

**TUGAS AKHIR**

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

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

**Disusun Oleh:**

**INDRI DWI NURHAYATI**  
**1807210142P**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini diajukan oleh:

Nama : Indri Dwi Nurhayati  
NPM : 1807210142P  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Sistem Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja dengan Bracing Konsentrik akibat Getaran Gempa (Study Literatur)  
Bidang Ilmu : Struktur

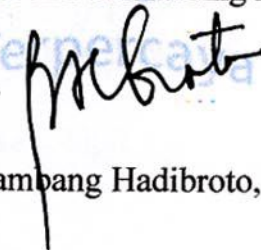
DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 11 November 2020

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Bambang Hadibroto, ST, MT

## LEMBAR PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

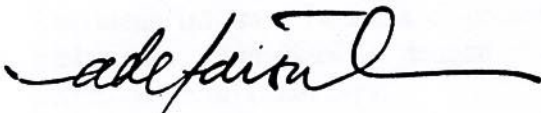
Nama : Indri Dwi Nurhayati  
NPM : 1807210142P  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Sistem Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja dengan Bracing Konsentrik akibat Getaran Gempa  
Bidang Ilmu : Struktur

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, 11 November 2020

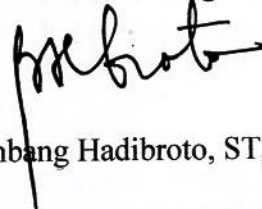
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc

Dosen Pembimbing II



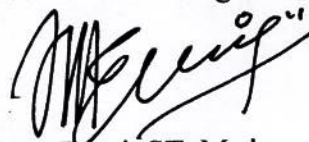
Bambang Hadibroto, ST, MT

Dosen Pembimbing I



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II



Irma Dewi, ST, M.si

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indri Dwi Nurhayati  
Tempat / Tanggal Lahir : Tanjung Morawa / 26 Mei 1996  
NPM : 1807210142  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Sistem Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja dengan Bracing Konsentrik akibat Getaran Gempa”

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 kuat 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/kesarjanaan 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, 11 November 2020

Saya yang menyatakan,



Indri Dwi Nurhayati

## ABSTRAK

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

Indri Dwi Nurhayati

1807210142P

Dr.Ade Faisal, ST, M.Sc.

Bambang Hadibroto, ST, MT

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 terdiri dari gempa regular, *pulse* dan *fling*. Penggunaan material baja untuk konstruksi bangunan bisa mengurangi risiko bangunan roboh saat diguncang gempa bumi dikarenakan tingkat fleksibilitasnya yang cukup tinggi. Indonesia khususnya Kota Padang Pariaman merupakan wilayah yang rentan jika terjadi gempa, sehingga bangunan bertingkat dapat mengalami kehancuran, Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa. 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 9 lantai yaitu centerline gravitasi yang dimodelkan terhadap penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan MCE yang disandingkan dengan 20 groundmotion pada gempa fling. Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi, dengan alat bantu software SAP2000 versi 20 dan RUAUMOKO2D versi 04. 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 didapatkan IDR centerline sebesar 0,2002.

Kata kunci: Gempa bumi, Gravitasi, kinerja keruntuhan.

## **ABSTRACT**

### ***THE EFFECT OF GRAVITY LOAD BACKGROUND SYSTEM ON THE BEHAVIOR OF STEEL SRPM STRUCTURE WITH CONCENTRIC BRACING DUE TO EARTHQUAKE VIBRATION (CASE STUDY)***

Indri Dwi Nurhayati

1807210142P

Dr. Ade Faisal, B.Eng, M.Sc

Bambang Hadibroto, B.Eng, M.Eng

*Earthquakes are a natural phenomenon caused by the release of elastic stretch energy of rocks in the lithosphere. The earthquake itself consists of a single earthquake which consists of regular, pulse and fling earthquakes. The use of steel materials for building construction can reduce the risk of the building collapsing when shaken by an earthquake due to its high degree of flexibility. Indonesia, especially the City of Padang Pariaman, is an area that is prone to earthquakes, so that multi-storey buildings can experience destruction. Therefore, a building structure that is able to minimize the risk of damage due to an earthquake is needed. In this case, steel structures are highly recommended because steel structures are more elastic than reinforced concrete structures. In this final project, a 9-story structure is planned, namely the centerline of gravity which is modeled against the earthquake recording scaling, namely the MCE scaling juxtaposed with 20 groundmotion in the fling earthquake. The analysis used is the Response Spectrum as the design stage and the Linear and Nonlinear Time History Response as the evaluation stage, with SAP2000 version 20 and RUAUMOKO2D version 04 software tools. the value of incremental displacement analysis where the IDA curve results obtained IDR centerline of 0.2002.*

*Key words: Earthquake, gravity, failure performance*

## 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 “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, S.T., M.Sc. 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 PembimbingIIyang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain.SebagaiKetua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembanding 1.
4. Ibu Hj Irma Dewi, S.T, M.Si. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembanding 2.
5. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Sutaryo Tomik dan Ibunda tercinta Tina yang telah berjuang membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
6. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.

7. Teman dan rekan seperjuangan Abangda Afiful Ansari, Teuku Gilang, M. Rahmatullah Amin, Misbatullah, Rian Agustian 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, 11 November 2020

Penulis

Indri Dwi Nurhayati



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN 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	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Ruang Lingkup	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum	8
2.2 Konsep Dasar Mekanisme Gempa Bumi	8
2.3 Gempa Recana	9
2.4 Arah Pembebanan Gempa	9
2.5 Gerakan Tanah ( <i>Ground Motion</i> )	9
2.6 Respons Spektra	10
2.7 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	11
2.8 Daktilitas	12
2.9 Struktur Penahan Gaya Seismik	13
2.10 Kekakuan struktur	13

2.11	Bresing Konsentrik	13
2.12	Material Baja	14
2.13	Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa	15
2.14	Analisa Statik Nonlinear (pushover)	16
2.15	<i>Incremental Dynamic Analysis</i>	16
2.16	Kurva Kerentanan	17
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	Umum	19
3.2	Pemodelan Struktur 2 Dimensi	20
3.2.1	Data Perencanaan Struktur	20
3.2.2	Konfigurasi Bangunan	20
3.2.3	Dimensi Kolom-Balok	22
3.3	Analisis Struktur	22
3.3.1	Analisis Dinamik Struktur Linier	22
3.3.2	Pembebanan	22
3.4	Respon Spektrum Desain Gempa	23
3.4.1	Desain Respon Spektrum Padang Pariaman (Tanah Sedang)	23
3.4.2	Kombinasi Pembebanan	24
3.4.3	Analisis Respon Spektrum Ragam	25
3.4.4	<i>Groundmotion Records</i> (Data Rekaman Gempa)	25
3.4.5	Analisis Respon Riwayat Waktu	27
3.5	Analisis Dinamik Struktur Nonlinear	29
3.5.1	Analisis Respon Riwayat Waktu	30
3.5.2	Momen Leleh ( $M_y$ )	30
3.5.3	Kapasitas Rotasi	30
3.5.4	Rotasi Leleh ( $\theta_y$ )	31
3.5.5	Kurva kerapuhan	31
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil Model Linier Dan Non Linier	32
4.2	Hasil Analisa Linier	32
4.2.1	Respon Spektrum Ragam	32

4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	32
4.2.3 Koreksi Faktor Redundansi	33
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	33
4.2.5 Nilai Simpangan Gedung	34
4.2.6 Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak ( <i>Soft Story</i> )	34
4.2.7 Pengaruh Efek P-Delta	34
4.3 Hasil Analisa Non Linier	34
4.3.1 <i>Interstory Drift</i>	35
4.3.2 <i>Incremental Dynamic Analysis (IDA)</i>	35
4.3.3 Analisis <i>Probability of Collapse</i>	36
4.3.4 Perbandingan Kurva Fragility	37
4.3.5 Median Kurva Kerapuhan	38
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur Rangka Bresing Eksentrik	3
Gambar 1.2 Struktur Rangka Bresing Eksentrik	4
Gambar 1.3 Struktur Rangka Bresing Konsentrik	4
Gambar 2.1 Zona wilayah gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002	11
Gambar 2.2 Tipe bresing konsentrik	14
Gambar 2.3 Hasil IDA untuk simpangan antar lantai maksimum	17
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	19
Gambar 3.2 Denah struktur Model	21
Gambar 3.3 Gambar proyeksi struktur Model lantai 9	21
Gambar 3.4 Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Padang Pariaman dengan jenis tanah sedang	23
Gambar 3.5 Rekaman gempa Kalamata Kobe ( <i>main-shock</i> )	28
Gambar 3.6 Respon spektrum dengan 10 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia	28
Gambar 3.7 Rekaman gempa Kobe ( <i>main-shock</i> ) setelah diskalakan	29
Gambar 4.1 Grafik kurva IDA pemodelan <i>centerline</i> (CL), <i>panel zone</i> (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai	36
Gambar 4.2 Grafik kurva kerapuhan 10% ( <i>Collapse</i> ) gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6	37
Gambar 4.3 Grafik kurva kerapuhan 5% ( <i>collapse prevention</i> ) gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6	37
Gambar 4.4 Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat <i>collapse</i> dan <i>collapse prevention</i> pada pemodelan <i>centerline</i> (CL) pada bangunan lantai 9	38

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan SNI 03-1726-2002	11
Tabel 3.1 Komponen struktural bangunan	22
Tabel 3.2 Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1.3$ , $S_{DS} = 0.8094$	24
Tabel 3.3 Data gempa <i>fling</i>	26
Tabel 4.1 Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen ( $V_1$ ) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum <i>output</i> Program Analisa Struktur $V_t$ .	33
Tabel 4.2 Nilai gaya dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) sumbu X	33
Tabel 4.3 Nilai perbandingan <i>interstory drift</i> untuk pemodelan 9 lantai faktor $R=6$	35
Tabel 4.4 Nilai RSA(T1) untuk nilai median <i>Probability of collapse</i> (50%) pada sruktur 9 lantai	38
Tabel 4.5 Rasio perbandingan antara RSA <i>collapse</i> dan <i>collapse prevention</i>	39



## 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
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
$\rho$	= 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>
MRF	= <i>Moment Resisting Frames</i>
SRBK	= <i>Sistem Rangka Bresing Eksentrik</i>

CQC = *Complete Quadratic Combination*  
SRSS = *Square Root Of The Sum Of Square*  
Vt = *Gaya geser dasar kombinasi ragam*  
V1 = *Gaya geser dasar nominal statik ekivalen*  
IDR = *Inter Story Drift*  
C = *Collapse*  
Cp = *Collapse Prevention*  
RSA = *Respon Spectrum Analisis*  
LS = *Life Safety*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk salah satu negara rawan gempa di dunia yang disebabkan karena posisi Indonesia berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar di dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Australia dan lempeng Pasifik sehingga tingkat risiko terjadinya gempa sangat tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Karena itu sistem struktur bangunan yang akan dibangun harus memenuhi serta mengikuti kaidah bangunan tahan gempa sehingga ketika terjadi gempa, struktur yang dibangun dapat bertahan.

Menurut Moestopo (2012) prinsip dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

1. Pada saat gempa kecil tidak diijinkan terjadi kerusakan sama sekali.
2. Pada saat gempa sedang diijinkan terjadi kerusakan ringan tanpa kerusakan structural.
3. Pada saat gempa besar diijinkan terjadi kerusakan struktural tanpa keruntuhan. (Jusak Jan Sampakang, 2013)

Konfigurasi Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa yang dikenal dalam SNI 1729-2002 dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen (Moment Resisting Frames)

Sistem Rangka Pemikul Momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan terjadinya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa. Simpangan yang terjadi begitu besar akan menyebabkan struktur tidak kaku sehingga mengakibatkan kerusakan non-struktural yang besar disamping akan menambah pengaruh efek  $P-\Delta$  terutama pada bangunan tinggi.

2. 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 kegagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.

3. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (Eccentrically Braced Frames)

Pada 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 karena element link tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen link tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan Sistem SRBE mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRBK yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya. 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.

Di Indonesia ada tiga macam sistem struktur yang digunakan, yaitu:

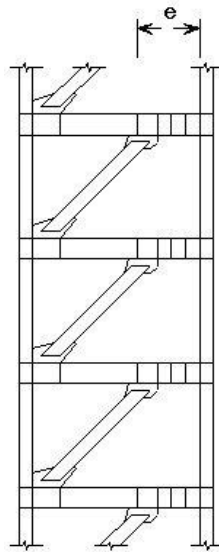
1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa atau yang biasa disingkat dengan SRPMB, yaitu metode yang digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 1 dan 2 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan rendah.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengan atau yang biasa disingkat SRPMM, yaitu metode yang digunakan pada perhitungan struktur gedung

yang masuk pada zona 3 dan 4 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan sedang.

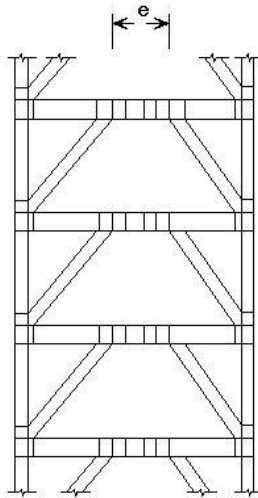
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus atau yang biasa disingkat SRPMK, yaitu metode yang digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 5 dan 6 wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

Struktur rangka baja berpengaku konsentrik merupakan sistem struktur rangka baja pemikul beban gempa yang banyak digunakan di Indonesia. Pada sistem ini, balok, kolom dan bresing tersusun membentuk suatu struktur truss, sehingga gaya lateral yang terjadi disalurkan sesuai dengan karakter struktur truss. Kelebihan bresing konsentrik yaitu kekakuan elastis yang tinggi, dan proses pemeliharaan yang relatif mudah. Respon inelastis bresing konsentrik saat terjadi gempa besar melalui pelelehan pada bresing yang mengalami gaya aksial tarik dan tekuk pada bresing yang mengalami gaya aksial tekan.

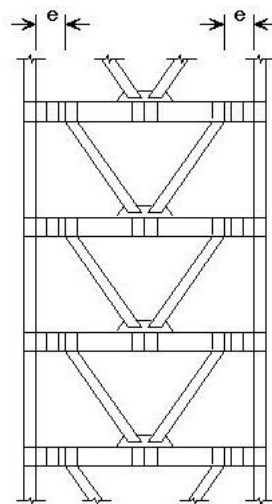


Gambar 1.1: Struktur Rangka Bresing Eksentrik.





Gambar 1.2: Struktur Rangka Bresing Eksentrik.



Gambar 1.3: Struktur Rangka Bresing Konsentrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh sistem rangka penahan beban gravitasi (Non SRPM) terhadap kinerja keruntuhan rangka baja SRPM?
2. Bagaimana pengaruh sistem rangka penahan beban gravitasi (Non SRPM) terhadap kurva Incremental Dynamic Analysis (IDA)?

### **1.3 Tujuan Penulisan**

1. Untuk mengetahui pengaruh sistem rangka penahan beban gravitasi (Non SRPM) terhadap probabilitas keruntuhan rangka baja SRPM.
2. Untuk mengetahui pengaruh sistem rangka penahan beban gravitasi (Non SRPM) terhadap kurva Incremental Dynamic Analysis (IDA).

### **1.4 Ruang Lingkup**

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
  - a. Struktur baja pemikul momen (SRPM) 2 dimensi pada 9 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Padang Pariaman dengan jenis tanah keras.
  - 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 1729:2015.
  - b. Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
  - c. 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:
  - a. Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Pushover dan Respon Spektrum Linear).
  - b. PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
  - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah ground motion menjadi Respon Spektrum.
  - d. Aplikasi komputasi numerikal untuk menskalakan gempa.
  - e. Aplikasi analisa riwayat waktu nonlinier.

4. Parameter yang ditinjau
  - a. Linear adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2012
  - b. Nonlinear : Simpangan antar tingkat (Kurva IDA)

### **1.5 Manfaat Penulisan**

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) dengan bracing konsentrik.

### **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 PEMODELAN STRUKTUR**

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan baja dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap gempa yang terjadi.

#### 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**

Dalam bab ini akan disajikan teori-teori dan ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa dan teori-teori terkait lainnya yang dikutip dari banyak sumber meliputi buku, jurnal penelitian dan pendapat para ahli yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini.

#### **2.2 Konsep Dasar Mekanisme Gempa Bumi**

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Secara garis besar gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu gempa bumi vulkanik, dimana gempa bumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus dan dapat menyebabkan timbulnya ledakan dan terjadi gempa bumi apabila keaktifan gunung api semakin tinggi; gempa bumi tektonik, dimana gempa ini disebabkan oleh adanya aktivitas pergerakan lempeng pelat tektonik yang mana pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara tiba-tiba sehingga menyebabkan gelombang seismik yang menyebar dan merambat melalui lapisan kulit bumi atau kerak bumi yang dapat menimbulkan kerusakan dahsyat dan bencana lainnya seperti tsunami; gempa bumi runtuh, dimana gempa ini disebabkan oleh keruntuhan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah yang biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan ;dan gempa bumi buatan, yaitu gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peledakan dinamit, bom ataupun nuklir (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).

Diantara keempat jenis gempa di atas, gempa bumi yang paling sering terjadi yaitu gempa bumi tektonik dimana gempa bumi tektonik dapat diartikan sebagai proses pelepasan energi gelombang seismik secara tiba-tiba yang diakibatkan oleh



adanya deformasi lempeng tektonik yang ada di kerak bumi yang menyebabkan gelombang seismik yang menyebar dan merambat melalui lapisan kulit bumi.

### **2.3 Gempa Rencana**

Gempa rencana adalah gempa yang peluang atau risiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 10% ( $R_N=10\%$ ), atau gempa yang periode ulangnya adalah 500 tahun ( $T_R= 500$  tahun). Dengan menggunakan gempa rencana ini, struktur dapat dianalisis secara elastis untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang berupa momen lentur, gaya geser, gaya normal dan puntir atau torsi yang bekerja pada tiap-tiap elemen struktur. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan masih harus berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

### **2.4 Arah Pembebanan Gempa**

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tersebut, tetapi dengan efektivitas 30%.

### **2.5 Gerakan Tanah (*Ground Motion*)**

Ground motion atau gerakan tanah adalah gerakan permukaan bumi akibat gempa bumi atau ledakan yang dihasilkan oleh gelombang yang berasal dari selip tiba-tiba pada suatu sesar atau tekanan mendadak pada sumber ledakan dan bergerka melalui bumi dan sepanjang permukaannya.

Ground motion modeling dapat dipergunakan untuk menentukan besarnya bahaya gempa pada batuan dasar di suatu site dan untuk menentukan sumber

gempa yang memberikan dampak paling dominan pada suatu site. Dengan menggunakan prinsip Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) dan dengan menggunakan software USGS akan didapatkan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) pada batuan dasar, yang kemudian dengan menggunakan Nonlinear Earthquake site Response Analyses (NERA) akan didapatkan ground motion modeling pada permukaan.

## 2.6 Respons Spektra

Respons spektra 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. Kurva respons spektra akan memperlihatkan simpangan relatif maksimum ( $S_d$ ), kecepatan relatif maksimum ( $S_v$ ), dan percepatan total maksimum ( $S_a$ ) (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).

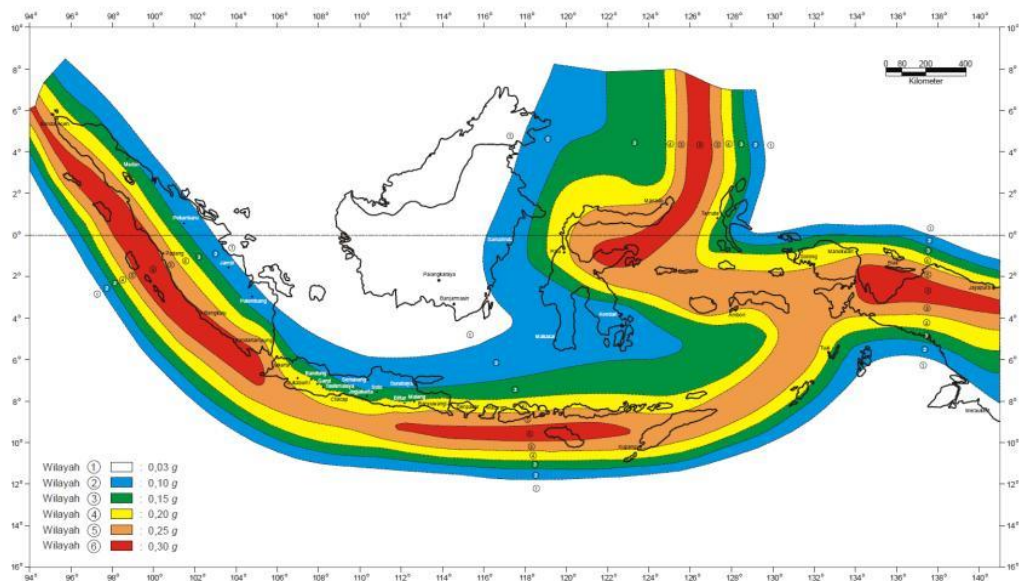
Bangunan tahan gempa harus bisa mengakomodir spektrum respon desain di permukaan tanah di bawahnya. Perhitungan respon spektrum desain ini menggunakan alat berupa aplikasi dari laman Puslitbang Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (PU, 2011)

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 4.7.4, respons spektra ditentukan berdasarkan parameter:

- a. Faktor jenis tanah, yaitu terdapat tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras dapat dilihat pada Tabel 2.1.
- b. Faktor zonasi wilayah gempa, yaitu terdapat 6 zona wilayah gempa di Indonesia seperti terlihat pada Gambar 2.1.

Tabel 2.1: Klasifikasi tanah berdasarkan SNI 03-1726-2002.

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, $v_s$ (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata $N$	Kuat geser niralir rata-rata $S_u$ (kPa)
Tanah Keras	$v_s > 350$	$N > 50$	$S_u > 100$
Tanah Sedang	$175 < v_s < 350$	$15 < N < 50$	$50 < S_u < 100$
Tanah Lunak	$v_s < 175$	$N < 15$	$S_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$ , $w_n > 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		



Gambar 2.1: Zona wilayah gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002.

## 2.7 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi

kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi.

Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

- a. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*servicable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
- b. Pada saat terjadi gempa moderat atau medium, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
- c. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).

## **2.8 Daktilitas**

Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pascaelastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).

Di dalam mekanisme kerusakan, struktur harus didesain pada lokasi lokasi tertentu sehingga setelah gempa kuat terjadi struktur dapat diperbaiki. Lokasi kerusakan didesain pada balok dan kolom lantai dasar yang disebut sendi plastis. Sendi plastis harus mampu berdeformasi secara in-elastik dan maksimum dengan cara memindahkan energi gempa secara baik melalui proses plastisitas.

Untuk mendapatkan mekanisme tersebut harus dilakukan desain sesuai konsep *strong column-weak beam*. Konsep tersebut mengharuskan kapasitas nominal pada kolom lebih besar 1,2 kali kapasitas nominal pada balok.

Perencanaan struktur mengatur kemampuan struktur untuk bertahan pada saat gempa kuat terjadi meskipun terjadi kerusakan pada sendi plastis disebut dengan *damage control*.

## **2.9 Struktur Penahan Gaya Seismik**

Sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang telah ditetapkan pada SNI 03-1726-2002 pasal 4.3.6. setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem yang telah ditetapkan.

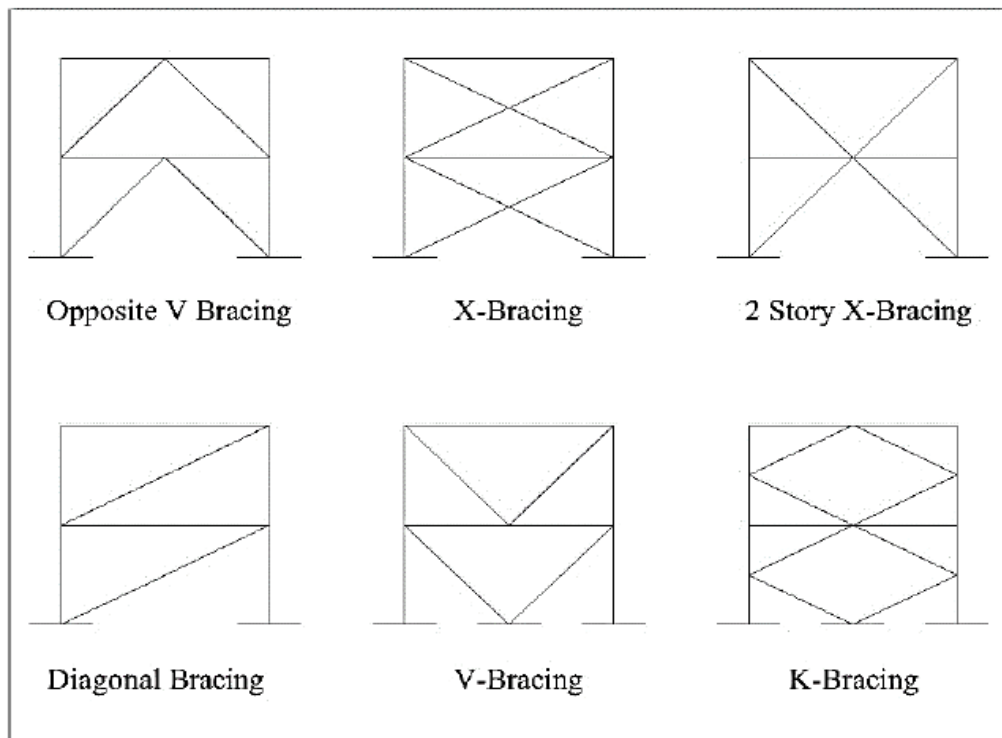
### **2.10 Kekakuan struktur**

Kekakuan struktur adalah gaya yang diperlukan struktur bila mengalami deformasi sebesar satu satuan. nilai kekakuan struktur ini tergantung dari material yang digunakan, dimensi elemen struktur, penulangan, modulus elastisitas, modulus elastisitas geser dan momen inersia polar. Selain itu, kekakuan struktur juga terkait dengan nilai dari periode struktur tersebut (Bambang Budiono dan Lucky Supriatna, 2011).

### **2.11 Bresing Konsentrik**

Sistem Rangka Bresing Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tidak berpengaku atau lebih dikenal dengan Moment Resisting Frames (MRF) sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Penggunaan bresing bertujuan untuk mempertahankan stabilitas bangunan akibat gaya lateral maupun stabilitas struktur secara keseluruhan.

Berikut merupakan contoh dari tipe bresing konsentrik, dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Tipe bresing konsentrik.

## 2.12 Material Baja

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu) dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur nonlogam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0,2 – 2,1% dari berat baja, tergantung tingkatannya. Secara sederhana, fungsi karbon adalah meningkatkan kualitas baja, yaitu daya tariknya (tensile strength) dan tingkat kekerasannya (hardness). Selain karbon, sering juga ditambahkan unsur chrom (Cr), nikel (Ni), vanadium (V), molybdaen (Mo) untuk mendapatkan sifat lain sesuai aplikasi di lapangan seperti anti korosi, tahan panas, dan tahan temperatur tinggi (Thamrin Nasution, 2011).

Sebutan baja karbon berlaku untuk baja yang mengandung unsur bukan hanya besi (Fe) dengan persentase maksimum karbon (C) 1,7 %, mangan (Mn) 1,65 %,

silikon (Si) 0,6 % dan tembaga (Cu) 0,6 %. Karbon dan mangan adalah unsur utama untuk menaikkan kekuatan besi murni.

### **2.13 Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa**

Konfigurasi Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa yang dikenal dalam SNI 1729-2002 dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

#### **1. Sistem Rangka Pemikul Momen (Moment Resisting Frames)**

Sistem Rangka Pemikul Momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan terjadinya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa. Simpangan yang terjadi begitu besar akan menyebabkan struktur tidak kaku sehingga mengakibatkan kerusakan non-struktural yang besar disamping akan menambah pengaruh efek  $P-\Delta$  terutama pada bangunan tinggi.

#### **2. 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 kegagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.

#### **3. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (Eccentrically Braced Frames)**

Pada 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 karena element link tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen link tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan Sistem SRBE mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRBK yang lebih mengutamakan pada kekuatan strukturnya. 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.

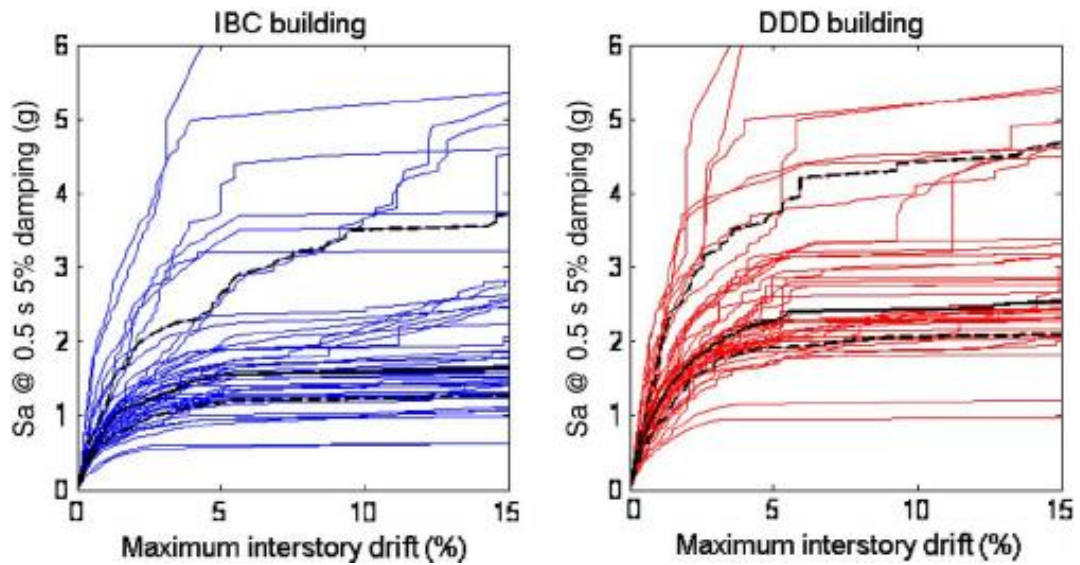
#### **2.14 Analisa Statik Nonlinear (*pushover*)**

Analisa statik nonlinier merupakan prosedur analisa untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa, dikenal pula sebagai analisa pushover atau analisa beban dorong statik. Kecuali untuk suatu struktur yang sederhana, maka analisa ini memerlukan komputer program untuk dapat merealisasikannya pada bangunan nyata. Beberapa program komputer komersil yang tersedia adalah SAP2000, ETABS, GTStrudl, Adina (Wiryanto Dewobroto, 2006).

#### **2.15 *Incremental Dynamic Analysis***

*Incremental Dynamic Analysis* (IDA) adalah metode analisis parametrik yang baru-baru ini muncul di beberapa bentuk yang berbeda untuk memperkirakan kinerja struktur yang lebih teliti di bawah beban gempa. Metode ini melibatkan model struktural ke satu rekaman gerakan tanah atau lebih yang masing-masing diskalakan ke beberapa level intensitas, sehingga menghasilkan satu kurva respon parameter versus tingkat intensitas atau leih. Untuk menetapkan kerangka acuan umum, konsep dasar dianalisis, terminologi terpadu diusulkan, algoritma yang sesuai disajikan dan properti kurva IDA dipertimbangkan untuk kedua struktur dengan derajat kebebasan tunggal dan derajat kebebasan ganda.





Gambar 2.3: Hasil IDA untuk simpangan antar lantai maksimum.

## 2.16 Kurva Kerentanan

Kurva kerentanan atau *Fragility Curves* yaitu analisis kerapuhan dengan menggunakan analisis struktural dinamis, dimana proses analisis struktural dinamis merupakan proses analisis dalam sejumlah prosedur penilaian seismik.

Dalam menganalisis dan menyesuaikan fungsi kerapuhan sambil meminimalkan diperlukan sejumlah analisis struktural. banyak hal dalam analisis garis menghasilkan estimasi kerapuhan yang lebih efisien daripada inkremental analisis dinamis untuk sejumlah analisis struktural tertentu, asalkan beberapa pengetahuan tentang kapasitas bangunan tersedia sebelum analisis dilakukan bahwa bagian-bagian yang relevan dari kurva kerapuhan dapat kira-kira diidentifikasi.

Fungsi kerapuhan secara umum diturunkan menggunakan berbagai pendekatan, seperti pengamatan lapangan terhadap kerusakan, analisis struktural statis, atau penilaian, tetapi dalam hal ini fokusnya adalah pada apa yang disebut fungsi kerapuhan analitis yang dikembangkan dari analisis struktural dinamis. Tidak seperti beberapa metode lain. Dalam hal fungsi kerapuhan analitis, analisis memiliki kendali atas data yang dikumpulkan, dengan cara memilih nilai intensitas tingkat pada setiap tingkat. Fungsi distribusi kumulatif lognormal sering digunakan untuk mendefinisikan fungsi kerapuhan:

$$P(C|IM - x) = \Phi\left(\frac{\ln(x/\theta)}{\beta}\right) \quad (2.1)$$

Dimana :

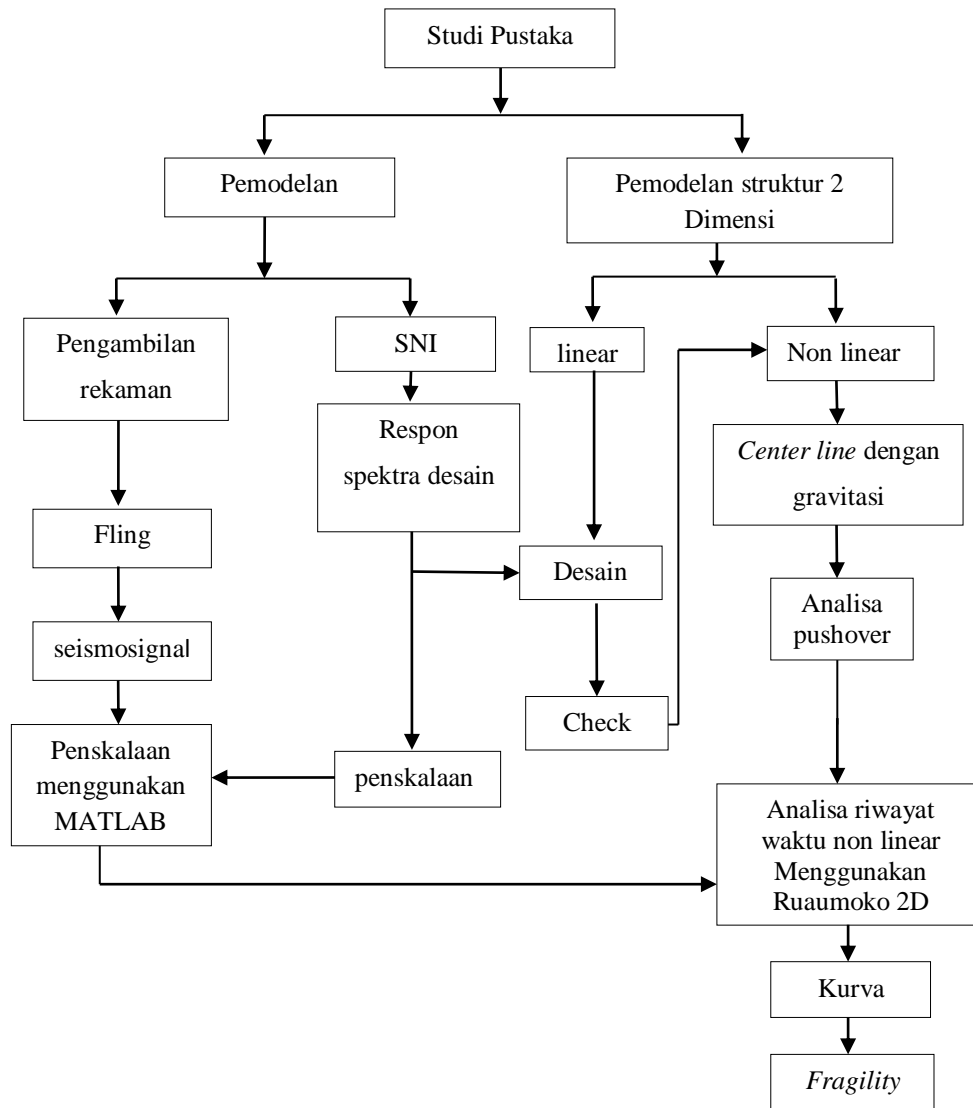
$P(C|IM - x)$  adalah kemungkinan getaran tanah dengan IM-x akan menyebabkan kehancuran struktur  $\Phi$  adalah fungsi standar distribusi komulatif,  $\theta$  adalah median dari fungsi kerentanan (nilai intensitas memiliki tingkatan 50% dari kemungkinan keruntuhan), dan  $\beta$  adalah nilai standart deviasi.

## 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. 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 sistem rangka pemikul momen. Ketiga model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*), untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal dan berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

## **3.2 Pemodelan Struktur 2 Dimensi**

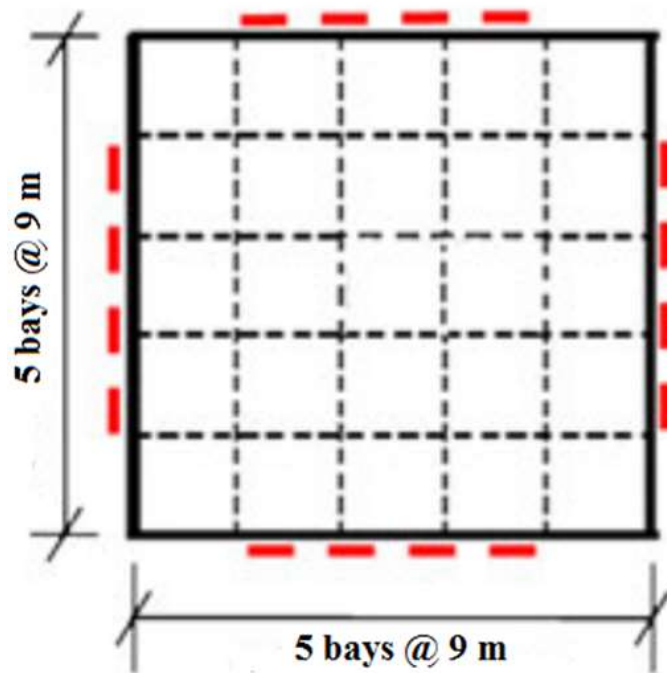
### **3.2.1 Data Perencanaan Struktur**

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

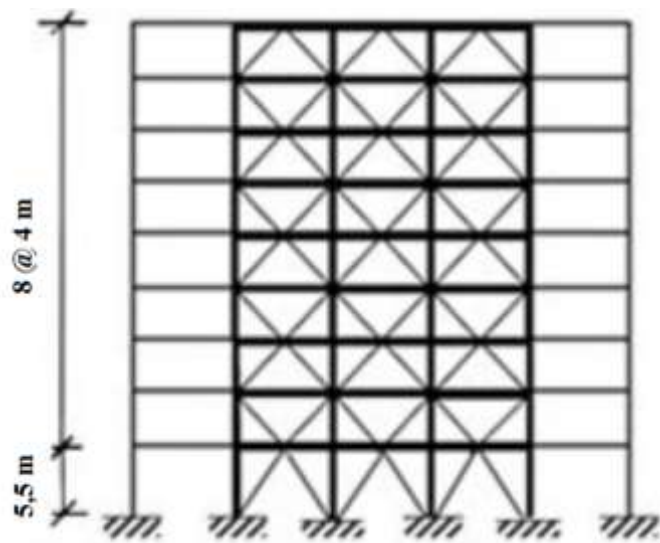
1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Padang Pariaman.
3. Klasifikasi situs tanah sedang ( $S_c$ ).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).
5. Jenis portal struktur gedung adalah baja..
6. Mutu baja yang di gunakan adalah ASTM A992
  - Kuat leleh minimum ( $f_y$ ) = 50 ksi (345 Mpa)
  - Kuat tarik minimum ( $f_u$ ) = 65 ksi (450 Mpa)

### **3.2.2 Konfigurasi Bangunan**

Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus. Bangunan berbentuk persegi yang simetri (*regular building*) seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Denah struktur Model.



Gambar 3.3: Gambar proyeksi struktur Model lantai 9.

Gambar 3.3 merupakan pemodelan Struktur 2 dimensi untuk SRPM lantai 9 di mana pemodelan ini memiliki tinggi antara base ke lantai 1 setinggi 5,5 meter dan dari lantai 1 sampai seterusnya 4 meter. Sedangkan jarak antar kolom yang di modelkan sejarak 9 meter perkolom.

### 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	Story	Bracing	Balok	Kolom Dalam	Kolom Luar
9 Lantai	1	Hss 8x8x1/2	W21x93	W14x283	W14x283
	2	Hss 7x7x1/2	W21x83	W14x283	W14x283
	3	Hss 7x7x1/2	W21x83	W14x283	W14x283
	4	Hss 7x7x1/2	W21x83	W14x193	W14x193
	5	Hss 6x6x5/8	W21x83	W14x193	W14x193
	6	Hss 6x6x1/2	W21x83	W14x120	W14x120
	7	Hss 6x6x3/8	W21x83	W14x120	W14x120
	8	Hss 5x5x1/2	W21x83	W14x74	W14x74
	9	Hss 5x5x5/16	W24x104	W14x74	W14x74

## 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.

### 3.3.2 Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan diambil dari jurnal *F. Zareian* (2010) Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan struktur bangunan. Berikut merupakan pembebanan yang digunakan:

1. Beban *Gravity Load* Lantai = 97,9 psf = 4,687 kN/m<sup>2</sup> untuk semua lantai.
2. Beban *Gravity Load RoofTop* = 93.8 psf = 4,491 kN/m<sup>2</sup> untuk lantai tipikal.

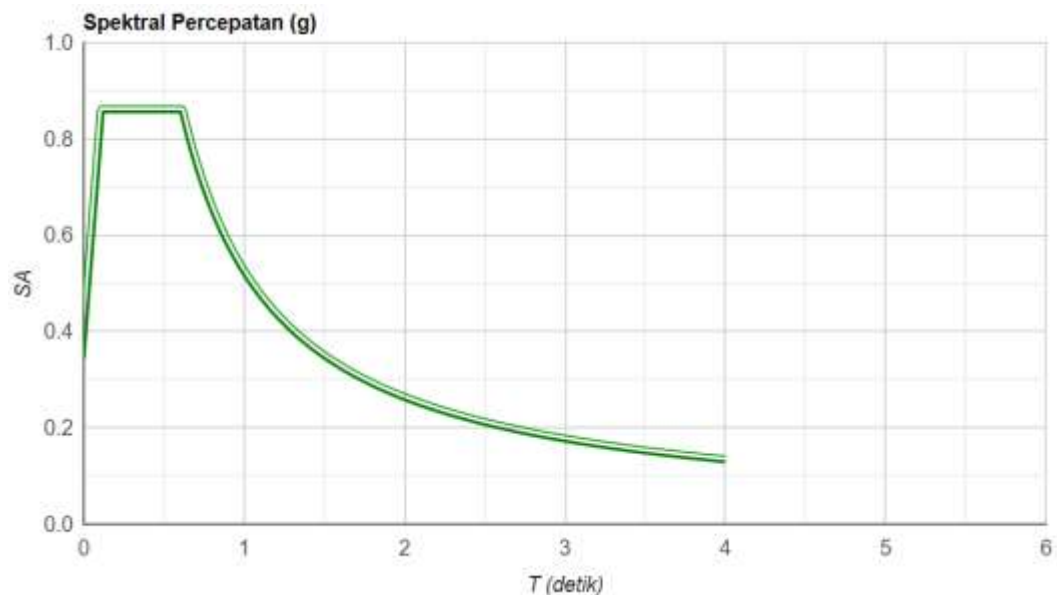
### 3.4 Respon Spektrum Desain Gempa

#### 3.4.1 Desain Respon Spektrum Padang Pariaman (Tanah Sedang)

Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah sedang yang terletak di Kota Padang Pariaman, kemudian dianalisis dengan data-data  $PGA = 0,481 g$ ,  $S_s = 1.116 g$  dan  $S_l = 0.449 g$ .

- Nilai  $F_a$  = 1
- Nilai  $F_v$  = 1.351
- $S_{MS}$  = 1.116
- $S_{MI}$  = 0,449
- $S_{DS}$  = 1.116
- $T_0$  = 0.6066
- $T_s$  = 0,544

Respon spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.4.



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

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

### 3.4.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Untuk Faktor  $R=8$  nilai  $\rho = 1.3$  yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai  $S_{DS} = 1.5$  Tabel 3.4 untuk faktor  $R=8$ .

Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai  $\rho = 1.3$ ,  $S_{DS} = 0.8094$ .

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 Envelope	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).



### 3.4.3 Analisis Respon Spektrum Ragam

Analisis ini merupakan tahap desain yang harus memenuhi syarat-syarat batas berdasarkan SNI 1726:2012. Analisis telah memenuhi syarat jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi yaitu sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing respon ragam telah dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan respon spektrum dibagi dengan kuantitas ( $R/I_e$ ). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas ( $C_d/I_e$ ) yang nilainya telah tertera pada Tabel 2.5 untuk nilai  $I_e$  dan Tabel 2.10 untuk nilai  $R$  dan  $C_d$ .

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

### 3.4.4 *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 20 rekaman gempa diantaranya rekaman gempa dengan jarak *epicentral* diatas 20 km diambil sebanyak 20 data rekaman gempa, rekaman gempa yang mengandung *fling*.

Tabel 3.3: Data gempa *fling*.

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU049	7.6
2	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU052	7.6
3	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU067	7.6
4	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU071	7.6
5	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU072	7.6
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	Managua Nicaragua-01	1972	Managua ESSO	6.24
15	Fruili Italy-02	1976	Forgaria Cornino	5.5
16	Duzce Turkey	1999	Sakarya	7.4
17	Kobe Japan	1995	Kobe University	6.9
18	Northridge-01	1994	Cedar Hill	6.7
19	Cape Mendocino	1992	Cape Mendocino	7.01
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 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* untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

Data-data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan aplikasi komputasi numerik akan digunakan sebagai input data pada analisis.

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

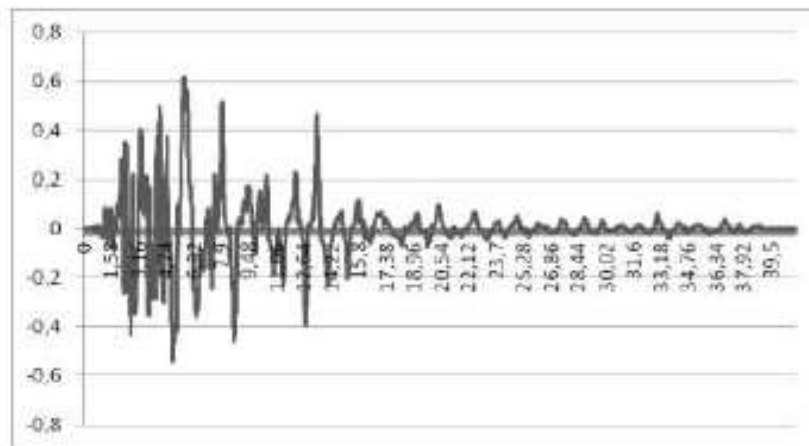
- $I$  : Momen inersia penampang
- $E$  : Modulus elastisitas penampang
- $M_y$  : Momen leleh
- $M_c$  : Momen puncak
- $K_o$  : Kekakuan rotasi elastis
- $\theta_p$  : Koefisien rotasi plastis
- $\theta_y$  : Koefisien rotasi leleh
- $\theta_c$  : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- $\theta_{pc}$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

#### **3.4.5 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

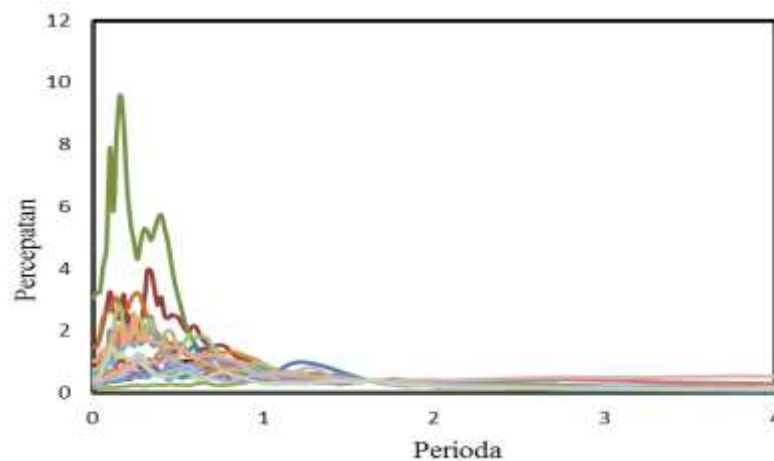
Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi. Sebelum dianalisis terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS.
- b. mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software Seismosignal*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



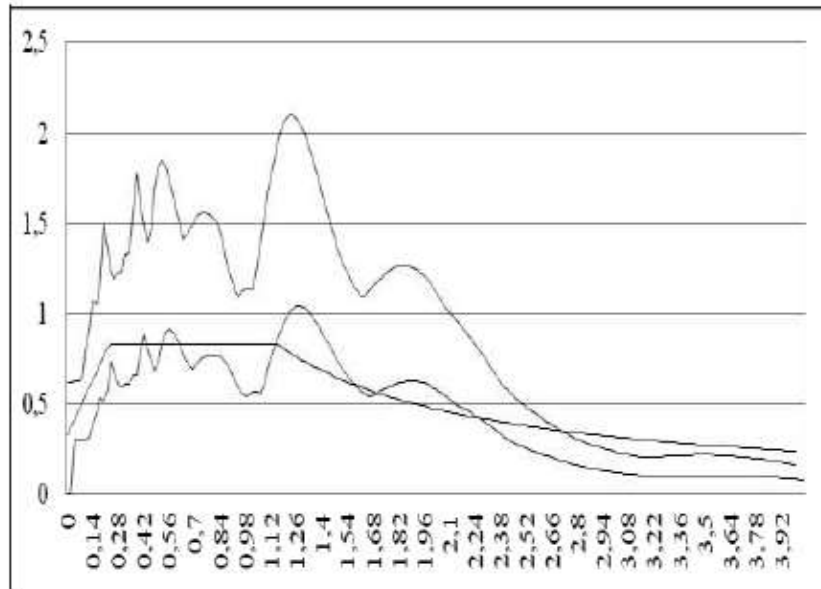
Gambar 3.5: Rekaman gempa Kalamata Kobe (*main-shock*).

- c. kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia.



Gambar 3.6: Respon spektrum dengan 10 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia.

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



Gambar 3.7: Rekaman gempa Kobe (*main-shock*) setelah diskalakan.

Kemudian data rekaman gempa yang telah digabung digunakan sebagai *input* untuk Analisis Dinamik NonLinear Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

### 3.5 Analisis Dinamik Struktur Nonlinear

Analisis ini menggunakan Metode Respon Riwayat Waktu dan dianalisis secara dua dimensi.

Menurut Faisal (2013), analisis nonlinear dapat dikerjakan setelah analisis linear selesai dikerjakan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisis modal (cek perioda; partisipasi massa > 90%; kekakuan tidak direduksi)
2. Analisis linear statik ekivalen
3. Analisis linear dinamik respon spektrum
4. Analisis linear dinamik respon riwayat waktu

### 3.5.1 Analisis Respon Riwayat Waktu

Data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinear antara lain:

- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- $M_y$  : Momen leleh
- $M_c$  : Momen puncak
- Ko : Kekakuan rotasi elastis
- $\theta_p$  : Koefisien rotasi plastis
- $\theta_y$  : Koefisien rotasi leleh
- $\theta_c$  : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- $\theta_{pc}$  : Koefisien rotasi *post-capping*
- $\theta_u$  : Koefisien rotasi ultimit
- $\mu\theta_c$  : Daktilitas rotasi kapasitas plastis
- r : Rasio kekakuan *post-yield*

### 3.5.2 Momen Leleh ( $M_y$ )

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai *input* analisis nonlinear adalah momen maksimum pada analisis linear respon riwayat waktu menggunakan Program Analisa Struktur. Nilai tersebut sebelumnya diambil dari Program Analisa Struktur dan di sesuaikan dengan sistem bangunan yang direncanakan.

### 3.5.3 Kapasitas Rotasi

a. Kapasitas rotasi plastis ( $\theta_p$ )

Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dalam tugas akhir ini nilai  $\theta_p$  yang digunakan adalah kapasitas rendah yaitu 0,04.

b. Rotasi pasca-puncak ( $\theta_{pc}$ )

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).

#### **3.5.4 Rotasi Leleh ( $\theta_y$ )**

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktalitas yang dibutuhkan sebagai *input* dalam *software*. Nilai rotasi sendi plastis tersebut dihitung untuk semua *frame* (balok-kolom) pada struktur gedung yang direncanakan. Nilai  $\theta_y$  untuk semua *frame* dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

#### **3.5.5 Kurva Kerapuhan**

*Fragility Curves* atau kurva kerapuhan didapatkan hasilnya setelah mendapatkan nilai *Incremental Analysis Dynamics* (IDA). Dalam pengerjaan kurva keruntuhan analisis dan jumlah analisis dilakukan pada setiap tingkat struktur. Fungsi distribusi kumulatif lognormal sering digunakan untuk mendefinisikan fungsi keruntuhan.

## 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 struktur lantai 9 dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) dengan Gravity Frame (GF). 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 9 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 ekuivalen, maka gaya dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan faktor skala.

Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen ( $V_1$ ) 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 9	Gempa X	234,87	4121,61

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.

#### 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:

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

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai  $V_t$  sb. x diperoleh :

Tabel 4.2: Nilai gaya dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) sumbu X.

Struktur	Arah Gempa	$V_t$ (KN)	$0,85 C_s W$	Cek
Lantai 9	Gempa X	4121,61	3503,37	Oke

Dengan demikian syarat skala simpangan antar lantai telah terpenuhi, yaitu gaya geser dasar respon spektrum ( $V_i$ ) 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.

#### **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*.

#### **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.

### **4.3 Hasil Analisa Non Linier**

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur beton bertulang yang telah didesain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini

respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, faktor R pada gedung, dan perioda struktur bangunan. Jenis gempa yang akan diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa Tanpa *fling* (gempa biasa), gempa *fling* tunggal, gempa *fling* berulang 2 kali, dan gempa *fling* berulang 3 kali. Faktor R pada gedung merupakan faktor reduksi gedung yang telah didesain dengan perbedaan sistem struktur beton bertulang. Perbedaan nilai perioda didapat dari ketiga jenis model yang telah didesain. Setiap model struktur akan diambil data *interstory drift* dan dianalisa.

#### 4.3.1 *Interstory Drift*

Jika masing-masing *node* mengalami perpindahan akibat gaya gempa, maka perpindahan tersebut dapat menghasilkan simpangan antar tingkat. Besarnya simpangan antar tingkat dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut. Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan perbedaan nilai simpangan antar tingkat gempa tunggal dan gempa berulang untuk pemodelan lantai 9. Secara keseluruhan, nilai simpangan antar tingkat pada gempa tunggal lebih kecil dari nilai simpangan antar tingkat yang terjadi pada gempa berulang. Hal ini dapat kita pahami dikarenakan gempa berulang mengandung percepatan yang lebih besar dari pada gempa tunggal. Dan juga untuk gempa berulang akan memberikan dampak yang lebih terhadap struktur dibandingkan gempa tunggal.

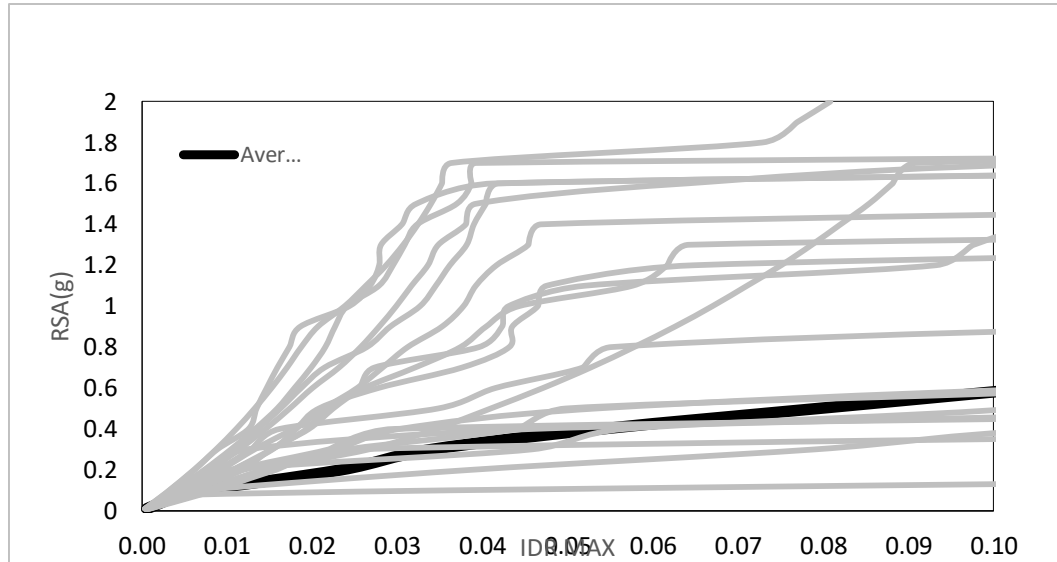
Tabel 4.3: Nilai perbandingan *interstory drift* untuk pemodelan 9 lantai faktor R=6.

Struktur	T (s)	Gempa tunggal fling
9 Lantai	1,73	0,2002

#### 4.3.2 *Incremental Dynamic Analysis (IDA)*

*Incremental Dynamic Analysis* yang dilakukan struktur lantai 9 menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur yang selanjutnya dapat digunakan

untuk membentuk kurva kerapuhan struktur sebagai metode dalam asamen kerapuhan seismik. Grafik IDA adalah hasil dari *interstory drift Ratio*.

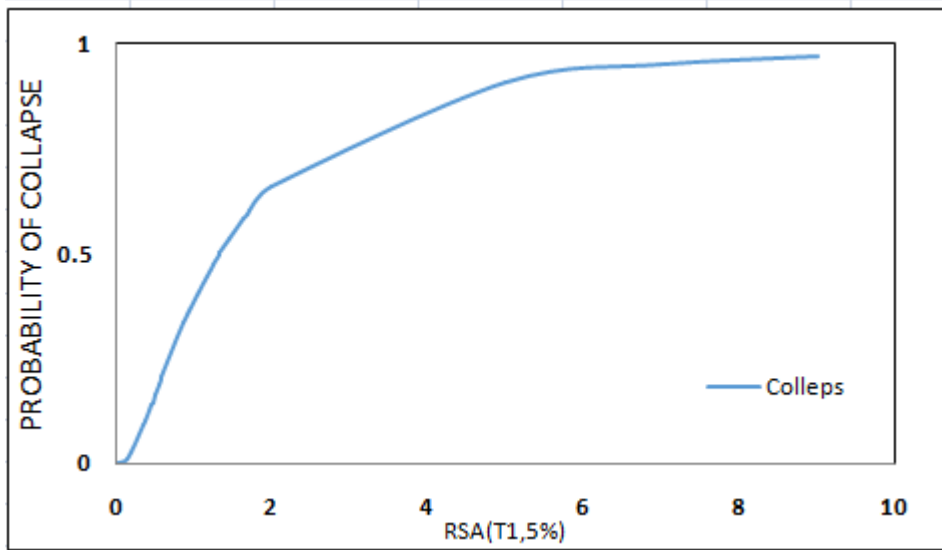


Gambar 4.1: Grafik kurva IDA pemodelan *centerline* (CL), *panel zone* (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai.

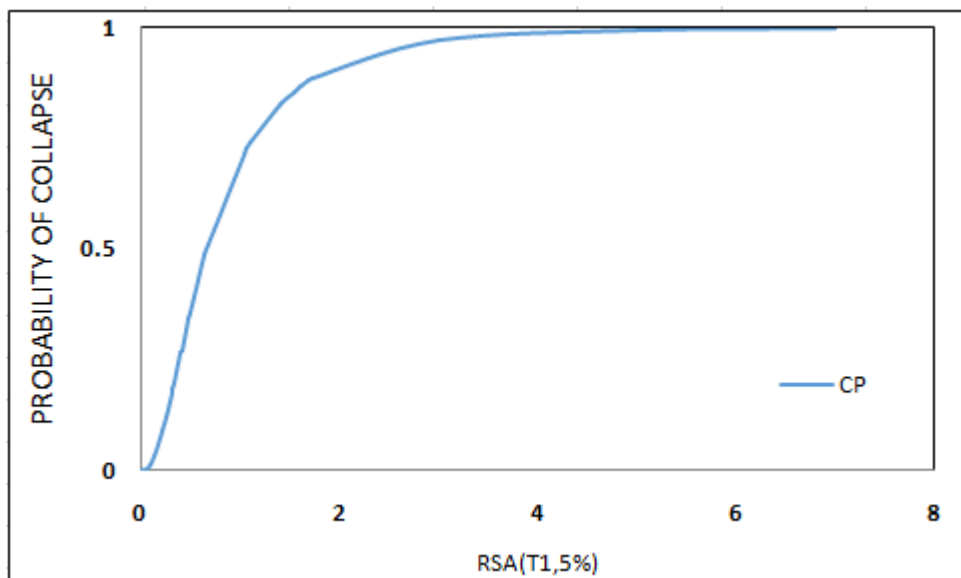
Pada gambar diatas menunjukkan *Incremental Dynamic Analysis* dari gambar 4.1 menggunakan gempa tunggal fling.

### 4.3.3 Analisis *Probability of Collapse*

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.



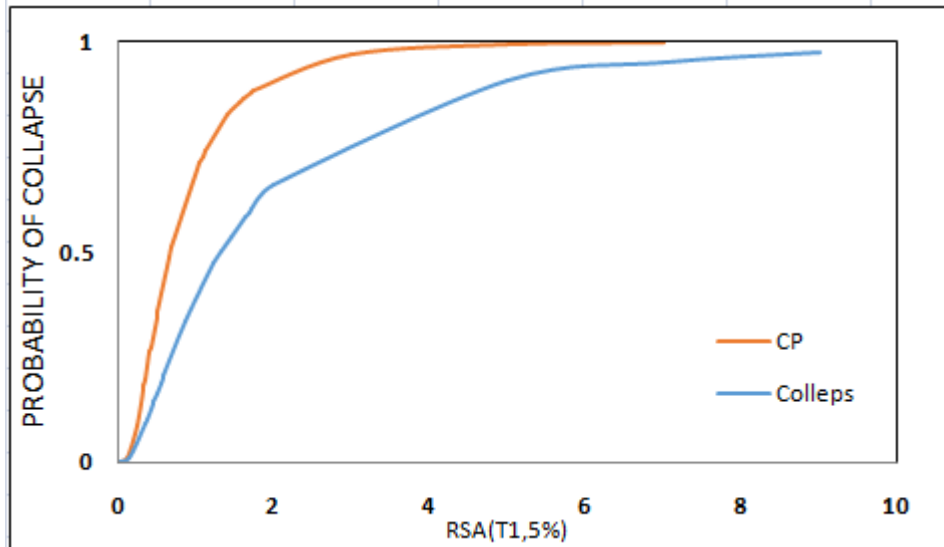
Gambar 4.2: Grafik kurva kerapuhan 10% (*Collapse*) gempa tunggal terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.



Gambar 4.3: Grafik kurva kerapuhan 5% (*collapse prevention*) gempa tunggal terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.

#### 4.3.4 Perbandingan Kurva Fragility

Pada perbandingan kurva fragility ini melihatkan perbedaan pada *collapse* (C), *collapse prevention* ,(CP),



Gambar 4.4: Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat *collapse* dan *collapse prevention* pada pemodelan *centerline* (CL) pada bangunan lantai 9.

#### 4.3.5 Median Kurva Kerapuhan

Nilai median yang telah diperoleh dari analisi kurva kerapuhan *collapse* (C) = 10%, dan *collapse prevention* (CP) = 5%, lihat pada gempa tunggal. Lihat tabel 4.4:

Tabel 4.4: Nilai RSA(T1) untuk nilai median *Probability of collapse* (50%) pada sruktur 9 lantai.

Kondisi Keruntuhan	TUNGGAL RSA(T1,5%)
10%	0.667
5%	1,319

Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa untuk mencapai kondisi 50% saat *collapse* pada pemodelan *centerline* membutuhkan RSA sebesar 0,67, dan saat *collapse prevention* membutuhkan RSA sebesar 1,319.

Tabel 4.5: rasio perbandingan antara RSA *collapse* dan *collapse prevention*.

Pemodelan	RSA <i>Collapse/collapse prevention</i>
CL	0.505

Dari hasil perbandingan nilai RSA *collapse* dan *collapse prevention* pada saat 50% didapatkan 0.5. Hasil ini membuktikan bahwasannya perhitungan pada analisis kinerja keruntuhan sudah benar, dimana kerapuhan *collapse* (10%) dan *collapse prevention* (5%) juga memiliki rasio 0.5.

## 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* bila terkena gempa Fling adalah sebagai berikut:
  - a. Pada Pemodelan *Centerline* (FCL) saat nilai RSA (T1) =1.77 diperoleh nilai IDR = 0.2002.
  - b. 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 SRPM struktur baja bila terkena gempa fling:
  - a. Nilai keruntuhan centerline pada keruntuhan 10% didapat angka 0,667
  - b. Untuk kondisi keruntuhan (IDR = 5%) didapat angka 1,319

#### 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

- 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 Jakob, Dan Dubina. (2019). The influence of joint modelling on the seismic design of steel frames, *The 14th Nordic Steel Construction Conference*. 1138.
- Elkady, Ahmed & Dimitros G. Lignos. (2014). Effect of gravity framing on the overstrength and collapse capacity of steel frame buildings with perimeter special moment frames. *Earthquake Engng Struct. Dyn*, 10.1002.
- Elkady, Ahmed & Dimitros G. Lignos. (2014). Modeling of the composite action in fully restrained beam-to-column connections: implications in the seismic design and collapse capacity of steel special moment frames. *Earthquake Engng Struct. Dyn*, 10.1002.
- Flores, Francisco X., Finley A. Charney, Diego Lopez-Garcia. (2013). Influence of the ravity framing system on the collapse performance of special steel moment frames. *Journal of Constructional 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.
- Moestopo, M. 2007. Beberapa Ketentuan Baru Mengenai Desain Struktur Baja Tahan Gempa. Seminar dan Pameran HAKI. Jakarta.
- Moestopo, M. 2012. Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa. Seminar dan Pameran HAKI. Jakarta.

Nasution, Thamrin. 2011. Modul 1 Material Baja Sebagai Bahan Struktur. Departemen Teknik Sipil: ITM.

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

Sampakang, Jusak Jan, R. E. Pandaleke, J. D. Pangouw, & L. K. Khosama. (2013). Perencanaan sistem rangka pemikul momen khusus pada komponen balok-kolom dan sambungan struktur baja gedung BPJN XI, *Jurnal Sipil Statik*, 1, 653-663

SNI 03-1726:2002

SNI 03-1729:2002

SNI 03-1726:2012

Wiryanto Dewobroto, 2006, Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP 2000. *Jurnal Teknik Sipil* Vol.3 No.1 Januari 2006.

## 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.

1. Beban Gravity Load Lantai = 97,9 psf = 4,687 kN/m<sup>2</sup>
2. Beban Gravity Load Rooftop = 93,8 psf = 4,491 kN/m<sup>2</sup>

## 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 : 5,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 4 m
- $H_n$  : 37,5 m
- $C_u$  : 1,4
- $C_t$  : 0,0731
- $x$  : 0,75

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

SYARAT PERIODA					
Arah	$T_{amin}$ ( $C_t \times h_n^x$ )	$T_{amax}$ ( $C_u \times T_{amin}$ )	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X (R=6)	0,0731	1,4	1,73	1,73	OK

Berdasarkan Tabel L.1, periode alami struktur yang digunakan adalah periode yang didapat dari Program Analisa Struktur.

### A.3. Modal Participating Mass Ratios

Tabel L.2: 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>	<i>UX</i>	<i>Sum UX</i>
Modal	1	1.723	0.000	0.000
Modal	2	1.421	0.982	0.837
Modal	3	1.156	0.000	0.837
Modal	4	1.054	0.000	0.837
Modal	5	0.952	0.224	0.989
Modal	6	0.850	0.000	0.989
Modal	7	0.748	0.000	0.989
Modal	8	0.646	0.057	1.000
Modal	9	0.544	0.000	1.000
Modal	10	0.442	0.000	1.000
Modal	11	0.340	0.000	1.000
Modal	12	0.238	0.000	1.000

Tabel L.3: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	17.528	Not ok	Ok
T2-T3	18.649	Not ok	Ok
T3-T4	8.824	Ok	Not ok
T4-T5	9.677	Ok	Not ok
T5-T6	10.714	Ok	Not ok
T6-T7	12.000	Ok	Not ok
T7-T8	13.636	Ok	Not ok
T8-T9	15.789	Not ok	Ok
T9-T10	18.750	Not ok	Ok
T10-T12	23.077	Not ok	Ok
T11-T12	30.000	Not ok	Ok

#### A.4. Berat Sendiri Struktur

Tabel L.4: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Story</i>	<i>Self weight (KN)</i>
9	178.004
8	182.113
7	188.192
6	192.067
5	212.487
4	212.666
3	233.543
2	233.543
1	284.388
TOTAL	1917.003

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur ini adalah 1917.003KN.

### A.5. Perhitungan Gaya Geser Dasar dan Gaya Lateral Statik Ekuivalen

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

❖ Untuk faktor  $R=6$ , Data struktur:

- $S_{D1}$  : 0.6066
- $S_{DS}$  : 1,116
- $R$  : 6
- $I_e$  : 1.00
- $S_1$  : 0.449

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1,116}{\left(\frac{6,0}{1}\right)} = 0.186 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= \frac{0,5 \cdot S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5 \cdot 0,449}{\left(\frac{6,0}{1}\right)} = 0.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0.6066}{0,64 \left(\frac{6,0}{1,0}\right)} = 0.157 \end{aligned}$$

Tabel L.5: Nilai Cs yang digunakan ( $R=6$ ).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,186	0,157	0,037	0,157

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

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah

$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0,157 \times 26252,31$$

$$V = 4121,61 \text{KN}$$

Tabel L.6: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen ( $R=6$ ).

Lantai	Berat Seismik ( $W_x$ )	Tinggi Lantai (hx)	$W_x \cdot hx^k$	$\frac{Force}{(\sum W_x \cdot hx^k)} \times V$	<i>Story Shear</i> ( $F_x$ )
9	514.025	37,5	53622.68	41.56	74.54
8	514.025	33,5	46055.93	35.69	110.23
7	514.025	29,5	38789.61	30.06	140.29
6	514.025	25,5	31850.67	24.68	164.97
5	602.991	21,5	29647.30	22.98	187.95
4	691.957	17,5	25713.48	19.93	207.88
3	691.957	13.5	18034.77	13.98	221.86
2	691.957	9.5	11109.75	8.61	230.47
1	762.565	5.5	5679.57	4.40	234.87
TOTAL			303058.49	234.87	

Berdasarkan Tabel L.6, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 2 adalah 234.87KN.



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

Tabel L.7: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=6.

<i>Story</i>	V <sub>x</sub>	35% V <sub>x</sub> <i>base shear</i>	Kontrol
9	203.86	224.8	Tidak Oke
8	301.48	224.8	Oke
7	383.70	224.8	Oke
6	451.21	224.8	Oke
5	514.05	224.8	Oke
4	568.56	224.8	Oke
3	606.78	224.8	Oke
2	630.33	224.8	Oke
1	642.37	224.8	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

### A.7. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Tabel L.8: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
9	16997.60	105%	17030.91	110%
8	17910.53	105%	18242.55	111%
7	19819.53	111%	19714.14	116%
6	21412.37	108%	22026.54	117%
5	24847.74	116%	25606.77	126%
4	30560.21	123%	31853.01	139%
3	40151.08	131%	42857.25	157%
2	57860.47	144%	-	182%
1	43323.53	75%	-	101%

## A.8 Pengaruh Efek P-Delta

Tabel L.9: Pengaruh Efek P-Delta

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
9	32.5	0.0057	57.85	5849.9	1	5.5	0.2599	OK
8	29	0.0081	85.55	8853.9	1	5.5	0.3793	OK
7	25.5	0.0103	108.87	11857.9	1	5.5	0.5103	OK
6	22	0.0122	128.03	14862.0	1	5.5	0.6454	OK
5	18.5	0.0128	145.86	17955.0	1	5.5	0.7146	OK
4	15	0.0135	161.33	21136.9	1	5.5	0.8045	OK
3	11.5	0.0137	172.17	24318.9	1	5.5	0.8821	OK
2	8	0.0127	178.86	27500.8	1	5.5	0.8853	OK
1	4.5	0.0096	182.27	30753.4	1	5.5	0.7348	OK



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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](mailto:fatek@umsu.ac.id)

menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor 2124/AU//11.3/UMSU-07/P/2019**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Sipil tgl 11 Desember 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : INDRI DWI NURHAYATI  
Program Studi : TEKNIK Sipil  
Npm : 1807210142 p  
Semester : III ( Tiga )  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI  
TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA  
DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA.  
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, 15 Rabiu Akhir 1441 H  
12 Desember 2019 M

An. Dekan  
Dekan 3  
  
Shairul Umurani ST.MT  
NIPN : 0114017101



### LEMBAR ASISTENSI

**NAMA** : INDRI DWI NURHAYATI  
**NPM** : 1807210143P  
**JUDUL** : "PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki Nippon, Bab 1 - lengkapi ke bab 2	Vdh $\frac{07}{01} 20$
		- perbaiki Bab 2, tambahkan literatur - ikuti panduan penulisan	Vdh $\frac{21}{02} 20$
		- perbaiki Bab 2 - lengkapi ke bab 3	Vdh $\frac{17}{03} 20$
		- lengkapi metode penelitian - buat Graph of benar	Vdh $\frac{27}{04} 20$
		- buat permodelan linear SRPM	Vdh $\frac{15}{05} 20$
		- buat permodelan linear CBF	Vdh $\frac{20}{06} 20$
		- perbaiki model linear CBF	Vdh $\frac{15}{07} 20$

**Mengetahui,**  
**Pembimbing Tugas Akhir**

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

**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA** : INDRI DWI NURHAYATI  
**NPM** : 1807210143P  
**JUDUL** : "PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<i>all with seminar hasil</i>	<i>ade faisal 04/10/21</i>




**Mengetahui,**  
**Pembimbing Tugas Akhir**

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



**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA** : INDRI DWI NURHAYATI  
**NPM** : 1807210142P  
**JUDUL** : "PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA"



NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	15/3-2020	→ Perbaiki lu kipan dari bahasa asing. di atas usung.	
2	21/6-2020	→ sehiap lu kipan dari Buju, winal, ew k lu, swi, dan brakeran pada Bab 2 diikut dalam daftar posterka	
3	2/8-2020	→ Perbaiki judul tabel diulalah atas dan, rcd, gambar diulalah bawah	

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir

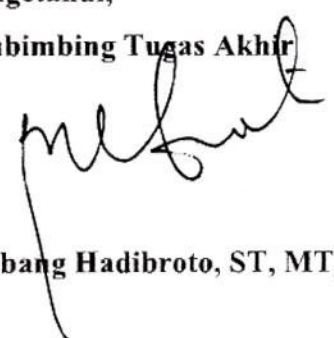
(Bambang Hadibroto, ST, MT)

**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA** : INDRI DWI NURHAYATI  
**NPM** : 1807210142P  
**JUDUL** : "PENGARUH SISTEM RANGKA PENAHAN BEBAN GRAVITASI TERHADAP PERILAKU KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA DENGAN BRACING KONSENTRIK AKIBAT GETARAN GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	13/10-2020	→ urbaihi gambar tabel dan garis minor horizontal dan urbaihi di hadalua	
5	05/4-2020	→ Acc urbaih. minimalisasi	

Mengetahui,  
 Pembimbing Tugas Akhir

  
 (Bambang Hadibroto, ST, MT)



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : INDRI DWI NURHAYATI  
Panggilan : INDRI  
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 26 Mei 1996  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Gg. Karya Dusun V Desa Bandar Labuhan,  
Kec. Tanjung Morawa  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : SUTARYO TOMIK  
Ibu : TINA  
No. HP : 081376243159  
E-mail : [indridn@gmail.com](mailto:indridn@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210142P  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD NEGERI 101896 KIRI HULU
2.	SMP	SMP SWASTA AL-AZHAR MEDAN
3.	SMA	SMA SWASTA HARAPAN 3 DELI SERDANG
4.	Diploma III	UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
5.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018	

