

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMODELAN DENGAN METODE SCISSOR
PADA PANEL ZONE TERHADAP PERILAKU
KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN
BRACING KONSENTRIK
(Literatur)**

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

Disusun Oleh:

M RAHMATULLAH AMIN

1807210144P



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA**

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp.
(061)6622400

Website : <http://www.umsu.ac.id> Email : rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini diajukan oleh:

Nama : M Rahmatullah Amin
NPM : 1807210144P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Pemodelan Dengan Metode Scissor Pada
Panel Zone Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur
SRPM Baja Dengan Bracing Konsentrik
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 11 November 2020

Dosen Pembimbing 1

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembimbing 2

Bambang Hadibroto, ST, MT

LEMBAR PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Rahmatullah Amin

NPM : 1807210144P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : PENGARUH PEMODELAN DENGAN METODE
SCISSOR PADA PANEL ZONE TERHADAP
PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
DENGAN BRACING KONSENTRIK

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, 05 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ade Faisal ST, MSc

Dosen Pembimbing 2



Bambang Hadibroto, ST, MT

Dosen Pembimbing 1



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing 2



Irma Dewi, ST, M.Si

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M Rahmatullah Amin
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/ 28 Juni 1997
NPM : 1807210144P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Pemodelan Dengan Metode Scissor Pada Panel Zone Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja Dengan Bracing Konsentrik”.

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

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

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

Medan, November 2020
Saya yang menyatakan,



M Rahmatullah Amin

ABSTRAK

PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA (Literatur)

M. Rahmatullah Amin
1807210144P
Dr.Ade Faisal ST,MSc
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Gempa itu sendiri terdiri dari gempa tunggal yang mana salah satunya adalah gempa *fling*. Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa *fling* tersebut. Dalam hal tersebut struktur baja sangat direkomendasikan karena struktur baja lebih elastis dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Pada tugas akhir ini direncanakan sebuah struktur dengan 3 lantai antara lain struktur centerline dan panel zone scissor yang dimodelkan terhadap penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan MCE yang disandingkan dengan 20 groundmotion untuk masing masing jenis gempa *fling* untuk analisis linier dan analisis non linier. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah keras terhadap gempa tunggal didapatkan nilai *incremental displacement analysis* dimana hasil kurva IDA tersebut menunjukkan bahwa stuktur scissor membutuhkan nilai RSA yang lebih besar dibandingkan struktur centerline brace. Dimana keruntuhan diambil pada nilai 5% dan 10%, pada kondisi keruntuhan 5% nilai RSA pada centerline (CBF) adalah $IDR=0.00093$.

Kata kunci: SRPM, Keruntuhan, Fling, Gempa Bumi

ABSTRACT

THE EFFECT OF GRAVITY LOAD RETAINING FRAME SYSTEM ON THE BEHAVIOR OF THE COLLAPSE OF STEEL SRPM STRUCTURE WITH CONCENTRIC BRACING DUE TO EARTHQUAKE VIBRATION (LITERATURE STUDY)

M. Rahmatullah Amin
1807210144P
Dr.Ade Faisal ST,MSc
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

Earthquakes are natural phenomena caused by the release of elastic strain energy of rocks on the lithosphere. The earthquake itself consists of a single earthquake, one of which is fling earthquake. Therefore, it is necessary to structure buildings that are able to minimize the risk of damage due to the fling earthquake. In such case, steel structures are highly recommended because steel structures are more elastic compared to reinforced concrete structures. In this study, a structure with 3 floors was planned. A centerline structure and a zone scissors panel is modeled against earthquake record scaling that is MCE scaling coupled with 20 ground motion for each type of fling earthquake to linear analysis and non-linear analysis. The result was obtained that the steel structure modeled with hard soil conditions against single earthquake showed the value of incremental displacement analysis. The IDA curve indicated that the scissor structure requires a greater RSA value than the centerline brace structure. Collapsed value was taken in 5% and 10% at 5% failure condition of RSA value and centerline (CBF) was at $IDR = 0.00093$.

Keywords: SRPM, Collapsed, Fling, Earthquake

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Sistem Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja dengan Bracing Konsentrik akibat Getaran Gempa” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr.Ade Faisal ST, MSc. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Irma Dewi, ST, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi, ST, Msi sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta M Ramli dan Ibunda tercinta Rahbiah S.Pi yang telah berjuang membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.

7. Teristimewa sekali kepada kakak dan adik tercinta Sri Rahmania M.Pd dan adik tercinta M Rizqi Fadhillah Akbar yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
8. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
9. Teman dan rekan seperjuangan Abangda Afiful Ansari S.T, Teuku Gilang A.Md, Rian Agustian A.Md, Misbatullah A.Md, Indri Dwi A.Md dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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, 05 November 2020

Penulis

M. Rahmatullah Amin

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	7
2.2 Pengertian Gempa Bumi	7
2.3 <i>Groundmotion</i>	7
2.4 Gempa Dekat	8
2.5 <i>Respons Spektrum</i>	10
2.6 Kekakuan Struktur	11
2.7 Simpangan Antar Lantai	11
2.8 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	13
2.9 <i>Panel Zone</i>	14
2.10 Sistem Rangka Pemikul Momen	15
2.11 Material Baja	16
2.12 <i>Incremental Dynamic Analysis</i>	17

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1 Umum	18
	3.2 Pemodelan Struktur	19
	3.3 Analisis Struktur	21
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Hasil Model linier Dan Non Linier	28
	4.2 Hasil Analisa Linier	28
	4.3 Hasil Analisa Non Linier	31
	4.4 Incremental Dynamic Analysis (IDA)	31
	4.5 Analisis <i>Probability Of Exceedance</i>	32
	4.6 Analisis <i>Probability of Collapse</i>	33
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1 Kesimpulan	36
	5.2 Saran	37
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gaya momen dan gaya geser yang terjadi pada pertemuan balok dan kolom	2
Gambar 1.2 Model untuk <i>panel zone</i>	3
Gambar 1.3 Rasio simpangan atap	3
Gambar 2.1 Ground motion dan spektrum respons percepatan elastis pada Gempa Westmorland	8
Gambar 2.2 Ciri khas riwayat waktu kecepatan dan perpindahan dari gerakan tanah	9
Gambar 2.3 Respon spektrum desain untuk berbagai periode dari periode nol, T ₀ , T _S , 1 s dst	11
Gambar 2.4 Penentuan simpangan antarlantai berdasarkan SNI 03-1726-2002	12
Gambar 2.5 Definisi panel zone	14
Gambar 2.6 Model untuk <i>panel zone</i>	15
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	18
Gambar 3.2 Denah Struktur Model	20
Gambar 3.3 Gambar Proyeksi Struktur Model Lantai 3	20
Gambar 3.4 Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2012	22
Gambar 3.5 Rekaman Gempa <i>Mammoth Lakes California</i>	26
Gambar 3.6 Rekaman Gempa <i>Mammoth Lakes California</i>	26
Gambar 4.1 Grafik Kurva IDA Pemodelan <i>Centerline & Panel Zone</i>	32
Gambar 4.2 Grafik Kurva Kerapuhan Saat <i>Collapse</i> Pada Pemodelan <i>Centerline Dan Panel Zone Scissor</i> Terhadap Bangunan 3 Lantai	33
Gambar 4.3 Grafik Kurva Kerapuhan Saat <i>Collapse Prevention</i> Pada Pemodelan <i>Centerline Dan Panel Zone Scissor</i> Terhadap Bangunan 3 Lantai	33
Gambar 4.4 grafik perbandingan Kurva Kerapuhan Pada Saat <i>Collapse</i> Dan <i>Collapse Prevention</i> Pada Pemodelan <i>Centerline</i> Pada Bangunan Lantai 3	34

Gambar 4.4 grafik perbandingan Kurva Kerapuhan Pada Saat *Collapse*
Dan *Collapse Prevention* Pada Pemodelan
Panel Zone Scissor (CS) Pada Bangunan Lantai 3

34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simpangan antarlantai izin (Δ_a)	12
Tabel 3.1 Komponen Struktural Bangunan	21
Tabel 3.2 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2012	23
Tabel 3.3 Data Gempa Dengan Pulse	24
Tabel 4.1 Nilai Gaya Geser Dasar Nominal Analisa Statik Ekuivalen	29
Tabel 4.2 Nilai RSA (T1) Untuk Kondisi Collapse (10%) dan Kondisi Collapse Prevention 5%	35

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Percepatan
V	= Kecepatan
IDA	= <i>Incremental Dynamic Ratio</i>
SDOF	= <i>Single Degree Of Freedom</i>
MDOF	= <i>Multi Degree Of Freedom</i>
f_y	= Tegangan leleh
f_u	= Tegangan ultimate
M_y	= <i>Momen Yield</i>
M_u	= <i>Momen Ultimit</i>
SRPM	= Sistem Rangka Pemikul Momen
S_1	= Percepatan batuan dasar pada perioda pendek
S_s	= Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
MCE_R	= <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>
DBE	= <i>Desain Basis Earthquake</i>
MCE	= <i>Maximum Considered Earthquake</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>
IDA	= <i>incremental displacement analysis</i>
IDR	= <i>incremental dynamic ratio</i>
CO	= <i>collapse prevention</i>
LS	= <i>Life Safety</i>
IO	= <i>Immadiate Occupancy</i>
RSA	= <i>Respon Spectra Analisis</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

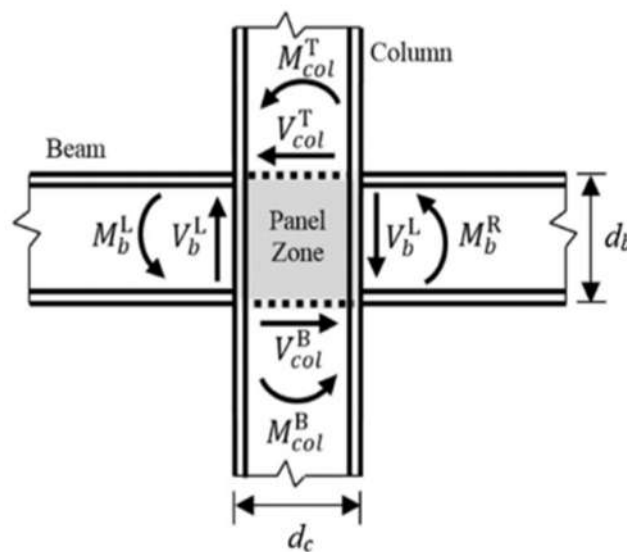
Indonesia terletak diantara 2 (dua) lempeng dunia yang aktif, hal ini mengakibatkan Indonesia termasuk daerah rawan terhadap gempa. Seperti pada catatan history gempa yang terjadi di Indonesia, terdapat beberapa gempa besar yang terjadi seperti gempa di Samudra Hindia 2004 dengan kekuatan 9,1-9,3 SR yang disertai dengan Tsunami dan masih ada beberapa catatan history gempa-gempa lainnya yang masih sering terjadi hingga saat ini. Untuk mengurangi resiko bencana yang terjadi maka diperlukan sebuah konstruksi bangunan yang tahan akan guncangan gempa. Untuk mengatasi masalah struktur bangunan yang rentan terhadap gaya lateral, gedung harus dirancang dengan kekakuan yang cukup baik dan bahan yang sangat baik pula.

Pada saat ini struktur baja sangat baik digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi (*highrise building*), karena material baja mempunyai kekuatan serta tingkat daktilitas yang tinggi dibandingkan dengan material-material struktur lainnya seperti beton. Sifat daktilitas diperlukan agar struktur mampu mengalami deformasi atau perubahan bentuk secara daktil dengan cara memencarkan energy 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*).

Pada struktur baja, untuk mengurangi perpindahan lateral agar memperoleh kestabilan struktur, maka portal dilengkapi dengan pengaku (*bracing*). Pengaku memiliki banyak bentuk dan konfigurasinya dan dipergunakan sesuai dengan perencanaan yang dibuat, bias juga menggunakan *shear wall*, *wall bracing* dan juga bracing “Z” atau bracing diagonal “X”, “V”, *inverted “V”* dan yang terakhir “K” yang bertujuan untuk mengikat struktur utama yaitu kolom dan balok dan

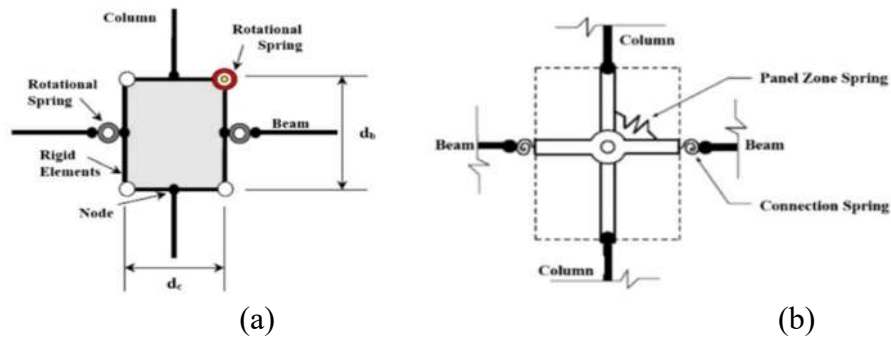
element lainnya. Agar element-element portal mampu menahan akibat beban lateral, maka portal diberi sambungan kaku pada titik buhulnya (*rigid joint*). Struktur yang demikian disebut rangka penahan moment (*moment resisting frame*)(Wahyudi,1992).

Penggunaan material baja untuk konstruksi bangunan bisa mengurangi risiko bangunan roboh saat diguncang gempa bumi dikarenakan tingkat fleksibilitasnya yang cukup tinggi dibandingkan material beton. Pada struktur baja area pertemuan antara balok dan kolom sering terjadi momen lentur dan gaya geser (Gambar 1.1) yang disebut dengan *panel zone*. Pada area ini terjadi pergerakan dan ketidakseimbangan pada penampangnya disebabkan desakan dari gaya-gaya yang bekerja disekitar area *panel zone* tersebut. Deformasi yang terjadi terus-menerus sampai titik kritisnya akan menyebabkan robek pada area tersebut.



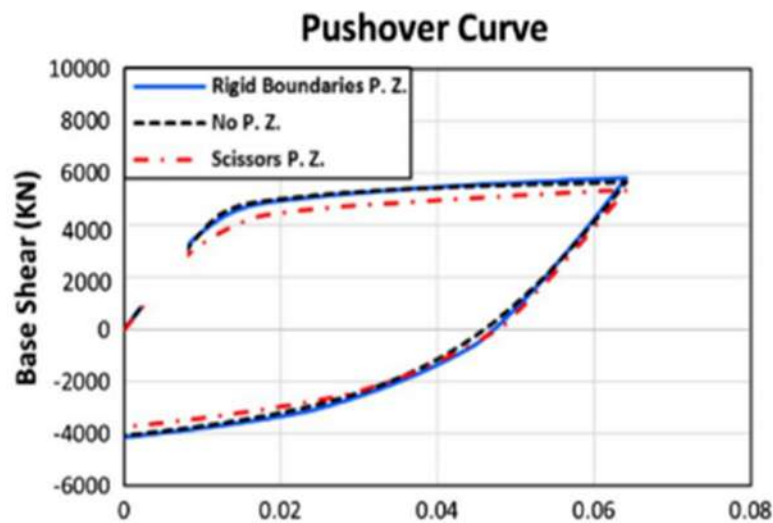
Gambar 1.1: Gaya momen dan gaya geser yang terjadi pada pertemuan balok dan kolom (Sepasdar dan Banan, 2019).

Umumnya pemodelan *panel zone* dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu *panel zone* Metode Krawinkler (Krawinkler, 1978) dan Metode Gunting atau Scissor (Krawinkler dan Mohasseb, 1987), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dan 1.2.



Gambar 1.2: Model untuk *panel zone* (a) Model Gunting (*Scissor*), dan (b) Model *Krawinkler*.

Perbandingan hasil tes eksperimental dengan simulasi numerik (Metode *Scissor* dan *Paralelogram*) untuk *panel zone* ditunjukkan pada Gambar 1.3. Pada gambar tersebut jelas menunjukkan kedua metode pemodelan sangat mendekati hasil tes eksperimental.



Gambar 1.3: Rasio simpangan atap (*Sepasdar dan Banan, 2019*).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah perbedaan pemodelan pada *panel zone* SRPM baja akan mempengaruhi kinerja keruntuhan?

2. Apakah perbedaan pemodelan pada *panel zone* SRPM baja akan mempengaruhi kurva *Incremental Dynamic Analysis* (IDA).

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh kinerja keruntuhan akibat perbedaan pemodelan *panel zone* pada struktur SRPM baja.
2. Untuk mengetahui perbedaan kurva *Incremental Dynamic Analysis* (IDA) akibat perbedaan pemodelan *panel zone* pada struktur SRPM baja.

1.4 Ruang Lingkup

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
 - Struktur Baja Pemikul Momen (SRPM) 2 Dimensi diantaranya Struktur Baja menggunakan *panel zone scissor*, Struktur Baja tanpa dimodelkan *panel zone*, pada 3 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Padang Pariaman dengan jenis tanah keras.
 - Struktur dengan dimensi kolom dan balok hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur baja, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
 - Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan Gedung SNI 1729:2015.
 - Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2012.
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:

- Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain
 - PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi Respon Spektrum.
 - Aplikasi komputasi untuk menskalakan *groundmotion* gempa.
 - Aplikasi untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Nonlinear) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.
4. Parameter yang ditinjau:
- Linear adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2012
 - Nonlinear : Simpangan antar tingkat (Kurva IDA)

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada pemodelan Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan bagaimana memodelkan *panel zone* pada struktur baja serta pengaruhnya terhadap deformasi struktur.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan baja, analisa struktur baja sistem rangka pemikul momen (SRPM), dan konsep tentang kekuatan bangunan baja terhadap gempa yang terjadi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

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 pemikul momen (SRPM) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada Bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar dan syarat-syarat/ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur baja, sistem pemikul rangka momen (SRPM), teori gempa, system struktur penahan gempa, tata cara bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2012, dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini.

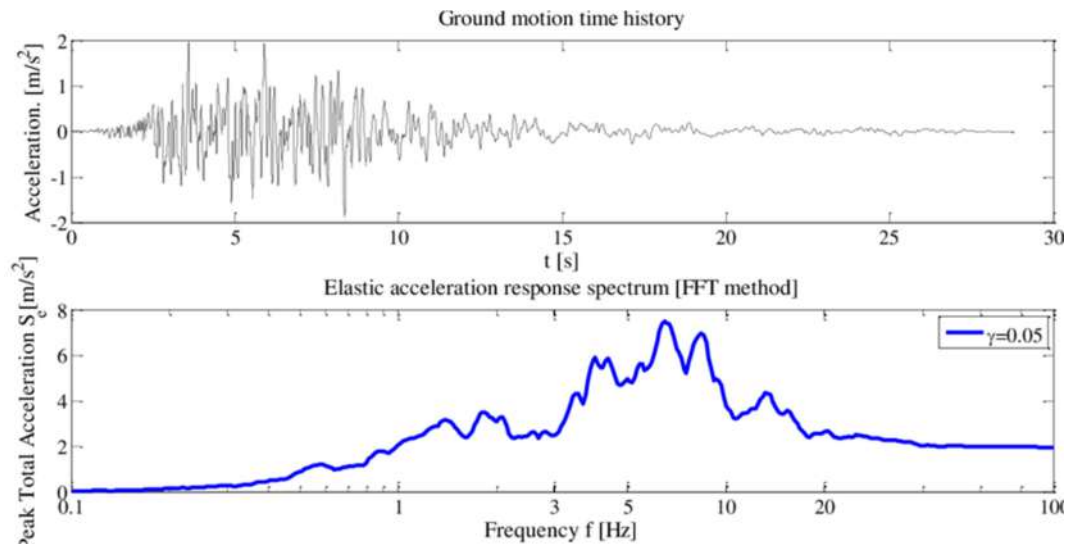
2.2 Pengertian Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa yang terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utamanya adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. (Schodek, 1999).

2.3 Groundmotion

Menurut Pawirodikromo (2012), *Groundmotion* atau getaran tanah adalah pergerakan permukaan bumi yang diakibatkan adanya gempa atau ledakan. Di dalam ilmu teknik gempa, *groundmotion* 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.



Gambar 2.1 *Groundmotion* dan *spektrum respons* percepatan elastis pada Gempa *Westmorland* (H S Aldaikh, N A Alexander & E Ibraim, 2012)

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).

2.4 Gempa Dekat

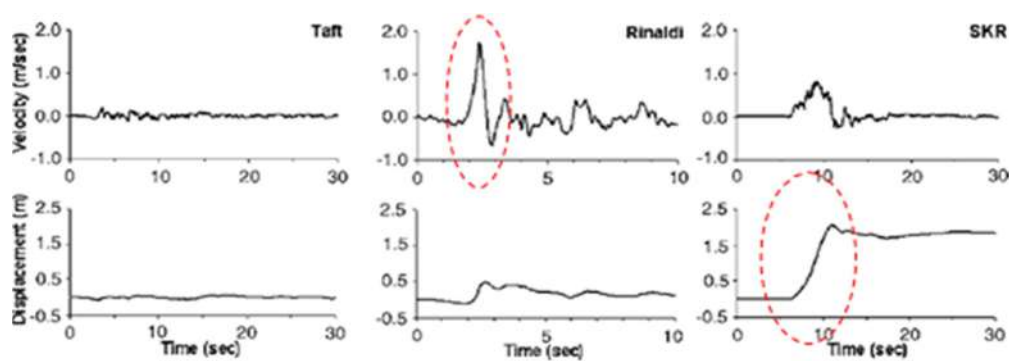
Gempa dekat adalah suatu respon tanah akibat dari aktivitas gempa pada suatu daerah yang tercatat dan dihitung pada stasiun gempa yang dekat dengan *epicenter*/pusat gempa tersebut (Pawirodikromo, 2012). Pawirodikromo menyatakan bahwa Kalkan dkk. (2004) memberikan batasan bahwa rekaman gempa *near-fault* adalah gempa yang direkam ≤ 15 km dari patahan (*fault*

rupture), Stewart dkk. (2001) membuat defenisi bahwa gempa *near-fault* umumnya adalah gempa-gempa antara 20-60 km dari pusat gempa, Wang dkk. (2006) memaknai *near fault earthquake* adalah gempa-gempa yang direkam pada jarak ≤ 90 km, Martinez-Pereira dan Bomber (1998) dalam Meniatakis dkk (2008) mengatakan bahwa *near fault* dimaknai sebagai suatu daerah dari pusat gempa sampai daerah yang intensitas gempa $I_{MM} \geq VIII$. Untuk daerah yang intensitas $I_{MM} < VIII$ maka gempa *near fault* kurang memberikan efek yang signifikan.

Pawirdikromo (2012) menyatakan juga bahwa Stewart dkk. (2001) mengatakan bahwa gerakan tanah (*grounds motion*) akibat gempa *near fault* utamanya akan dipengaruhi 3 hal pokok yaitu :

- a. Mekanisme gempa (gempa titik, gempa garis/*fault*)
- b. Arah rambatan patahan (*rupture direction*) relative terhadap *site*/pencatat.
- c. Kemungkinan terjadinya *permanent displacement* akibat patahan.

Gempa *near fault* dapat dibedakan berdasarkan data rekamannya yaitu gempa mengandung *pulse* dan gempa tanpa mengandung *pulse*. Gempa mengandung *pulse* dengan gempa tanpa mengandung *pulse* dapat dibedakan pada grafik *respons spektrumdisplacement*. Dimana gempa tanpa mengandung *pulse* dapat mengakibatkan perpindahan pada permukaan tanah sedangkan gempa mengandung *pulse* getaran tanah tidak memberikan efek perpindahan yang signifikan pada permukaan tanah.



Gambar 2.2: Ciri khas riwayat waktu kecepatan dan perpindahan dari gerakan tanah (a) gempa jauh, (b) gempa dekat (*forward-directivity*), and (c) gempa dekat (*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 2.2.

Bhagat dkk. (2018) menyatakan bahwa secara umum gempa dengan karakteristik *fling-step* memiliki grafik kecepatan yang hanya dominan pada 1 sisi yang berefek pada grafik perpindahan berdasarkan *time history* sedangkan gempa dengan karakteristik *forward-directivity* memiliki grafik kecepatan yang relatif seimbang untuk kedua sisi. Akibat daripada ini sebuah bangunan diperlukan alat disipasi energi guna meredam getaran tersebut. Gempa dekat dapat menyebabkan daktilitas yang besar pada bangunan yang menggunakan alat isolasi dasar terutama pada lantai bagian bawah yang menunjukkan bahwa perioda gerakan tanah mempengaruhi respon bangunan (*Mazza dan Vulcano, 2014*).

2.5 Respons Spektrum

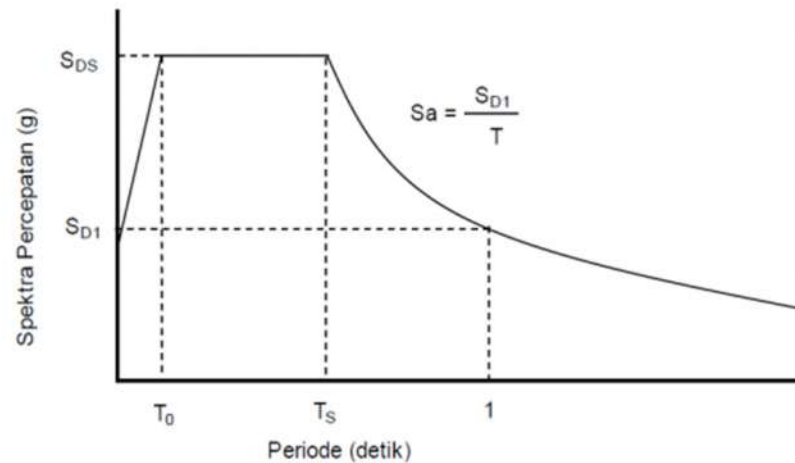
Menurut Bambang Budiono dan Lucky Supriatna (2011), Respons spektrum merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan. Definisi respons spektra adalah respons maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom* (SDOF) baik percepatan (a), kecepatan (v), dan perpindahan (d) dengan struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Absis dari respons spektra adalah periode alami sistem struktur dan ordinat dari respons spektra adalah respons maksimum.

Respon spektrum desain merupakan skenario percepatan puncak di permukaan tanah untuk berbagai periode alami akibat suatu guncangan. Respon spektrum desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 s (SD1) masing-masing diperoleh dengan perkalian antara SMS dan SM1 dengan konstanta redaman, μ . Indonesia menggunakan nilai $\mu = 2/3$ tahun. (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

$$\text{SDS} = \mu \text{ SMS}$$

$$SD1 = \mu SM1$$

Bangunan tahan gempa harus bisa mengakomodir spektrum respon desain di permukaan tanah di bawahnya. Perhitungan respon spektrum desain ini menggunakan alat berupa aplikasi dari laman Puslitbang Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (PU, 2011)



Gambar 2.3: Respon spektrum desain untuk berbagai periode dari periode nol, T_0 , T_s , 1 s dst. (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010)

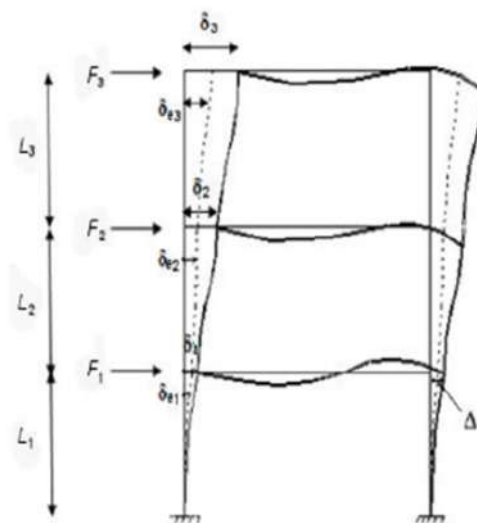
2.6 Kekakuan Struktur

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

2.7 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 8, simpangan antar lantai ditentukan berdasarkan 2 kinerja, yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Kinerja

batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antartingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, selain untuk mencegah kerusakan nonstruktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala. Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan, berdasarkan SNI 03-1726-2002, struktur gedung dalam segala hal simpangan antartingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30mm, bergantung pada yang nilainya lebih kecil (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).



Gambar 2.4: Penentuan simpangan antarlantai (SNI 03-1726-2002)

Simpangan antarlantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antarlantai tingkat izin (Δ_a) seperti yang terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Simpangan antarlantai izin (Δ_a)

Struktur	Katagori Resiko		
	I dan II	III	IV
Struktur selain struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$

Tabel 2.1 : Lanjutan

Struktur	Katagori Resiko		
	I dan II	III	IV
Interior, partisi, langit-langit dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua Struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

2.8 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

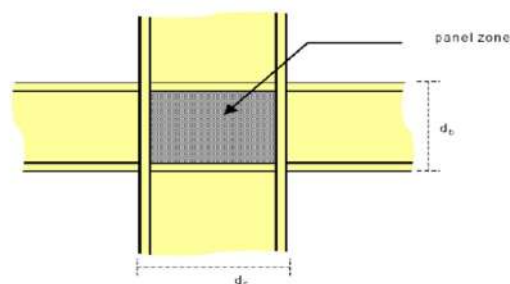
Menurut Paulay (1988), Tingkat layanan dari struktur gaya gempa terdiri dari tiga, yaitu:

- a. Serviceability Jika gempa dengan intensitas percepatan tanah yang kecil dalam waktu ulang yang besar mengenai struktur, disyaratkan tidak mengganggu fungsi bangunan, seperti aktivitas normal didalam bangunan dan perlengkapan yang ada. Artinya tidak dibenarkan ada terjadi kerusakan pada struktur baik pada komponen struktur maupun dalam elemen non-struktur yang ada. Dalam perencanaan harus diperhatikan kontrol dan batas simpangan (drift) yang terjadi saat gempa, serta menjamin kekuatan yang cukup bagi komponen struktur untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan diharapkan struktur masih berperilaku elastis.
- b. Kontrol kerusakan jika struktur dikenai gempa dengan waktu ulang sesuai dengan umur atau, masa rencana bangunan, maka struktur direncanakan untuk dapat menahan gempa ringan atau gempa kecil tanpa terjadi kerusakan pada komponen struktur ataupun mauun komponen non-struktur, dan diharapkan struktur dalam batas elastis.
- c. Survival Jika gempa kuat yang mungkin terjadi pada umur / masa bangunan yang direncanakan membebani struktur, maka struktur

direncanakan untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa mengalami kerusakan dan keruntuhan (collapse). Tujuan utama dari batas ini adalah untuk menyelamatkan jiwa manusia.

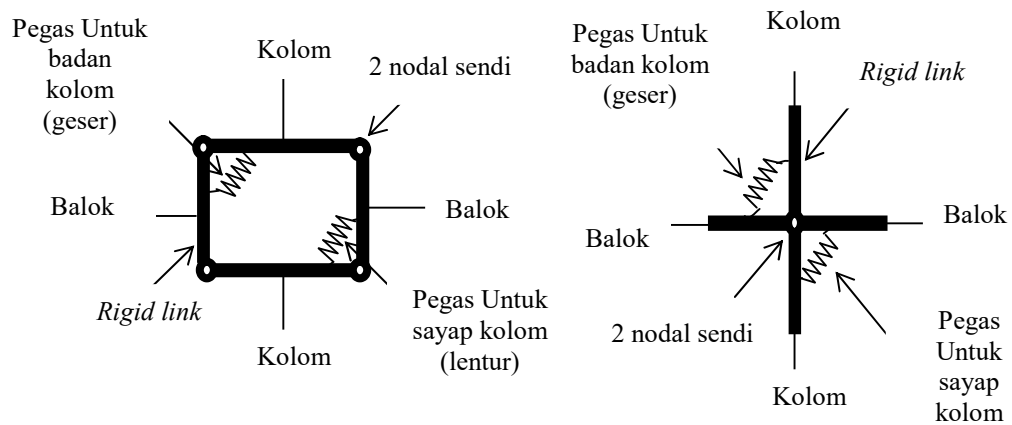
2.9 Panel Zone

Panel zone adalah daerah pada badan kolom yang ditentukan oleh perpanjangan garis sayap balok ke dalam kolom. Beban lateral pada rangka momen mengembangkan gaya geser yang tinggi dalam zona panel. Deformasi yang dihasilkan dari zona panel dapat memiliki pengaruh penting pada perilaku elastis dan inelastis bingkai. Investigasi penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa zona panel memiliki perilaku ulet dan stabil. Konsentrasi beberapa deformasi inelastis di zona panel dapat digunakan untuk menghilangkan deformasi permintaan pada balok. Namun deformasi inelastis yang berlebihan di zona panel dapat merusak sambungan dan mengganggu perilaku struktural global. Oleh karena itu, tingkat deformasi plastis di zona panel perlu dinilai secara memadai.



Gambar 2.5: Definisi panel zone

Umumnya ada 2 metode yang dipakai untuk memodelkan *panel zoned* dalam analisa struktur SRPM baja memakai metode elemen hingga, yaitu Metode Krawinkler (Krawinkler, 1978) dan Metode Gunting atau Scissor (Krawinkler dan Mohasseb, 1987), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Model untuk *panel zone* (a) model krawinkler, dan (b) model gunting (scissor).

2.10 Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut SNI 03-1729: 2002, sistem rangka pemikul momen terbagi atas:

a. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

SRPMK diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana.

b. SRPMT (Sistem Rangka Pemikul Momen Terbatas)

diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara moderat akibat gaya gempa rencana. SRPMT harus memenuhi persyaratan pada butir ini dan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga deformasi inelastis akibat beban gempa rencana terakomodasi dengan tercapainya pelelehan pada komponen struktur untuk rangka dengan sambungan kaku, atau tercapainya pelelehan pada sambungan untuk rangka dengan sambungan semi kaku.

c. SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)

diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana.

d. SRBPMK (Sistem Rangka Batang Pemikul Momen Khusus)

adalah suatu struktur rangka batang pemikul momen yang dipasang secara horizontal. Pada SRBPMK ada suatu segmen khusus yang terdiri dari

beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan secara khusus. SRBPMK direncanakan mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada segmen khusus saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Jarak antar kolom pada SRBPMK dibatasi tidak lebih dari 20 meter dan tinggi keseluruhan tidak lebih dari 2 meter. Kolom-kolom dan segmen lainnya selain segmen khusus harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh segmen khusus pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan.

e. **SRBKK(sistem rangka bresing konsentrik khusus)**

diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar akibat gaya gempa rencana. SRBKK memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada tingkat daktilitas Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) mengingat penurunan kekuatannya yang lebih kecil pada saat terjadinya tekuk pada batang bresing tekan.

f. **SRBKB(Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa)**

diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana.

g. **SRBE(Sistem Rangka Bresing Eksentrik)**

ada suatu bagian dari balok yang disebut Link dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada Link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Kolom-kolom, batang bresing, dan bagian dari balok di luar Link harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh Link pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan.

2.11 Material Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Kandungan baja yang utama adalah Besi (Fe) dengan kadar 97% dan Karbon (C) dengan kadar 0,2% hingga 2,1%, serta unsur

paduan lain yaitu Mangan (Mn), Krom (Cr), Vanadium(V), Nikel (Ni), Silikon (Si), tembaga (Cu), sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda.

Pengaruh utama kandungan karbon di dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan dan sifat mudah dibentuk. Penambahan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (hardness) dan kekuatan tariknya (tensile strength), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility).

Dan dikarenakan sifat baja yang memiliki kekuatan yang besar, maka penggunaan baja di dunia konstruksi saat ini semakin banyak digunakan.

2.12 Incremental Dynamic Analysis

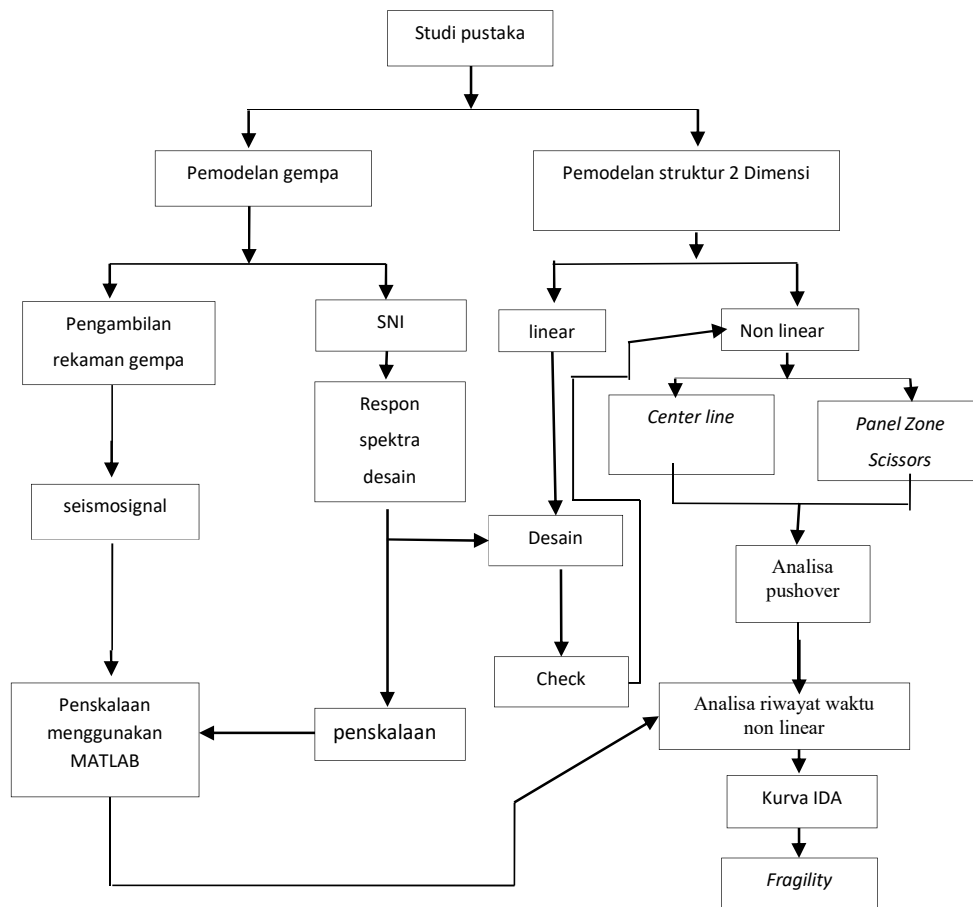
IDA merupakan metode analisis komputasi beban gempa untuk melakukan penilaian menyeluruh terhadap perilaku struktur dibawah beban gempa yang melibatkan pelaksanaan beberapa analisis dinamis nonlinier dari model struktural di bawah serangkaian rekaman gerakan tanah, masing-masing diskalakan ke beberapa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

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 2 pemodelan *panel zone* dengan sistem rangka pemikul momen. Kedua pemodelan *Panel zone* tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal fling. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan dengan dengan gempa di hasilkan.

3.2 Pemodelan Struktur

3.2.1 Perencanaan Struktur

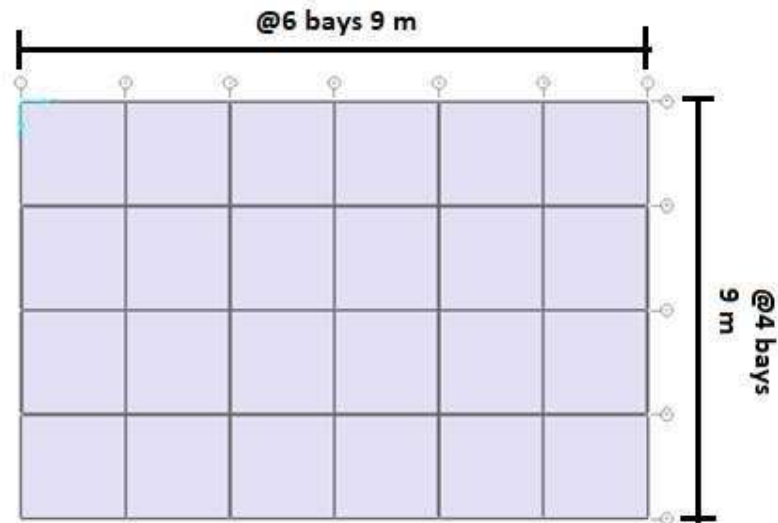
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Padang Pariaman.
3. Klasifikasi situs tanah Keras (*SC*).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen dengan bressing Jenis portal struktur gedung adalah struktur baja.
5. Mutu baja yang digunakan adalah ASTM A992
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 50 ksi (345 Mpa)
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 65 ksi (450 Mpa)

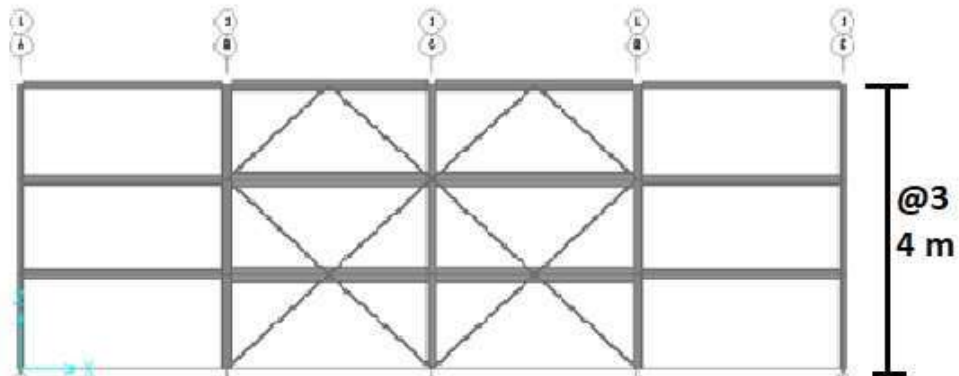
3.2.2 Data Perencanaan Struktur

Pada tugas akhir ini, direncanakan struktur bangunan dengan material baja dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) dan berbentuk simetri. Adapun bentuk pemodelan yang digunakan adalah :

Model : Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Panel Zone Scissor (3 Lantai).



Gambar 3.2: Denah struktur Model



Gambar 3.3: Gambar proyeksi struktur Model lantai 3

3.2.3. Dimensi Kolom-Balok

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

Tabel 3.1 Komponen Struktural Bangunan

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior	Kolom Eksterior	Balok	Brace
Lantai 3	1	W14X90	W14X90	W21X93	HSS 6x6x5/8
	2	W14X90	W14X90	W21X93	HSS 6x6x1/2
	3	W14X90	W14X90	W24X104	HSS 5x5x1/2

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

Nilai beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan adalah sebagai berikut :

- Beban Lantai = 98.4 psf = 480.43 kg/m²
- Beban Atap = 94.5 psf = 461.39 kg/m²

3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa Padang Pariaman (Tanah Keras)

Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah lunak yang terletak di Kota Padang Pariaman, kemudian dianalisis dengan 4 model yaitu Linear MCE dan DBE serta Non Linear MCE dan DBE.

data-data respon spectrum linear yaitu

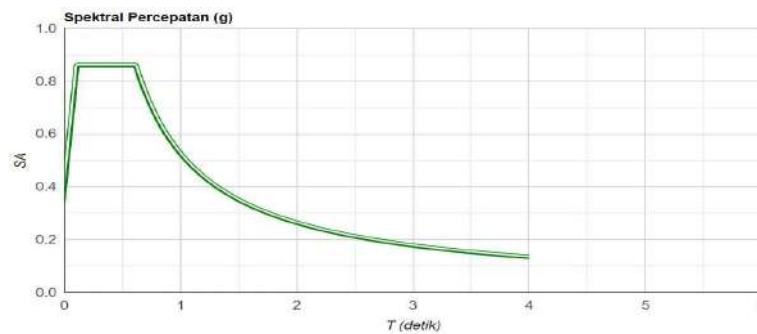
$$PGA = 0.481 \text{ m/det}^2, 0.4 \text{ m/det}^2 \text{ (Linear MCE\&DBE)}$$

$$PGA = 4.8 \text{ m/det}^2, 3.2 \text{ m/det}^2 \text{ (Non Linear MCE\&DBE)}$$

$S_s = 1.116 \text{ m/det}^2$ dan $S_l = 0.449 \text{ m/det}^2$. Adapun nilai-nilai tersebut yaitu:

- Nilai F_a = 1.0 m/det^2
- Nilai F_v = 1.351 m/det^2
- S_{MS} = 1.116 m/det^2
- S_{MI} = 0.4494 m/det^2
- S_{DS} = 1.116 m/det^2
- S_{DI} = 0.606 m/det^2
- T_0 = 0.109 m/det^2
- T_s = 0.544 m/det^2
- Nilai S_a = 0.6 m/det^2

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



Gambar 3.4: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Padang Pariaman dengan jenis tanah Keras.

Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Analisis Dinamik Struktur Linear 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 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan

tahan gempa, maka didapatkan untuk Faktor $R=6$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 1$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 untuk faktor $R = 6$.

Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 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			

3.3.1.4. *Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)*

Data rekaman gempa diperoleh dari *website* resmi *Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*, *COSMOS Strongmotion Data Center*. Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Station*, *Date*, dan *Magnitude* agar terdapat korelasi

antara data gempa yang diambil dari *website* tersebut dengan data gempa dari bangunan yang direncanakan.

Data rekaman gempa yang diambil sebanyak 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.

Tabel 3.3: Data gempa dengan *pulse*

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Managua Nicaragua-01	1972	Managua ESSO	6.24
2	Fruili 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

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 Padang Pariaman (tanah keras). 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* analisa riwayat waktu. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinier antara lain:

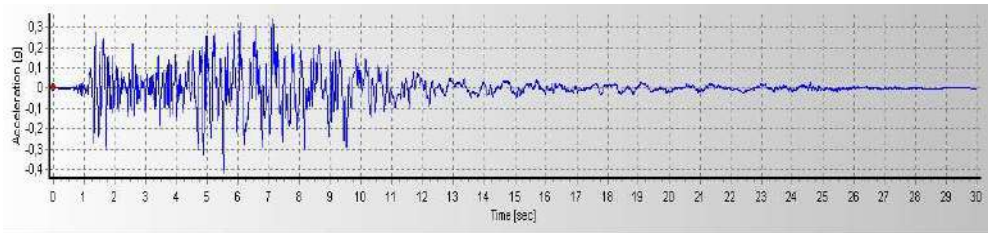
- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- M_y : Momen leleh
- M_c : Momen puncak
- K_o : Kekakuan rotasi elastis
- θ_p : Koefisien rotasi plastis
- θ_y : Koefisien rotasi leleh
- θ_c : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- θ_{pc} : Koefisien rotasi *post-capping*
- θ_u : Koefisien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

3.3.1.5. Analisis Respon Riwayat Waktu

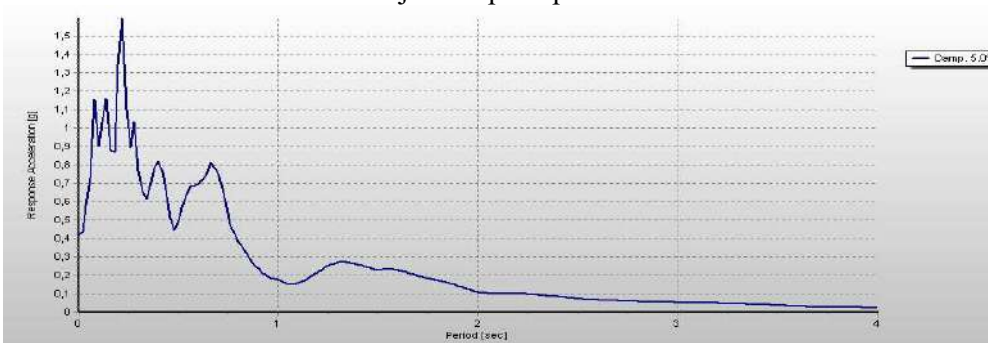
Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi

syarat-syarat SNI 1726:2012. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi. terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.7 dan 3.8.
- b. mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software Seismosignal*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



Gambar 3.5: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum



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

3.3.1.6 Momen leleh (My)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai *input* analisis nonlinear pada program analisa riwayat waktu adalah momen maksimum pada analisis linier respon riwayat waktu menggunakan Program Analisa Struktur. Nilai tersebut sebelumnya diambil dari Program Analisa Struktur dan disesuaikan

dengan sistem bangunan yang direncanakan. Pengambilan momen leleh diambil setelah menyesuaikan kurva kapasitas pada analisa beban dorong (*push over*), Dimana untuk melihat perilaku dari struktur yang direncanakan.

3.3.1.7. Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)
Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. 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 (2009), sedangkan $M_c/M_y = 1,13$ berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

3.3.1.8. Rotasi Leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktalitas yang dibutuhkan sebagai *input* dalam *software* analisa riwayat waktu. Nilai rotasi sendi plastis tersebut dihitung berdasarkan Pers. 2.6 dan dihitung untuk semua *frame* (balok-kolom) pada struktur gedung yang direncanakan. Nilai θ_y untuk semua *frame* dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier Dan Non Linier

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

4.2. Hasil Analisa Linier

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012, 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 perioda yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS.

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

Analisa menggunakan metode *CQC* (*Complete Quadratic Combination*), hasil persentase perioda 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 model 4 lantai didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.. Untuk perhitungan tertera pada lampiran A3.

4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V_1) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan faktor skala yaitu pers (4.1):

$$0,85 \frac{V_1}{V_t} \geq 1 \quad (4.1)$$

dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal statik ekivalen

V_t = Gaya geser dasar kombinasi ragam

Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum *output* Program Analisa Struktur V_t .

Struktur	Arah Gempa	$V_1(kN)$	$V_t(kN)$
Lantai 3	Gempa X	271.113	489.042

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2012, maka nilai faktor skala harus lebih kecil atau sama dengan 1.

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A5.

4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi

Nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A6.

4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai V_1 dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu:

$$\text{Syarat} \quad : \quad V_t \geq 0,85 C_s W \quad (4.3)$$

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai V_t sb. x diperoleh :

Struktur	Arah Gempa	$V_t(kN)$	$0.85(C_s \cdot W)$	Cek
Lantai 3	Gempa X	489.042	356.721	Oke

Dengan demikian syarat skala simpangan antar lantai telah terpenuhi, yaitu gaya geser dasar respon spektrum (V_t) lebih besar dari nilai $C_s W$, sehingga simpangan antar lantai tidak perlu dikalikan dengan faktor skala.

4.2.5. Nilai Simpangan Gedung

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A7

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

Berdasarkan SNI 1726:2012, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan di atas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan tidak mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A8.

4.2.7. Pengaruh Efek P-Delta

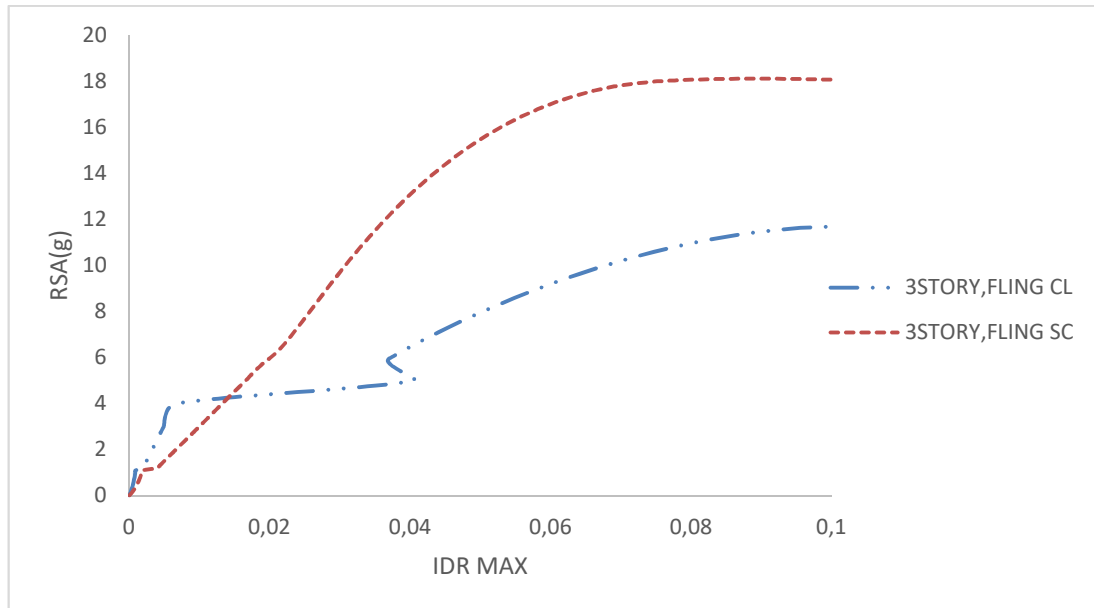
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat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

4.3. Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur baja yang telah didesain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa. Jenis gempa yang akan diberikan pada struktur baja yaitu gempa Reguler, gempa *pulse*, dan gempa fling. Faktor R pada gedung merupakan faktor reduksi gedung yang telah didesain pada sistem struktur baja. Model struktur akan diambil data *interstory drift* setelah dianalisis dan nilai tersebut dibandingkan terhadap factor-faktor yang telah disebutkan diatas.

4.4 Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Incremental Dynamic Analysis yang di lakukan pada ketiga model struktur menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur yang selanjutnya dapat digunakan untuk membentuk kurva kerapuhan struktur sebagai metode dalam asamen kerapuhan seismik. Hasil IDA menggunakan 20 set rekaman gempa untuk masing-masing pemodelan *centerline (CL)* dan *scissor (SC)*. Grafik IDA adalah hasil dari *interstory drift Ratio*.

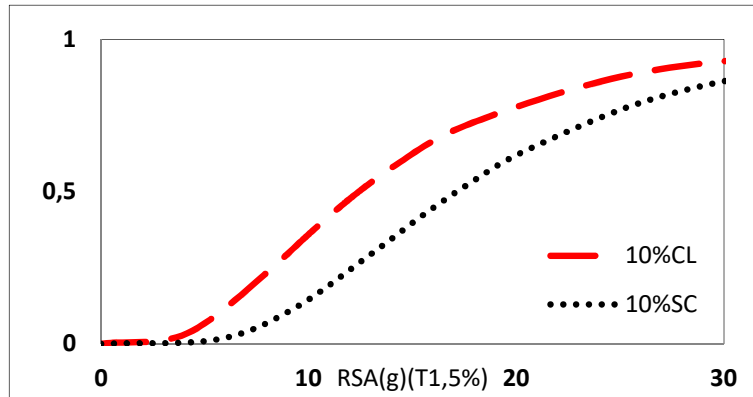


Gambar.4.1: Grafik kurva IDA pemodelan *centerline* (FCL), dan *panel zone scissor* (FSC) terhadap bangunan 3 lantai.

Pada gambar diatas menunjukkan *Incremental Dynamic Analysis* dari gambar 4.5 dapat dilihat mengalami kenaikan cukup besar dari gambar 4.1, pada *centerline* saat nilai $RSA(T1) = 1.17$ mendapatkan nilai $IDR = 0.00093$, pada *panel zone scissor* pada saat nilai $RSA(T1) = 1.17$ mendapatkan nilai $IDR = .$ Setelah peningkatan $RSA 0.7$ perbedaan $IDR max$ sangat jelas terlihat perilaku sesungguhnya struktur yang ditandai memisahanya grafik antara 2 pemodelan.

4.5 Analisis *Probability of Exceedance*

Dari proses *Incremental Dynamic Analysis* (IDA) didapatkan nilai IDR ratio pada RSA tertentu yang kemudian akan digunakan dalam menganalisa probabilitas *collapse* dan *collapse prevention* struktur gedung terhadap nilai RSA. Hasil Probabilitas keruntuhan struktur untuk ketiga model dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.

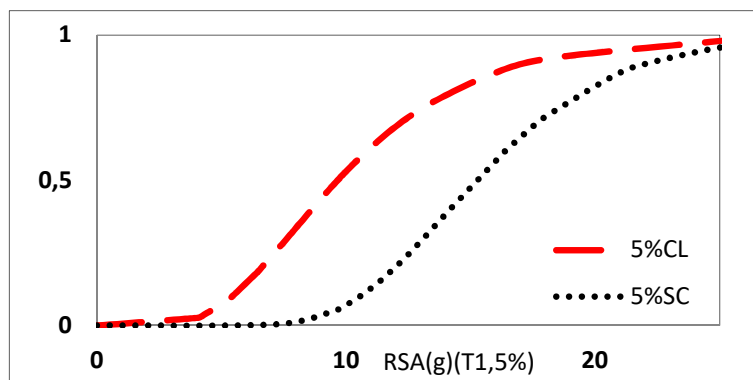


Gambar 4.2: Grafik kurva kerapuhan saat *collapse* pada pemodelan *centerline* (CL) & *panel zone scissor* (SC) terhadap bangunan 3 lantai.

4.6 Analisis *Probability of Collapse*

Dari proses *Incremental Dynamic Analysis* (IDA) didapatkan nilai IDR ratio pada RSA tertentu yang kemudian akan digunakan dalam menganalisa probabilitas keruntuhan struktur gedung terhadap nilai RSA.

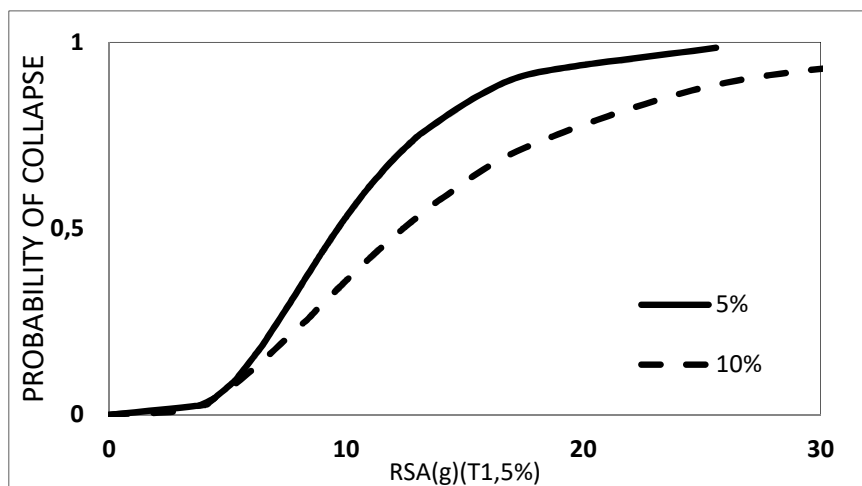
Kurva kerapuhan dari ketiga jenis gempa tunggal terhadap model lantai 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi grafik yang didapat maka semakin kecil nilai RSA(T1) yang di butuh kan untuk mencapai nilai *Probability of collapse* = 0,1 atau 10%. Lihat Gambar 4.3.



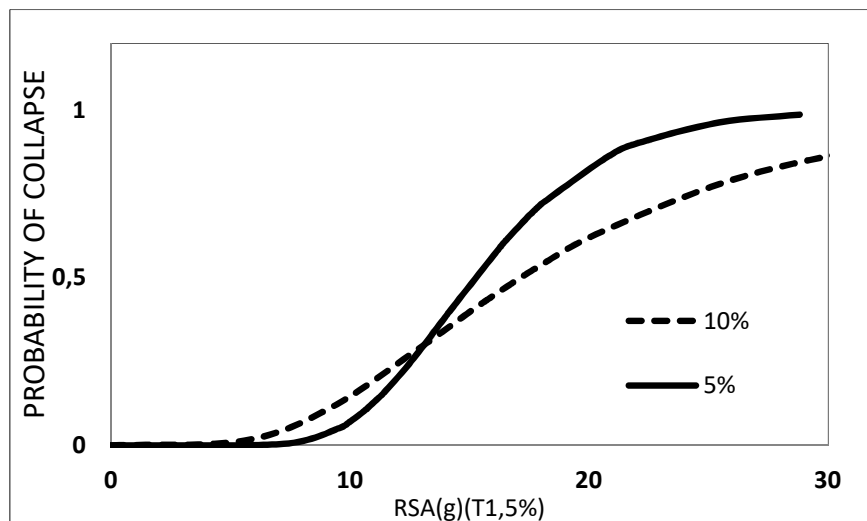
Gambar 4.3: Grafik kurva kerapuhan pada saat *collapse prevention* pada pemodelan *centerline* (CL), *panel zone scissor* (SC) terhadap bangunan 3 lantai.

Nilai keruntuhan struktur menurut FEMA (273) untuk kategori resiko adalah Collapse 10%, CP (Collapse Prevention) 5%, LS (Life Safety) 2.5%, IO (Immadiate Occupancy) 0.7%.

Dari kurva kerapuhan diatas sangat jelas bahwasannya secara garis besar pemodelan *centerline* membutuhkan RSA yang lebih besar mengalami keruntuhan dibanding pada pemodelan scissor.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat *collapse* dan *collapse prevention* pada pemodelan *centerline* (CL) pada bangunan lantai 3.



Gambar 4.5: Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat *collapse* dan *collapse prevention* pada pemodelan *panel zone scissor* (SC) pada bangunan lantai 3.

4.2.1 Median Kurva Kerapuhan

Nilai median yang telah diperoleh dari analisis kurva kerapuhan *centerline*, *panel zone scissor* Lihat tabel 4.2:

Tabel 4.2: Nilai RSA(T1) untuk kondisi *collapse* (10%) dan kondisi *collapse prevention*

COLLAPSE		COLLAPSE PREVENTION	
CENTERLINE	SCISSOR	CENTERLINE	SCISSOR
12.40855	17.12994	9.6560	15.2738

Dari tabel diatas menunjukkan *Scissor* memiliki RSA terbesar yaitu 17.12994 untuk terjadi *collapse* dan 15.2738 untuk *collapse prevention*, disusul *centerline* dengan RSA sebesar 12.40855 untuk *collapse* dan 9.6560 untuk *collapse prevention*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi yang dilaksanakan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:\

1. Menurut hasil analisis *Incremental Dynamic Analysis* perilaku struktur *Centerline (FCL)* dan *Panel Zone Asissor (FSC)* bila terkena gempa Fling adalah sebagai berikut:
 - a. Pada Pemodelan *Centerline (FCL)* saat nilai $RSA(T_1) = 1.17$ diperoleh nilai $IDR = 0.00093$.
 - b. Pada Pemodelan *Panel Zone Asissor (FSC)* saat nilai $RSA(T_1) = 1.17$ diperoleh nilai $IDR = 0.00189$.
 - c. Setelah Terjadi Peningkatan RSA maka akan terlihat terjadi perbedaan IDR_{max} , yang mana kedua grafik sudah sangat memisah.
2. Menurut hasil analisis, diperoleh probabilitas keruntuhan struktur gedung SRPMK struktur baja bila terkena gempa fling:
 - a. Nilai keruntuhan centerline pada keruntuhan 10% didapat angka 12.4085. sedangkan pada struktur gedung panel zone scissor didapatkan 17.12994 dimana struktur bangunan yang menggunakan scissor membutuhkan nilai RSA yang lebih besar ketimbang centerline pada kondisi keruntuhan ($IDR = 10\%$)
 - b. Untuk kondisi keruntuhan ($IDR = 5\%$) menurut kategori struktur bangunan didapat bahwa struktur panel zone scissor membutuhkan RSA yang lebih besar ketimbang centerline.
 - c. Untuk kondisi mendekati keruntuhan 5% CP (collapse prevention), 2.5% LS (Life Safety) dan 0.7% IO (Immediate Occupancy) berdasarkan FEMA 2000, nilai $RSA(T_1)$ gempa fling memiliki skala yang cukup besar.

5.2 Saran

1. Dalam Tugas Akhir ini, dimensi balok kolom yang ekonomis diabaikan. Disarankan untuk penganalisaan selanjutnya komponen tersebut direncanakan agar data yang dihasilkan lebih akurat dan sesuai data kondisi yang ada dilapangan.
2. Dalam Tugas Akhir ini, analisa riwayat waktu non linier struktur gedung hanya ditinjau secara 2 dimensi. Disarankan agar struktur gedung ditinjau secara 3 dimensi.
3. Diharapkan tugas akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI, A. (2005). AISC 358–05 prequalified connections for special and intermediate steel moment frames for seismic applications. *American Institute of Steel Construction Inc., Chicago.*
- Badan Standarisasi Nasional (2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Bhagat, S., Wijeyewickrema, A. C., & Subedi, N. (2018). Influence of Near-Fault Ground Motions with Fling-Step and Forward-Directivity Characteristics on Seismic Response of Base-Isolated Buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 1-20.
- Budiono, Bambang & Lucky Supriatna. (2011). Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Chesoan, Adriana., Aurel, Stratan., Dominiq, Jakab., etc. (2019). The influence of joint modelling on the seismic design of steel frames. *Nordic steel constructions conference*. 18-20
- Daniel L. Schodek, (1999), Struktur, Jakarta: Erlangga
- Davoodi, M., Sadjadi, M., Goljahani, P., & Kamalian, M. (2012, September). Effects of near-field and far-field earthquakes on seismic response of sdf system considering soil structure interaction. In *15th World Conference on Earthquake Engineering*. Lisbon, Portugal.
- Dewobroto, W. (2005). Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover. *Universitas Pelita Harapan*.
- Elkady, Ahmed & Dimitrios, G. Lignos. (2014). Modeling of the composite action in fully restrained beam-to-column connections: implication in the seismic design and collapse capacity of steel special moment frames. *Earthquake engineering & structural dynamics*. 10.1002/eqe.2430
- Elkady, Ahmed & Dimitrios, G. Lignos. (2014). Effect of gravity framing on the overstrength and collapse capacity of steel frame building with perimeter special moment frames. *Earthquake engineering & structural dynamics*. 10.1002/eqe.2519
- Elkady, A., & Lignos, D. G. (2015). Effect of gravity framing on the overstrength and collapse capacity of steel frame buildings with perimeter special moment frames. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(8), 1289-1307.

Flores.Francisco X., Finley A. Charney & Diego Lopez.(2013) influence of the gravity framing system on the collapse performance of special steel moment frames. *Journal of konstrukctional steel research*, 101, 351-362.

Hsiao. Po-Chien., Dawn E. Lehman & Charles W. Roeder. (2012). Improved analytical model for special concentrically braced frames.*Journal of konstrukctional steel research*, 73, 80-94.

Hsiao, Po-Chien., Dawn E. Lehman & Charles W. Roeder. (2013). Evaluation of the response modification coefficient and collapse potential of special concentrically braced frames.*The Journal of the International Association for Earthquake Engineering*, 42, 1547-1564.

<http://peer.berkeley.edu>.

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

<http://strongmotionscenter.org>.

Krawinkler,H., Mohasseb,S. (1987). Effects of panel zone deformations on seismic response.*Journal of konstrukctional steel research*. 233-250.

Pawirodikromo, W., (2012), *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar., Yogyakarta.

Ruiz-García, J., & Aguilar, J. D. (2017). Influence of modeling assumptions and aftershock hazard level in the seismic response of post-mainshock steel framed buildings. *Engineering Structures*, 140, 437-446.

LAMPIRAN

A.1. Perhitungan Pembebanan Struktur

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

- a. Beban gravitasi atap = 94.5 psf = 4.524 Kn/m²
- b. Beban gravitasi lantai = 98.4 psf = 4.711 Kn/m²

A.2. Syarat Periode Struktur

Penentuan periode yang akan digunakan untuk perhitungan gaya geser dasar dan gaya lateral statik ekuivalen adalah berdasarkan SNI 1726:2012.

Data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4 m
- Tinggi lantai tipikal : 4 m
- H_n : 12 m
- C_u : 1,4 untuk $R=6$
- C_t : 0,0731
- x : 0,75

Tabel L.1: Kontrol periode getar alami struktur Model 1

SYARAT PERIODA					
Arah	$T_{a_{min}}$ ($C_t \times h_n^x$)	$T_{a_{max}}$ ($C_u \times T_{a_{min}}$)	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X ($R=6$)	0.471	0.660	0,38	0.471	OK

Berdasarkan Tabel L.1, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode minimum yaitu 0,471 karena nilai periode pada Program Analisa Struktur lebih besar dari batas minimumnya untuk ketiga jenis R.

A.3. Modal Participating Mass Ratios

Tabel L.6: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	0.373	0.842	0.816
Modal	2	0.192	0.000	0.942
Modal	3	0.173	0.0227	0.978
Modal	4	0.141	0.111	0.990
Modal	5	0.123	0.000	0.990
Modal	6	0.106	0.00003	0.990
Modal	7	0.104	0.000	0.990
Modal	8	0.093	0.0192	0.990
Modal	9	0.086	0.000	1.000
Modal	10	0.084	0.0036	1.000
Modal	11	0.077	0.000	1.000
Modal	12	0.069	0.000	1.000

Tabel L.7: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	48.492	Not ok	ok
T2-T3	9.779	ok	Not ok
T3-T4	18.287	Not ok	ok
T4-T5	13.327	ok	Not ok
T5-T6	13.379	ok	Not ok
T6-T7	2.142	ok	Not ok
T7-T8	10.656	ok	Not ok
T8-T9	7.276	ok	Not ok
T9-T10	2.889	ok	Not ok
T10-T12	8.404	ok	Not ok
T11-T12	9.459	ok	Not ok

A.4. Berat Sendiri Struktur

A.4.1. Berat Sendiri Struktur Model 1

Tabel L.16: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Story</i>	<i>Self weight (KN)</i>
3	57.137
2	51.843
1	49.619
TOTAL	158.599

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 158.599 KN.

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

Gaya geser dasar yang digunakan untuk menghitung gaya lateral statik ekivalen ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012.

➤ Model 1

❖ Untuk faktor R=8, Data struktur:

- S_{D1} : 0.606
- S_{DS} : 1.116
- R : 6.00
- I_e : 1.00
- S_1 : 0.449

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1.116}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.1395 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= \frac{0,5.S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5.0.449}{\left(\frac{6,0}{1}\right)} = 0.0280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0.606}{0,471\left(\frac{6,0}{1,0}\right)} = 0.160 \end{aligned}$$

Tabel L.21: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=6).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,0280	0,1608	0,1395	0,1608

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{shitungan}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah

$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0.1608 \times 3041.31$$

$$V = 489.042 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 0,38 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 0.9855.

Tabel L.22: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=8).

Lantai i	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (hx)	$W_x \cdot hx^k$	$\frac{Force}{V} = \frac{(W_x \cdot hx^k)}{(\sum W_x \cdot hx^k)}$	Story Shear (F_x)
3	530.132	12	6136.449	10.939	10.94
2	672.890	8	5223.231	9.311	20.25
1	752.214	4	2948.978	5.256	25.51
TOTAL			14308.65 8	25.507	

Berdasarkan Tabel L.22, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1 adalah 489.042 KN.

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

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

Tabel L.51: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=6.

<i>Story</i>	V_x	35% V_x <i>base shear</i>	Kontrol
3	103.78	125.42	Tidak Oke
2	199.27	125.42	Oke
1	271.14	125.42	Oke
<i>Base</i>	0	0	Oke

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung Model 1

Tabel L.66: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=6.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot Cd$)/Ie))	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
12	3	0.002462	0.003372	0.07	OK
8	2	0.001849	0.005115	0.07	OK
4	1	0.000919	0.005115	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.66: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

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

A.8.1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 1

Tabel L.81: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
3	2078.98		-	-
2	2884.04	138.723	4029.309	-
1	7124.91	247.045	-	176.826

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

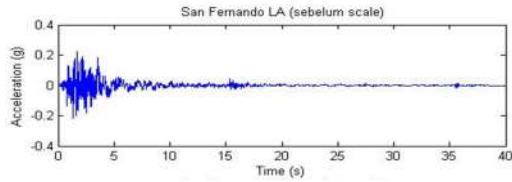
A.9.1. Pengaruh Efek P-Delta Model 1

Tabel L.98: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=5).

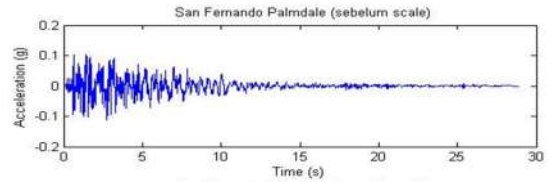
ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	V _u	P _u	I _e	C _d	STABILITY RATIO	CEK < 1
3	11.5	0.0247	1459.40	33803.8	1	5.5	0.26	OK
2	8	0.0191	1461.06	35686.8	1	5.5	0.21	OK
1	4.5	0.0113	1461.64	37750.5	1	5.5	0.13	OK

A.10. *Groundmotion* (Rekaman gempa)

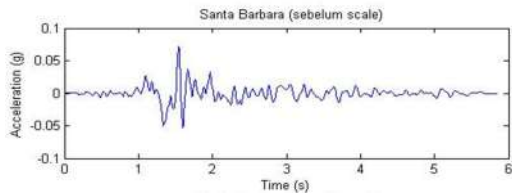
Terdapat dua tipe *groundmotion* yang akan digunakan dalam tugas akhir ini yaitu tipe *groundmotion* yang tanpa *pulse* dan tipe *groundmotion* dengan *pulse*.



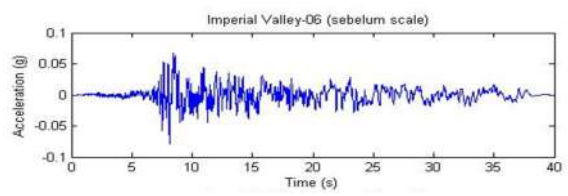
(a)



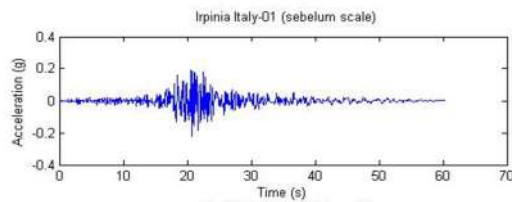
(b)



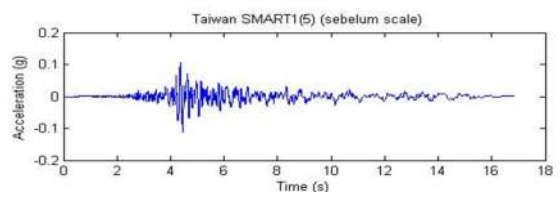
(c)



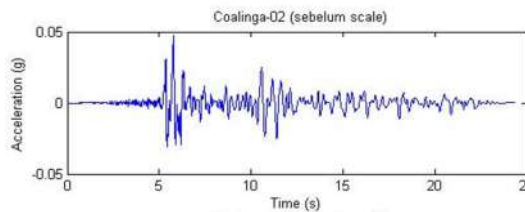
(d)



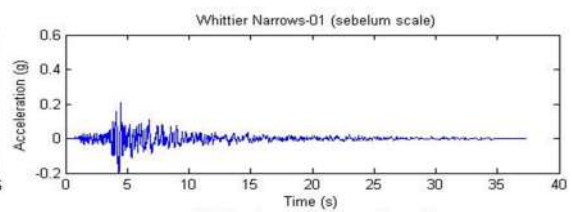
(e)



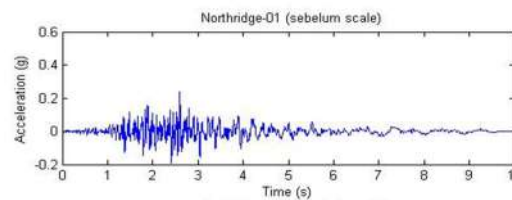
(f)



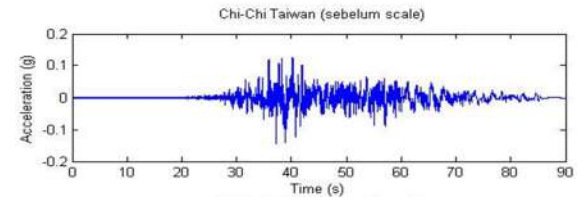
(g)



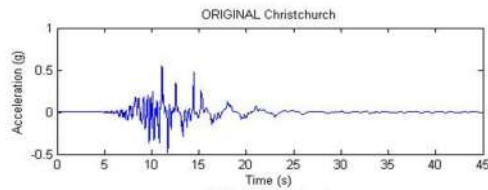
(h)



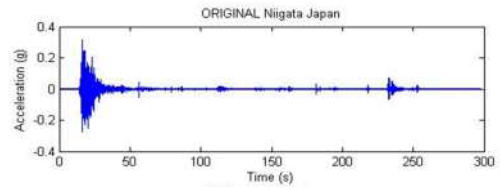
(i)



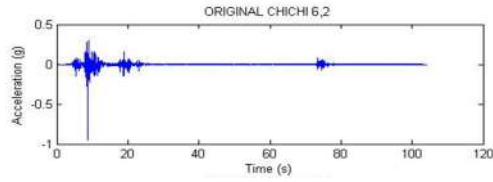
(j)



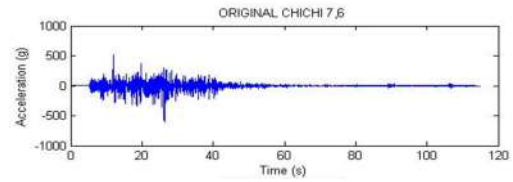
(k)



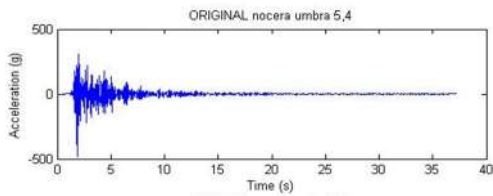
(l)



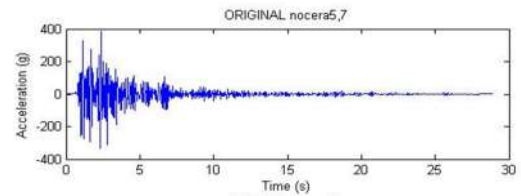
(m)



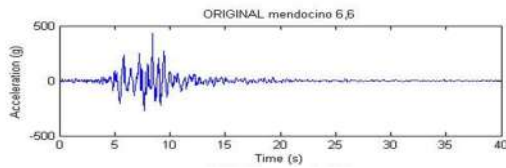
(n)



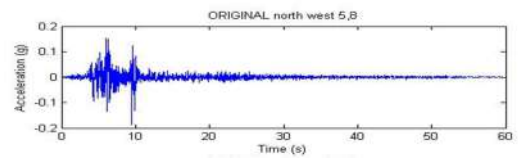
(o)



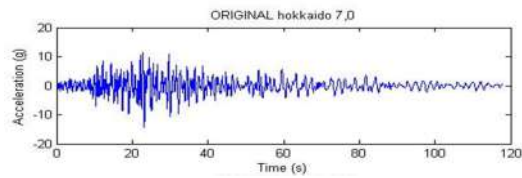
(p)



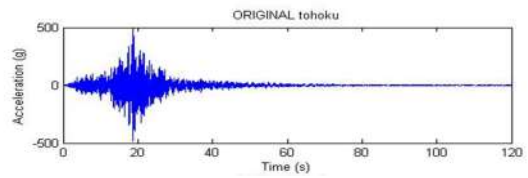
(q)



(r)

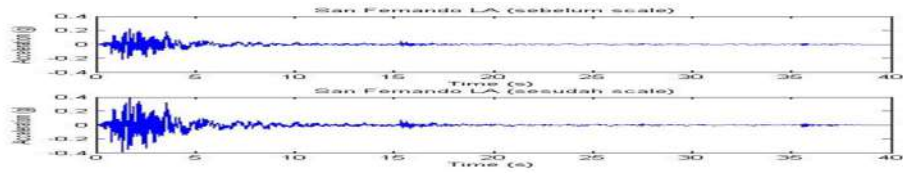


(s)

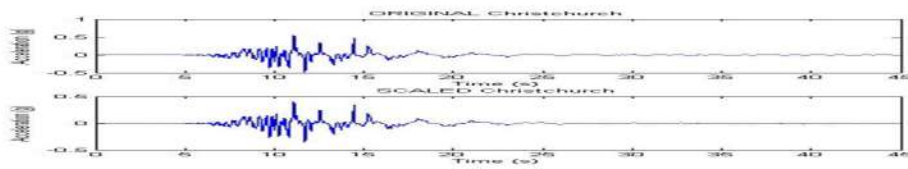


(t)

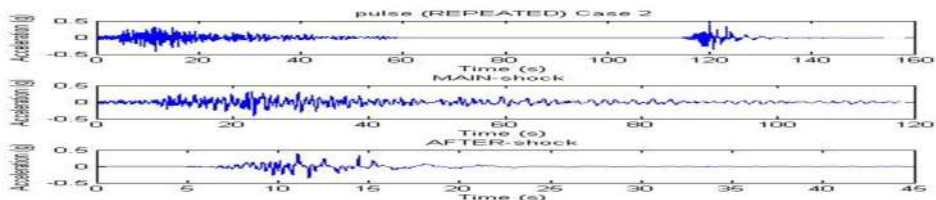
Gambar L.1: (a) sampai (j) gempa dengan tanpa *pulse* sebelum diskalakan dan (k) sampai (t) gempa *pulse* sebelum diskalakan.



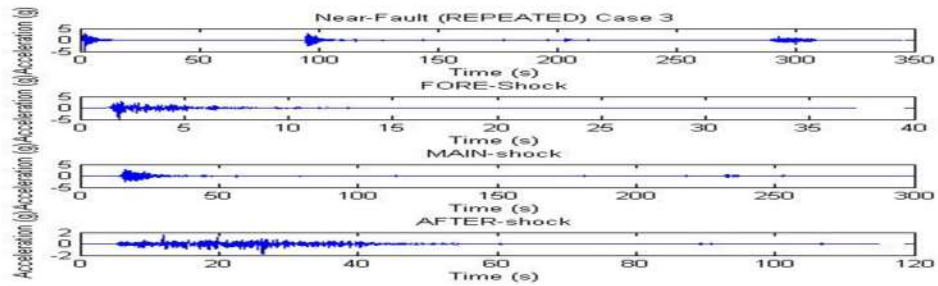
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar L.2: (a) *groundmotion* tanpa *pulse* sebelum dan sesudah *scaling*, (b) *groundmotion pulse* tunggal sebelum dan sesudah *scaling*, (c) *groundmotion pulse* berulang 2 kali sebelum dan sesudah *scaling*, (d) *groundmotion pulse* berulang 3 kali sebelum dan sesudah *scaling*.



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 2127/AU//11.3/UMSU-07/P/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Sipil tgl 13 Desember 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : M. RAHMATULLAH AMIN
Program Studi : TEKNIK Sipil
Npm : 1807210144 p
Semester : III (Tiga)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH PEMODELAN DENGAN METODE SCISCOR PADA PANEL ZONE TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK .
Pembimbing 1 : Dr. ADE FAISAL ST.M.Sc
Pembimbing 11 : BAMBANG HADIBROTO ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul tugas akhir kurang sesuai dapat diganti oleh dosen pembimbing setelah mendapat Persetujuan dari program studi teknik Sipil
2. penulisan tugas akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) tahun dan tanggal yang telah ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen pembimbing dan menetapkan judul tugas akhir ini
Dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 16 Rabiul Akhir 1441 H
13 Desember 2019 M

An. Dekan
Wakil Dekan 3



Khairul Umurani
Khairul Umurani ST. MT
NIDN : 0114017101

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M RAHMATULLAH AMIN
NPM : 1807210144P
JUDUL : "PENGARUH PEMODELAN DENGAN METODE
SCISSOR PADA PANL ZONE TERHADAP PERILAKU
KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN
BRESSING KONSENTRIK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaikan permasalahan & figure pd Bab 1 - lanjut ke Bab 2.	Mh $\frac{11}{02} 20$
		- perbaikan tampilan pustaka (Hambatan) - masukkan un SRPM & CBF	Mh $\frac{21}{02} 20$
		- perbaikan Bab 2 - lanjut ke Bab 3	Mh $\frac{15}{03} 20$
		- metode penelitian lengkap Grafik perbaikan.	Mh $\frac{10}{04} 20$
		- Buat. pemodelan linear	Mh $\frac{08}{05} 20$
		- perbaikan model linear	Mh $\frac{28}{06} 20$
		- buat model CBF linear	Mh $\frac{09}{07} 20$

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Ade Faisal, S.T, MSc, PhD)

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M RAHMATULLAH AMIN
NPM : 1807210144P
JUDUL : "PENGARUH PEMODELAN DENGAN METODE SCISSOR
PADA PANEL ZONE TERHADAP PERILAKU
KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN
BRACING KONSENTRIK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<i>all cek Revisi bent!</i>	<i>ade faisal 04/20</i>

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Ade Faisal, S.T, MSc, PhD)

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M RAHMATULLAH AMIN
NPM : 1807210212P
JUDUL : "PENGARUH PERMODELAN DNGAN METODE SCISSOR PADA PANEL ZONE TERHADAP PERILAKU KERUTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	15/2020 3	→ Perbaiki lw ti pan dari bahasa asing - diatah uning.	fy
2	21/2020 6	→ setiap lw ti pan dari buku, jurnal, artikel, skripsi dan peraturan pada Bab 2 chboard dalam Daftar Pustaka	fy
3	2/8 2020	→ Perbaiki judul tabel. disuloh atas dan judul gambar disuloh bawah	fy

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Bambang Hadibroto, ST, MT)



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : M RAHMATULLAH AMIN
NPM : 1807210212P
JUDUL : "PENGARUH PERMODELAN DNGAN METODE
SCISSOR PADA PANEL ZONE TERHADAP PERILAKU
KERUTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN
BRACING KONSENTRIK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	13/2020 10	-> perbaikan gambar. Tabel dan garis minor horizontal dan vertikal dibodakan	
5	05/4-2020	-> Acc untuk minor hasil	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Bambang Hadibroto, ST, MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENYUSUN

Nama Lengkap : M Rahmatullah Amin
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 28 Juni 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : JL Marelan V ling.16 Gg.Mawar 8
Agama : Islam
Nama Ayah : M.Ramli
Nama Ibu : Rahbiah S.Pi
No. Handphone : 082368903554
E_mail : mrahmatullaha@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Lokasi	Tahun
1	Sekolah Dasar	SDN 066040	2004- 2009
2	Sekolah Menengah Pertama	SMP N 38 Medan	2009- 2012
3	Sekolah Menengah Atas	SMA N 16 Medan	2012- 2015
4	Perguruan Tinggi (Diploma III)	Universitas Negeri Medan	2015- 2018
5	Perguruan Tinggi (Strata 1)	Uniiversitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan	2018- Sekarang