 1 dan Model 2, sedangkan pada Metode *Spectral Matching* memiliki nilai perbandingan yang besar pada Model 3.

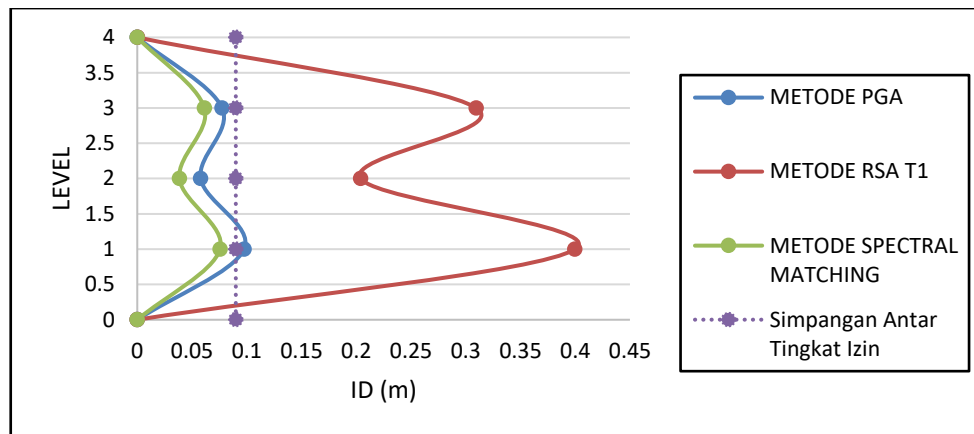
4.3 Hasil Analisa Non Linier

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 metode modifikasi penskalaan rekaman gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur baja yaitu gempa *pulse* dan *fling*.

Setiap model struktur akan diambil data *interstory drift* dan *top displacement* setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

4.3.1 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa *Pulse*

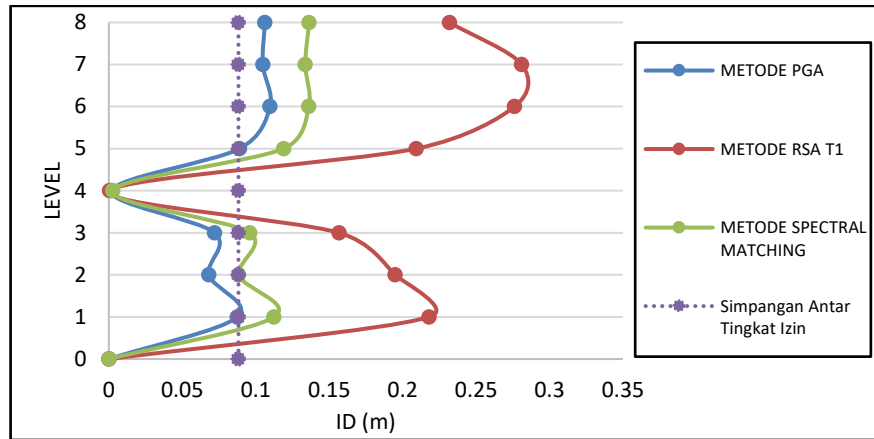
Pada Gambar 4.7 untuk model 4 lantai (Model 1) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode PGA atau metode *Spectral matching*. Lihat Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 4 (Model 1) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Nilai hasil yang mendekati *near collaps* yaitu pada metode PGA dan metode *Spectral Matching* dengan perbandingan 1,2%, sedangkan metode RSA (T_1) nilai yang dihasilkan seluruhnya melewati batas izin simpangan antar tingkat. Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

Pada model 8 lantai (Model 2) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau metode PGA. Lihat Gambar 4.8.



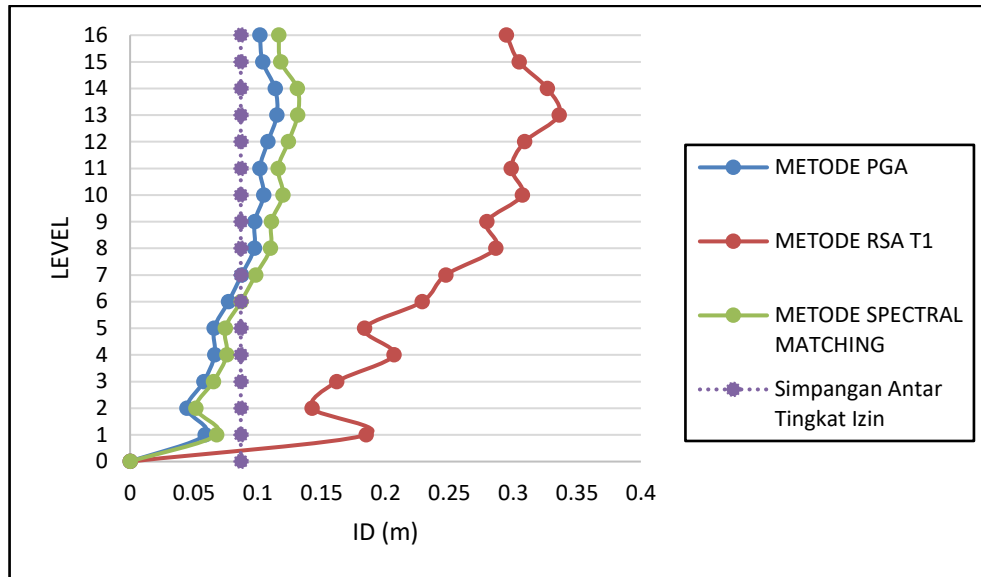
Gambar 4.8: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu pada seluruh metode, dengan perbandingan 3,5% pada metode RSA (T_1), 1,62% pada metode *Spectral Matching*, 1,5% pada metode PGA. Besarnya nilai pada masing-masing metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

Pada model lantai 16 (Model 3), Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau metode PGA.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu seluruh metode baik metode RSA (T_1), metode PGA, maupun metode *Spectral Matching*. Akan tetapi, pada metode PGA dan metode *Spectral Matching* nilai simpangan antar tingkat yang melewati batas izin yaitu mulai pada lantai 8 sampai 16.

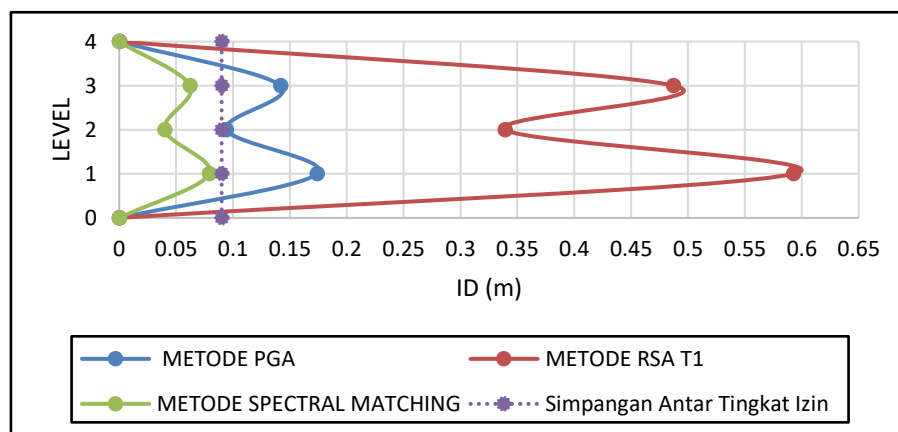
Besarnya nilai yang dihasilkan pada seluruh metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.



Gambar 4.9: Nilai rata-rata *interstory drift* Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 16 (Model 3) terhadap gempa *pulse* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

4.3.2 Nilai Simpangan Antar Tingkat dengan Gempa *Fling*

Simpangan antar tingkat pada model 4 lantai (Model 1), Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA T1, nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode PGA atau metode *Spectral matching*.



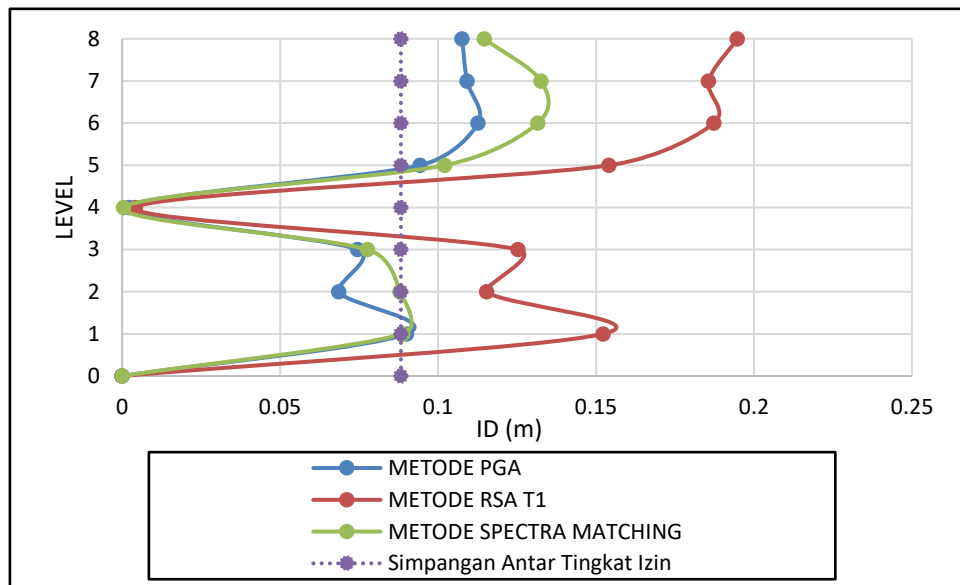
Gambar 4.10: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris lantai 4 (Model 1) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Nilai hasil yang melewati batas izin simpangan antar tingkat yaitu pada Metode RSA (T_1) dan Metode PGA dengan perbandingan 8,4% pada metode RSA (T_1), dan

2,5% pada metode PGA . Besarnya nilai pada metode RSA (T_1) dan metode PGA disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

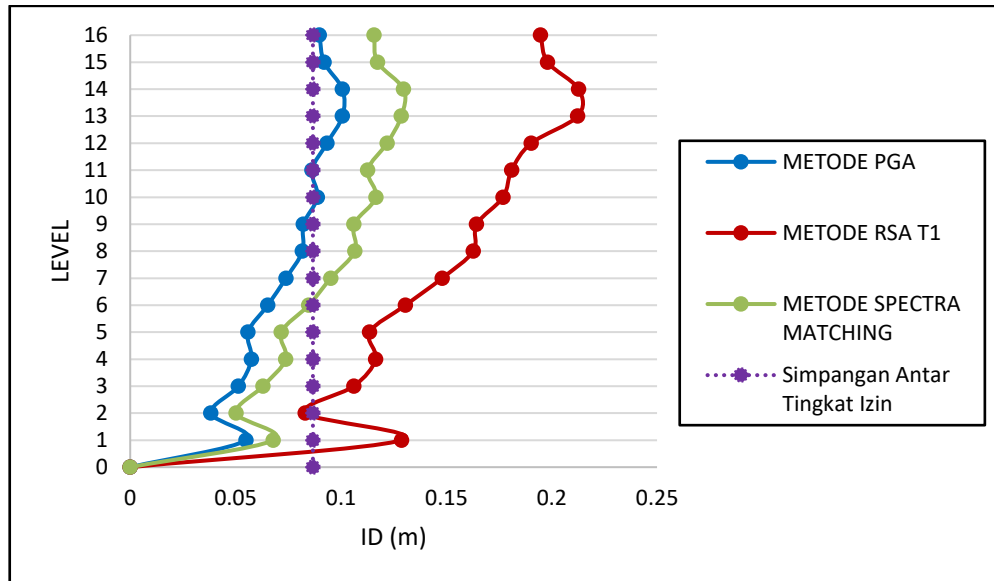
Pada Gambar 4.11 untuk model 8 lantai (Model 2) dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau metode PGA.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu pada seluruh metode, dengan perbandingan 2,3% pada metode RSA (T_1), 1,62% pada metode *Spectral Matching*, 1,4% pada metode PGA. Besarnya nilai pada masing-masing metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut. Lihat Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Nilai rata-rata *interstory drift* (*ID*) Nonlinier untuk struktur baja berbresing konsentris 8 lantai (Model 2) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Pada model lantai 16 (Model 3), Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa pada metode penskalaan RSA (T_1), nilai *interstory drift* lebih besar daripada menggunakan metode *Spectral matching* atau metode PGA.



Gambar 4.12: Nilai rata-rata *interstory drift* Nonlinier untuk struktur baja berbersing konsentris lantai 16 (Model 3) terhadap gempa *fling* dengan menggunakan berbagai metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Nilai hasil yang melewati batas simpangan antar tingkat yaitu seluruh metode baik metode RSA (T1), metode PGA, maupun metode *Spectral Matching*. Akan tetapi, berbeda dengan gempa yang mengandung *pulse*, pada metode PGA nilai yang melewati batas izin yaitu mulai dari lantai 12 sampai lantai 16. Metode *Spectral Matching* nilai simpangan antar tingkat yang melewati batas izin yaitu mulai pada lantai 7 sampai 16.

Besarnya nilai yang dihasilkan pada seluruh metode disebabkan besarnya amplitudo dan kandungan perioda pada gempa tersebut.

Tabel 4.4: Nilai perbandingan top displacement nonlinier untuk masing-masing model pada metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Struktur	Metode Modifikasi <i>groundmotion</i>		
	PGA	RSA (T1)	Spectral Matching
4 Lantai (Model 1)	100%	157%	146%
8 lantai (Model 2)	100%	152%	131%
16 Lantai (Model 3)	100%	241%	125%

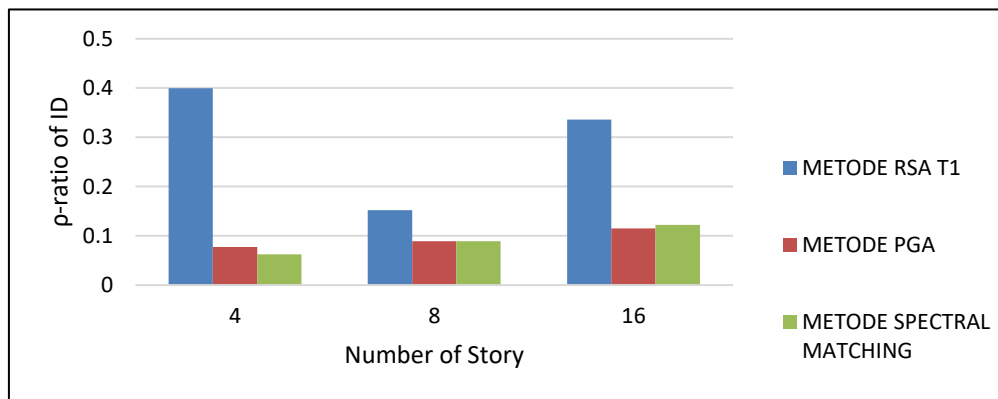
Pada Tabel 4.4 terdapat beberapa nilai perbandingan top displacement untuk berbagai metode modifikasi penskalaan gempa. Besarnya kenaikan yang terjadi dapat dilihat dengan nilai pada metode PGA sebagai acuan (100%), dalam

Tabel tersebut perbandingan nilai top displacement cukup bervariasi. Semisal pada Metode RSA (T_1) memiliki nilai perbandingan yang besar hanya pada Model 1. Sedangkan pada metode Spectral Matching memiliki nilai perbandingan yang besar pada Model 2 dan Model 3.

4.4 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio)

4.4.1 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio) *Interstory Drift (ID)* pada Gempa Pulse

Berdasarkan grafik hasil analisis simpangan inelastic *interstory drift* bahwa rasio simpangan pada metode penskalaan modifikasi *groundmotion* pada metode RSA (T_1) memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode PGA atau metode *Spectral Matching*. Lihat Gambar 4.13.



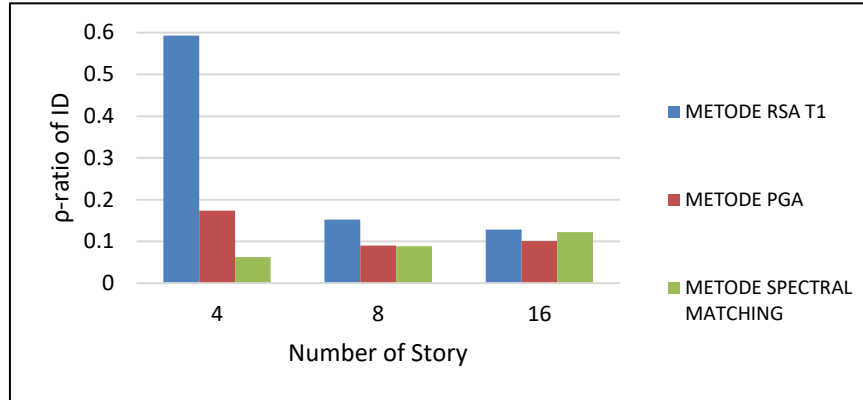
Gambar 4.13: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) *interstory drift (ID)* berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Perbedaan signifikan yang terjadi yakni pada metode RSA T_1 dikarenakan pada metode RSA T_1 gempa yang dianalisis yaitu berdasarkan nilai spektrum pada Periode yang sama dengan periode alami struktur. Oleh sebab itu nilai RSA T_1 lebih besar nilai yang dihasilkan daripada metode lainnya.

4.4.2 Hasil Analisa Simpangan Inelastic (ρ -ratio) *Interstory Drift (ID)* pada Gempa *Fling*

Berdasarkan grafik hasil analisis simpangan inelastic *interstory drift* bahwa rasio simpangan pada metode penskalaan modifikasi *groundmotion* pada metode

RSA (T₁) memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode PGA atau metode *Spectral Matching*. Lihat pada Gambar 4.14.

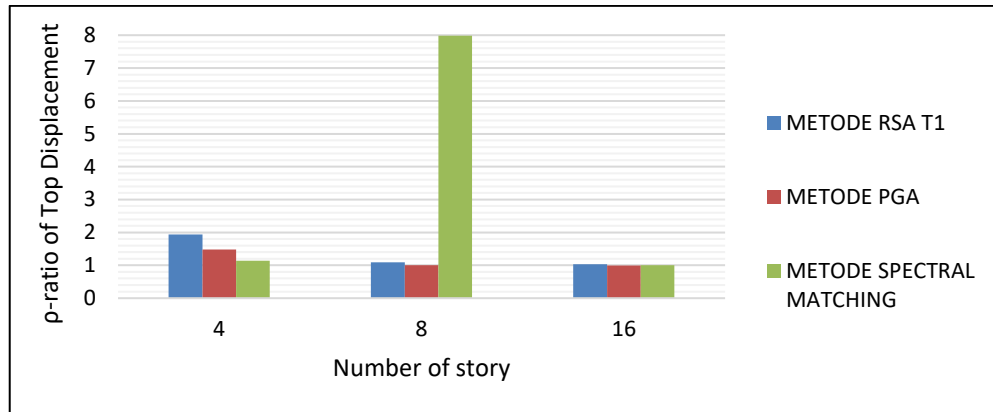


Gambar 4.14: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) top displacement berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Perbedaan signifikan yang terjadi yakni pada metode RSA T₁ model 4 lantai dikarenakan pada metode RSA T₁ gempa yang dianalisis yaitu berdasarkan nilai spektrum pada Perioda yang sama dengan perioda alami struktur. Oleh sebab itu nilai RSA T₁ lebih besar nilai yang dihasilkan daripada metode lainnya.

4.4.3 Hasil Analisa Simpangan *Inelastic* (ρ -ratio) Top Displacement pada Gempa Pulse

Berdasarkan grafik hasil analisis simpangan inelastik *top displacement* bahwa rasio simpangan pada metode penskalaan modifikasi *groundmotion* pada model 1 metode RSA (T₁) memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode *Spectral Matching* atau metode PGA. Model 2 metode *Spectral Matching* memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode RSA (T₁) atau metode PGA. Model 3 metode RSA (T₁) memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode *Spectral Matching* atau metode PGA Lihat Gambar 4.15.

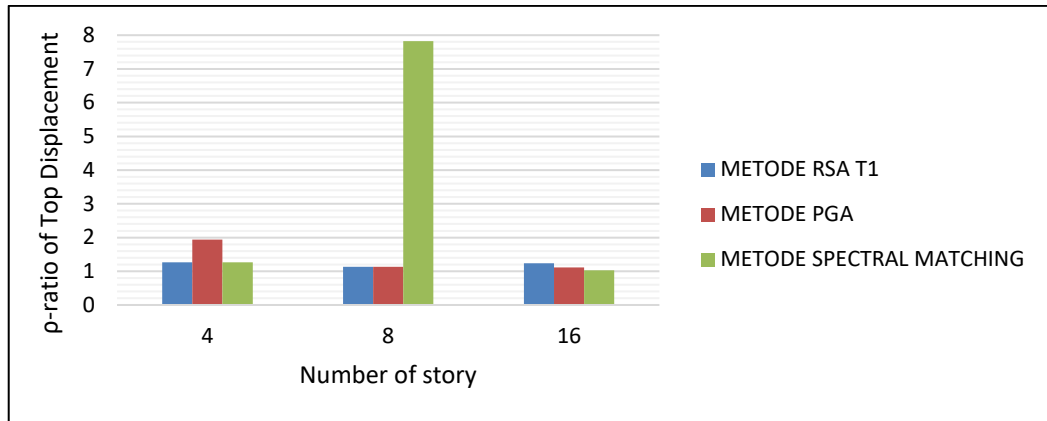


Gambar 4.15: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) top displacement berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

Perbedaan signifikan yang terjadi yakni pada metode *Spectral Matching* dikarenakan pada model 8 lantai gempa yang dianalisis yaitu berdasarkan nilai spektrum yang di match dari spektrum yang didapat dari COSMOS dengan spektrum di Indonesia.

4.4.4 Hasil Analisa Simpangan *Inelastic* (ρ -ratio) Top Displacement pada Gempa *Fling*

Berdasarkan grafik hasil analisis simpangan inelastik *top displacement* bahwa rasio simpangan pada metode penskalaan modifikasi *groundmotion* pada model 1 metode PGA memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode *Spectral Matching* atau metode RSA (T_1). Model 2 metode *Spectral Matching* memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode RSA (T_1) atau metode PGA. Model 3 metode RSA (T_1) memiliki nilai yang besar pada keseluruhan model daripada metode *Spectral Matching* atau metode PGA. Lihat Gambar 4.16.



Gambar 4.16: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic (ρ -ratio) top displacement berdasarkan beberapa metode modifikasi penskalaan *groundmotion*.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Gempa *Pulse*

1. Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat dalam analisa analisa linear terjadi pada struktur model 3 (16 Lantai). Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat dalam analisa analisa nonlinear terjadi pada struktur model 1 (4 Lantai).
2. Dalam tugas akhir ini didapatkan hasil analisa simpangan atap terbesar terjadi pada model 2 (8 lantai).

5.1.2. Gempa *Fling*

1. Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat dalam analisa analisa linear terjadi pada struktur model 3 (16 Lantai). Nilai maksimum untuk simpangan antar tingkat dalam analisa analisa nonlinear terjadi pada struktur model 1 (4 Lantai).
2. Dalam tugas akhir ini didapatkan hasil analisa simpangan atap terbesar terjadi pada model 2 (8 lantai).

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

- Afif Salim, M., Agus Bambang Siswanto, 2018, REKAYASA GEMPA, K-Media, Yogyakarta
- Ahmadi S, Heri dan Ravi Octaviana. 2008 Perencanaan Struktur Rangka Baja Bracing Konsentrik Biasa dan Struktur Rangka Baja Bracing Konsentrik Khusus tipe-X. Laporan Tugas Akhir. Bandung: Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.
- AISC (2005), Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 341–05, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.
- ATC (*Applied Technology Council*). (2009). *FEMA P659: Quantification of Building Seismic Performance Factors*. Redwood City. CA
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional (SNI 1729:2015). *Bandung*, 1–289.
- 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. dan Supriatna, L. (2011) *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012*. Bandung: ITB.
- Bungale S. Taranath, 1997, *Steel, Concrete, and Composite Design Of Tall Building* Second Edition, Mc Graw Hill, New York
- Eftekhar G, Nouri G, 2018, Seismic Performance Assessment of High-Rise Buildings with Different Lateral Load Resisting Systems Under Near-Field Earthquakes with Fling Step. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*.
- Faisal, Ade. (2014) *Catatan Kuliah M.K. Vibrasi dan Teori Gempa*. Medan UMSU.
- Faisal, A.; (2013). *Pemodelan Getaran Gempa Struktur Beton Untuk Analisa Tidak Linier*, Prosiding Seminar Nasional IV HASTAG, Medan.
- Freddi, F., Tubaldi, E., Zona, A., & Dall’Asta, A. (2021). Seismic performance of dual systems coupling moment-resisting and buckling-restrained braced frames. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 50(2), 329–353.
- Hancock, Dawson R. dan Bob Algozzine. (2006). *Doing Case Study Research*. New York & London: Teachers College Press.

Harris III, J. L., & Speicher, M. S. (1963). Assessment of First Generation Performance-Based Seismic Design Methods for New Steel Buildings Volume 3: Eccentrically Braced Frames. *NIST Technical Note*, 3, 3.

Hassanzadeh, A., & Gholizadeh, S. (2019). Collapse-performance-aided design optimization of steel concentrically braced frames. *Engineering Structures*, 197(February), 109411.

<http://puskim.pu.go.id>.

<http://peer.berkeley.edu>

<http://strongmotioncenter.org>.

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.*

Moestopo, M. 2007. Beberapa Ketentuan Baru Mengenai Desain Struktur Baja Tahan Gempa. Seminar dan Pameran HAKI. Jakarta.

National Institute of Standards and Technology. (2017a). Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part I – General. Gaithersburg: Applied Technology Council.

National Institute of Standards and Technology. (2017b). Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part IIa – Steel Moment Frames (April 2017). Gaithersburg: Applied Technology Council.

Nelson, J., Davaran, A., Beland, T., Bradley, C., Hines, E.M., Tremblay, R., Fahnestock, L.A. (2014), “Cyclic Experimental Behavior of Angles and Applications for Connection Design and Modeling”, Proceedings of the 2014 ASCE Structures Congress, Boston, MA, April 3-5.

Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar (Anggota IKAPI).

Poerbo, Hartono.2000. Struktur Dan Konstruksi Bangunan Tinggi Jilid II. Jakarta : Djambatan.

Pudjisuryadi, Pamuda. 2006. Studi Tentang Daktilitas Struktur Pada Sistem Shearwall Frame Dengan Belt Truss. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil

Universitas Petra.

Putra, Tondi. A., Efrida, Rizki., Pasaribu, Hardianti. M. (2018). Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang, 10(1), 14-15.

Sabelli Rafeal, Roeder Charles W, Hajjar Jerome F. *Seismic design of steel special concentrically braced frame systems—a guide for practicing engineers*. NEHRP seismic design technical brief no.8. 2013.

Salmon CG and John E. Johnson. 1992. Struktur Baja Desain Dan Perilaku Edisi 1. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Umum.

Sapta, S., & Farlianti, S. (2017). Tingkat Kinerja Struktur Baja Bangunan Penjemuran Karet Pt. Mardec Siger Waykanan Dengan Perkuatan Bresing Konsentrik Akibat Beban Gempa. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 3(1), 21.

Sistem, M., Pemikul, R., Rangka, S., Konsentrik, B., & Sistem, D. A. N. (2016). Studi Perbandingan Perilaku Bangunan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen

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

Tadulako, R. (2020). *Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729 : 2015 dan SNI. 9–16.*

Zareian F, Krawinkler H. 2007. Assessment of probability of collapse and design for collapse safety. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 36(13): 1901–1944.



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : AMRANSYAH ARIGA
NPM : 1707210034
JUDUL : "EVALUASI KINERJA STRUKTUR BAJA BERBRESING
KONSENTRIS AKIBAT PENGARUH METODE
MODIFIKASI GERAKAN TANAH TERHADAP
REKAMAN GEMPA MENGANDUNG PULSE DAN
FLING"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki: ringkasan pustaka - perbaiki: list kode per. - Bunt Gantt Chart !	<i>Alh</i> 16/02/21
		All proposal Lembar	<i>Alh</i> 18/02/21
		- perbaiki Bab 1 - lanjut ke bab 2	<i>Alh</i> 30/02/21
		- perbaiki Bab 2 - Bunt model linear	<i>Alh</i> 25/03/21
		- perbaiki model linear - lanjut ke Bab 3	<i>Alh</i> 16/04/21
		- perbaiki model linear - buat grafik hasil	<i>Alh</i> 25/04/21
		- cek hasil analisa linear	<i>Alh</i> 15/05/21
		- perbaiki model linear - perbaiki Bab 3 Mengetahui,	<i>Alh</i> 25/05/21

Pembimbing Tugas Akhir

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



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : AMRANSYAH ARIGA
NPM : 1707210034
JUDUL : "EVALUASI KINERJA STRUKTUR BAJA BERBRESING KONSENTRIS AKIBAT PENGARUH METODE MODIFIKASI GERAKAN TANAH TERHADAP REKAMAN GEMPA MENGANDUNG PULSE DAN FLING"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
-		Cek hasil analisis linear	
-		Buat Grafik Handwritten	
-		Complit ke model non-linear	10/06/21
-		perbaiki model non linear	
-		perbaiki grafik & table	27/06/21
-		Cek hasil analisis non linear	
-		complit ke model non-linear	15/07/21
-		Buat Bab 4	
-		Cek hasil Model 3 non-linear	20/08/21
-		Buat Grafik & Table hasil	
-		perbaiki Bab 4	09/09/21
-		perbaiki Grafik hasil	20/09/21
-		perbaiki bab 4	09/09/21
-		perbaiki grafik	09/09/21
-		Buat komputasi	
-		Buat Daft. pustaka, dll	15/10/21
-		perbaiki komputasi	30/10/21
-		perbaiki komputasi	
-		perbaiki Bab 4 Mengetahui	15/11/21
		Pembimbing Tugas Akhir	
		acc utk Seminar Harat	04/11/21


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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Amransyah Ariga
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 24 Januari 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Tani Asli No. 29 Dusun II Barat
Agama : Islam
Nama Orang Tua
a. Ayah : Ijawansah
b. Ibu : Juni Ati Nasution
No. Hp : 0853-1558-1838
E-Mail : arigaamran@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD Swasta Amaliyah Sunggal	2011
2	SMP Swasta Darussalam Medan	2014
3	SMA Negeri Seribu Bukit	2017
4	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 s/d Selesai

