

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI
(Studi Literatur)**

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

Disusun Oleh:

MISBATULLAH

1807210212P



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:

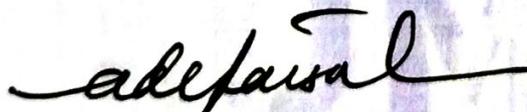
Nama : Misbatullah
NPM : 1807210212P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Keruntuhan Struktur SRPM Baja Akibat Pengaruh Panel Zone dan Sistem Rangka Pemikul Beban Gravitasi
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 11 November 2020

Dosen Pembimbing 1


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

Dosen Pembimbing 2


Bambang Hadibroto, S.T., M.T

Unggul | Cerdas | Terpercaya

LEMBAR PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Misbatullah
NPM : 1807210212P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BJA
AKIBAT PENGARUH PANEL ZONE DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI

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, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing II



Bambang Hadibroto, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Irma Dewi, S.T., M.Si

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Misbatullah
Tempat / Tanggal Lahir : Lhokseumawe / 04 Januari 1997
NPM : 1807210212P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Evaluasi Keruntuhan Struktur SRPM Baja Akibat Pengaruh Kekuatan Panel Zone Dan Sistem Rangka Pemikul Beban Gravitasi”.

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses 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,



Misbatullah

ABSTRAK

EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI (STUDI KASUS)

Misbatullah

1807210212P

Dr.Ade Faisal, S.T, MSc

Bambang Hadibroto, S.T, M.T

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 perlu dilakukan melalui analisa kinerja keruntuhan untuk mengetahui kapasitas struktur tersebut. Pada struktur baja area pertemuan antara balok dan kolom sering terjadi momen lentur dan gaya geser 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. Di dalam tugas akhir dilakukan pemodelan struktur dengan 3 jenis pemodelan yaitu, pemodelan centerline, *pemodelan panel zone scissor*, dan pemodelan centerline gravitasi. Spesifikasi material dan dimensi struktur memiliki tinggi 37,5 m (9 lantai). Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi. Pada struktur bangunan akan dikenakan 20 respon gempa. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah lunak terhadap gempa tunggal didapatkan nilai *incremental displacement analysis* dimana hasil kurva IDA didapatkan IDR centerline sebesar 0.3271, pada panelzone sebesar 0.3301 dan pada gravitasi didapatkan IDR 0.2002. Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur dengan pemodelan centerline memiliki kapasitas struktur yang paling besar dan pemodelan gravitasi yang terkecil, sedangkan panel zone hasilnya sangat mendekati dengan pemodelan centerline.

Kata kunci: Gempa bumi, panel zone, kinerja keruntuhan.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE CROSS OF SRPM STEEL STRUCTURE DUE TO THE INFLUENCE OF PANEL ZONE STRENGTH AND GRAVITY LOAD BURNING FRAME SYSTEM (CASE STUDY)

Misbatullah

1807210212P

Dr.Ade Faisal, S.T, MSc

Bambang Hadibroto, S.T, M.T

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 suffer destruction. Therefore, it is necessary to analyze the performance of the collapse to determine the capacity of the structure. In the steel structure, the area where the beam and column joins is often a bending moment and a shear force called the panel zone. In this area there is movement and imbalance in the section due to the forces acting around the panel zone area. In this final project, structural modeling is carried out with 3 types of modeling, namely, centerline modeling, zone scissor panel modeling, and gravity centerline modeling. Material specifications and structure dimensions have a height of 37.5 m (9 floors). The analysis used is the Response Spectrum as the design stage and Linear and Nonlinear Time History Responses as the evaluation stage. The building structure will be subject to 20 earthquake responses. From the results of the analysis obtained from the results of modeling steel structures with soft soil conditions against a single earthquake, the value of incremental displacement analysis is obtained where the IDA curve results obtained IDR centerline of 0.3271, panelzone of 0.3301 and in gravity of IDR 0.2002. These results indicate that the structure with centerline modeling has the largest structure capacity and the smallest gravity modeling, while the zone panel results are very close to the centerline modeling.

Keywords: Earthquake, panel zone, structural performance level.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Keruntuhan Struktur SRPM Baja Akibat Pengaruh Kekuatan Panel Zone dan Sistem Rangka Pemikul Beban Gravitasi” 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, 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 yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen pembanding I dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Irma Dewi, ST, Selaku Dosen Pembanding II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Ibunda tercinta 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 Afiful Ansari, Teuku Gilang, M. Rahmatullah Amin, Rian Agustian, Indri Dwi 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

Misbatullah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
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 Gempa Bumi	7
2.3 Respons Spektrum	8
2.4 <i>Ground Motion</i> (Getaran Tanah)	9
2.5 Gempa Bumi	10
2.6 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	10
2.7 Panel Zone	10
2.8 Bresing Konsetrik	11
2.9 Faktor Redudansi (ρ)	12
2.10 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa	13
2.11 <i>Incremental Dynamic Analysis</i>	13
2.12 <i>Fragility Curves</i>	14

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan alir penelitian	17
3.2 Pemodelan Struktur 2 Dimensi	18
3.2.1 Data Perencanaan Struktur	18
3.2.2 Konfigurasi Bangunan	18
3.2.3 Dimensi Kolom-Balok	20
3.3 Analisis Struktur	20
3.3.1 Analisis Dinamik Struktur Linier	20
3.3.2 Pembebanan	21
3.4 Respon Spektrum Desain Gempa	21
3.4.1 Desain Respon Spektrum Padang Pariaman	21
3.4.2 Kombinasi Pembebanan	22
3.4.3 Analisis Respon Spektrum Ragam	23
3.4.4 <i>Groundmotion Records</i> (Data Rekaman Gempa)	24
3.4.5 Analisis Respon Riwayat Waktu	26
3.5 Analisis Dinamik Struktur Nonlinear	28
3.5.1 Analisis Respon Riwayat Waktu	28
3.5.2 Momen Leleh (M_y)	28
3.5.3 Kapasitas Rotasi	29
3.5.4 Rotasi Leleh (θ_y)	29
3.5.5 Kurva kerapuhan	29

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Model Linier Dan Non Linier	30
4.2 Hasil Analisa Linier	30
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	30
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	31
4.2.3 Koreksi Faktor Redundansi	31
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	31
4.2.5 Nilai Simpangan Gedung	32
4.2.6 Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	32
4.2.7 Pengaruh Efek P-Delta	32
4.3 Hasil Analisa Non Linier	32

4.3.1 <i>Interstory Drift</i>	33
4.3.2 <i>Incremental Dynamic Analysis (IDA)</i>	33
4.3.3 <i>Analisis Probability of Exceedance</i>	34
4.3.4 Perbandingan Kurva kerapuhan C/CP	35
4.3.5 Median Kurva Kerapuhan	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Koefisien amplifikasi periode pendek, F_a	8
Tabel 2.2: Koefisien amplifikasi periode 1 s, F_v	9
Tabel 2.3: Faktor Keutamaan Gempa	10
Tabel 3.1: Komponen struktural bangunan	20
Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI1726:2012	22
Tabel 3.5: Data gempa <i>fling</i>	24
Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V_1)	31
Tabel 4.2: Nilai gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum	31
Tabel 4.3: Nilai perbandingan <i>interstory drift</i>	33
Tabel 4.4: Nilai RSA(T1) untuk kondisi <i>collapse dan CP</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Gambar Pemodelan Sederhana	3
Gambar 2.1 : Gerakan tanah terekam di stasiun seismik Tumaco	9
Gambar 2.2 : Gaya di sekitar sambungan balok ke kolom interior	11
Gambar 2.3 : Sistem bresing X 2 lantai	12
Gambar 2.4 : Kurva IDA	14
Gambar 2.5 : Perbandingan kurva kerapuhan Baker	15
Gambar 3.1 : Bagan alir penelitian	17
Gambar 3.2 : Denah struktur Model	19
Gambar 3.3 : Gambar proyeksi struktur Model lantai 9	19
Gambar 3.4 : Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726 : 2012 Kota Padang Pariaman dengan jenis tanah sedang	22
Gambar 3.5 : Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum	26
Gambar 3.6 : Rekaman gempa Mammoth Lakes California setelah diubah menjadi respon spektrum	27
Gambar 3.7 : Respon spektrum dengan 10 daerah gempa	27
Gambar 4.1 : Grafik kurva IDA pemodelan <i>centerline (CL) panel</i> Zone (SC) gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai	33
Gambar 4.2 : Grafik kurva kerapuhan saat <i>collapse</i> pada pemodelan <i>center line (CL), panelzone (SC),</i> gravitasi(GF	34
Gambar 4.3 : Grafik kurva kerapuhan saat <i>collapse prevention</i>	35
Gambar 4.4 : Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat <i>collapse</i> dan <i>collapse prevention</i> (CL)	35
Gambar 4.5 : Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat <i>collapse</i> dan <i>collapse prevention</i> (SC)	36

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
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>
CP	= <i>collapse prevention</i>
RSA	= <i>Respon Spectra Analysis</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kondisi geografis Indonesia terletak di daerah dengan tingkat kejadian gempa bumi tektonik yang relatif tinggi. Maka perlu dilakukan berbagai upaya untuk memperkecil resiko yang ditimbulkannya. Dalam beberapa kejadian gempa besar di Indonesia jumlah korban yang paling banyak terutama disebabkan oleh keruntuhan bangunan. Oleh karena itu desain bangunan tahan gempa berdasarkan pada konsep: bahwa akibat gempa besar bangunan diperbolehkan mengalami rusak berat tetapi manusia yang ada di dalamnya harus selamat. Pada perencanaan bangunan, parameter gempa yang mempengaruhi perencanaan adalah percepatan tanah yang ditimbulkan oleh gelombang seismic yang bekerja pada massa bangunan (Daniel, 2011).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, hal tersebut sangat membantu manusia dalam melakukan analisis struktural yang rumit dan menggunakan waktu yang lama menjadi analisis yang mudah dan cepat. Dalam mendesain bangunan seorang perencana dituntut untuk mendesain suatu bangunan dengan kualitas yang baik dengan biaya yang seefisien mungkin serta memenuhi fungsi dan kebutuhan bangunan. Selain itu seorang perencana juga diharuskan untuk memilih bahan bangunan yang tepat untuk perencanaannya salah satunya menggunakan struktur baja.

Menurut Moestopo (2012) untuk mencapai kinerja struktur baja yang baik dalam menghadapi gempa besar, maka harus dipenuhi persyaratan dalam hal:

1. Spesifikasi bahan Spesifikasi bahan harus menjamin Terjadinya deformasi leleh berupa regangan plastis bahan yang cukup besar tanpa mengalami fraktur dan adanya kuat lebih bahan yang signifikan melalui kemampuan strain-hardening.
2. Tidak terjadi kegagalan pada sambungan las. Stabilitas penampang, elemen, dan struktur Dalam memikul beban siklik akibat gempa, sebuah penampang harus mampu berdeformasi secara plastis secara stabil untuk

menghasilkan jumlah penyerapan energi yang besar. Hal ini harus dijamin oleh kekompakan pelat-pelat penampang terhadap bahaya tekuk akibat bekerjanya gaya tekan yang berulang-ulang (Moestopo, 2007).

3. Daktilitas Moestopo (2012) juga mengatakan selain daktilitas bahan baja yang harus dijamin spesifikasinya, perlu juga dijamin tercapainya : Daktilitas penampang, yaitu Momen kurvatur ideal mencapai M_p tanpa terjadi tekuk pada penampang. Daktilitas elemen, yaitu momen defleksi/rotasi ideal mencapai M_p tanpa terjadi tekuk torsi lateral. Daktilitas struktur, yaitu struktur mampu mencapai kekuatan batas tanpa terjadi ketidakstabilan struktur.

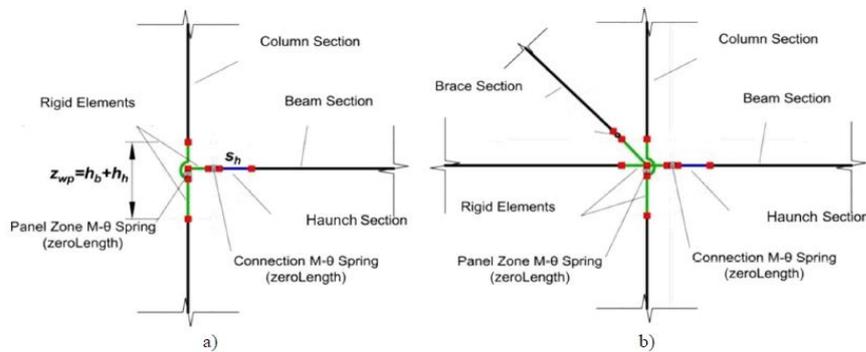
perencana juga dituntut untuk menciptakan suatu konstruksi bangunan yang daktil, yaitu bangunan yang dapat menahan respon inelastik yang diakibatkan oleh beban gempa. Di Indonesia ada 3 (tiga) macam sistem struktur yang digunakan yaitu :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 1 dan 2 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan rendah.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 3 dan 4 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan sedang.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 5 dan 6 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

Menurut SNI 03-1729-2002 SRPMK didesain mampu mengalami deformasi inelastik yang cukup besar akibat gempa rencana, melalui kelelahan balok pada rangka dan kelelahan pada ujung kolom dasar. Pada sistem ini kolom didesain lebih kuat dari pada balok yang kita kenal dengan “strong colum weak beam” yang mencapai *strain-hardening*.

Dalam desain seismik struktur rangka baja, pertanyaan tentang geser yang memadai kekuatan dan kekakuan zona panel telah menjadi masalah yang banyak dibahas selama dua dekade terakhir. Selama sepuluh tahun terakhir merupakan tahun dimana banyak dilakukan studi untuk menyediakan zona panel kekuatan

geser yang cukup untuk memungkinkan pengembangan momen plastic kapasitas di kedua balok meringkai menjadi sambungan. Perilaku geser zona panel gabungan telah diselidiki di sejumlah studi eksperimental, pada studi Krawinkler (1987) dikatakan bahwa (i) Sambungan merespons dalam mode deformasi ulet ketika mengalami ketidakseimbangan momen balok yang menyebabkan gaya geser tinggi melintang pada zona panel. Di bawah pembalikan beban, loop histeresis stabil dan mengalami pengerasan kerja siklik yang cukup besar (ii) Sambungan dengan zona panel tipis dapat tertekuk pada geser tetapi pada medan tegangan pasca tekuk menyebabkan loop histeresis stabil kecuali pada rasio ketebalan zona panel sangat besar. Dibawah ini merupakan contoh gambar dari pemodelan panel zone.



.Gambar 1.1: Gambar Pemodelan sederhana dari: a) eksterior; b) sambungan interior yang diperkuat.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbedaan pemodelan pada panelzone dan sistem rangka pemikul beban gravitasi akan mempengaruhi kinerja keruntuhan?
2. Bagaimana perbedaan pemodelan pada panelzone dan sistem rangka pemikul beban gravitasi akan mempengaruhi Kurva *Incremental Dynamic Analysis* (IDA)?

1.3. Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui pengaruh kinerja keruntuhan akibat perbedaan pemodelan panel zone dan sistem rangka pemikul beban gravitasi.

2. Untuk mengetahui perbedaan kurva *Incremental Dynamic Analysis* (IDA) akibat perbedaan pemodelan panelzone dan sistem rangka pemikul beban gravitasi.

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 pada lantai 9 yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Padang Pariaman dengan jenis tanah keras.
 - Struktur dengan dimensi kolom dan balok yang hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur baja, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
 - Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan Gedung SNI 1729:2015.
 - Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2012.
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
 - Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa *Pushover* & Respon Spektrum Linear).
 - PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - SEISMOSIGNAL, untuk mengubah groundmotion menjadi Respon Spektrum.
 - Aplikasi komputasi numerical untuk menskalakan gempa.
 - Aplikasi analisa riwayat waktu nonlinier.

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 panelzone dan sistem rangka pemikul beban gravitasi pada struktur baja.

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

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

2.2. Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang dapat disebabkan oleh buatan/akibat kegiatan manusia maupun akibat peristiwa alam. Akibat dari kedua tersebut tanah menjadi bergetar sebagai efek dari menjalarnya gelombang energi yang memancar dari pusat gempa/fokus. Energi yang memancar dari fokus adalah akibat dari peristiwa mekanik (tumbukan, gesekan, tarikan) ataupun peristiwa khemis (ledakan akibat peristiwa reaksi kimia), energi yang terjadi akibat peristiwa-peristiwa tersebut menyebar kesegala arah pada media tanah. (Pujianto, 2007).

Menurut Pujianto, (2007) sumber gempa antara lain sebagai berikut:

1. Pergerakan Lempeng Tektonik (Tectonic Movement)

Tectonic movement adalah gerakan plat tektonik dunia yang akan mengakibatkan dua plat tektonik saling bertubrukan, saling menggeser, saling tarik dan kombinasi diantaranya. Gempa seperti ini disebut dengan Tectonic Earthquakes. Dua pelat yang saling membentur, menggeser, menarik yang akan mengakibatkan terjadinya akumulasi energi, sedangkan gerakan pelat tektonik disebabkan oleh adanya driving force atau gerakan magma panas yang membentuk suatu siklus yang disebut conective flow.

2. Sumber Panas bumi

- a. Tumbukan antar material pada rotasi Nebula (awan, gas, hidrogen, helium, debu, dan material-material lainnya).

- b. Proses memadatnya/menyusutnya bumi karena adanya gaya gravitasi, sebagaimana diketahui bahwa tekanan batuan akibat gaya gravitasi akan menimbulkan panas.
 - c. Reaksi kimia akibat disintegrasi zat-zat radioactive seperti uranium dan thorium yang ada didalam bumi.
3. Material Bumi

Material bumi yang besar biasanya cenderung tenggelam dalam inti bumi dan menyimpan panas yang besar, akibat dari kejadian tersebut adalah adanya panas yang akan menimbulkan gerakan.

2.3. Respons Spektrum

Respon spektrum adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum dari sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Respon spektrum percepatan di permukaan tanah untuk periode pendek (SMS) dan periode 1 s (SM1) diperoleh dari perkalian antara koefisien amplifikasi untuk periode pendek (F_a) dan periode 1 s (F_v) dengan spektrum percepatan di batuan dasar untuk periode pendek (S_s) dan periode 1 s (S_1) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Koefisien amplifikasi untuk periode pendek (F_a) dan periode 1 s (F_v) ditentukan menurut jenis tanah dan percepatan puncak di batuan dasar sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.1 dan 2.2 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Tabel 2.1: Koefisien amplifikasi periode pendek, F_a .

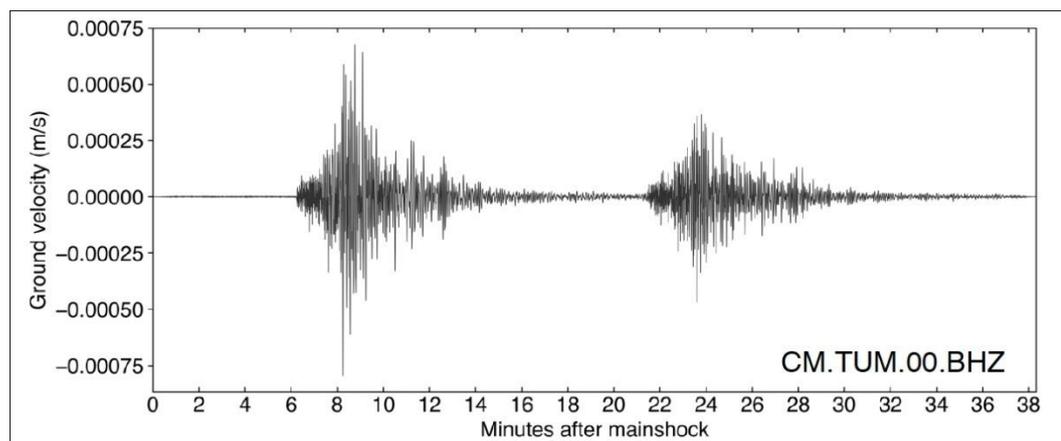
Jenis Tanah	Ss (g)				
	$\leq 0,25$	0,5	0,75	1	$\geq 1,25$
Batuan Keras	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Tabel 2.2: Koefisien amplifikasi periode 1 s, Fv.

Jenis Tanah	S1 (g)				
	≤0,1	0,2	0,3	0,4	≥0,5
Batuan Keras	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

2.4. Ground Motion (Getaran Tanah)

Ground motion merupakan pergerakan tanah atau permukaan bumi yang terjadi karena adanya gempa bumi ataupun ledakan. Ground motion atau yang biasa disebut juga dengan strong motion adalah guncangan gempa kuat yang terjadi dekat (kurang dari sekitar 50 km) dari suatu sesar kausatif. Kekuatan guncangan yang terlibat dalam gerakan tanah yang kuat biasanya melebihi seismometer, sehingga memaksa penggunaan akselerograf (atau akselerometer gerakan tanah yang kuat) untuk merekam. Ilmu gerak tanah kuat juga membahas tentang variasi patahan patahan, baik dalam perpindahan total, energi yang dilepaskan, dan kecepatan pecah.



Gambar 2.1: Gerakan tanah terekam di stasiun seismik Tumaco.

2.5. Gempa Rencana

Gempa rencana yaitu gempa dengan kemungkinan terlewat sebesar 2 persen selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen yang mana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum (SNI 1726-2012).

2.6. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

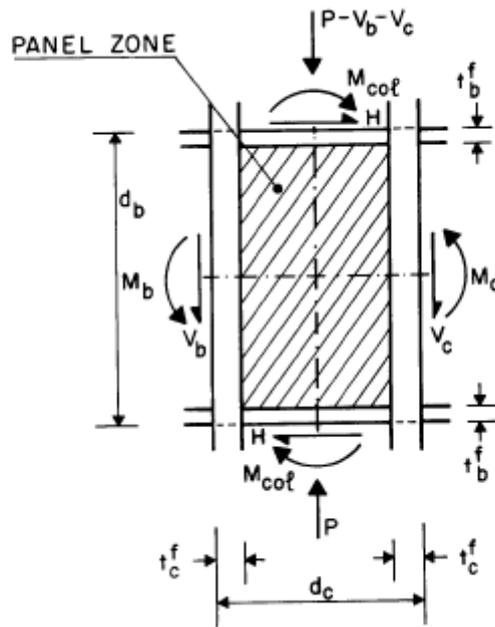
Sesuai SNI 1726-2012, untuk berbagai risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut tabel 2.3. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.3: Faktor Keutamaan Gempa.

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

2.7. Panel Zone

Perpindahan momen antara balok dan kolom menyebabkan keadaan tegangan dan regangan yang rumit pada area sambungan. Di dalam bagian kolom sambungan, tegangan normal tinggi dihasilkan di flensa dan tegangan geser tinggi dihasilkan di *panel zone*. Gaya di sekitar sambungan balok ke kolom interior ditunjukkan pada Gambar 2.2. Jika panel zone mulai menghasilkan geser sebelum kapasitas lentur rangka balok ke dalam sambungan dicapai, plastifikasi dapat terjadi baik pada balok maupun *panel zone*, atau hanya pada *panel zone*.



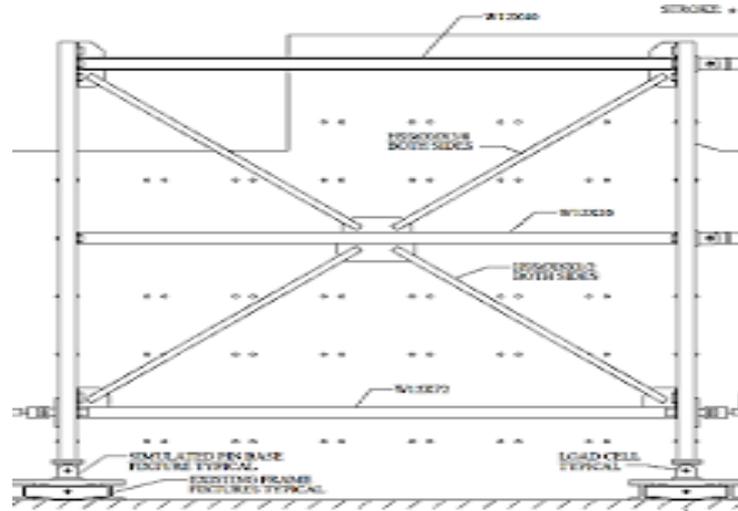
Gambar 2.2: Gaya di sekitar sambungan balok ke kolom interior.

2.8. Bressing Konsentrik

Sistem Rangka Bressing 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.

Mekanisme keruntuhan direncanakan terjadi pada elemen bressing dan pelat buhul sambungan bressing ke balok dan kolom. Pada saat terjadi gempa besar, diharapkan terjadi tekuk pada batang bressing (akibat beban aksial yang diterimanya) sehingga terjadi putaran sudut pada ujung bressing yang kemudian menyebabkan pelat buhul pada sambungan ujung bressing leleh (terjadi sendi plastis).

Menurut SNI 02-1729-2002, Jika batang elemen bressing mempunyai profil yang langsing maka akan mengurangi kekakuan bressing. Sehingga diupayakan agar elemen yang digunakan tidak menggunakan profil langsing. Berdasarkan jenis elemen bressing yang mengalami gaya aksial, maka elemen bressing harus dicek terhadap tekuk.



Gambar 2.3: Sistem bresing X 2 lantai (Bradley C, Sizemore J, Nelson J. 2014).

2.9. Faktor R redundansi (ρ)

Faktor redundansi (ρ) harus dikenakan pada sistem penahan gaya seismik masing-masing dalam kedua arah orthogonal untuk semua struktur. Kondisi dimana nilai ρ diizinkan 1 sebagai berikut:

- Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C.
- Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta; desain komponen nonstructural.
- Desain struktural non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung.
- Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungannya dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan Pasal 7.4.3 pada SNI 1726:2012 yang digunakan.
- Desain elemen struktur atau sambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan Pasal 7.4.3 disyaratkan untuk didesain
- Struktur bagian sistem peredaman.
- Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkutnya.

Untuk struktur yang dirancang bagi kategori desain seismik D, E, dan F faktor redundansi (ρ) harus sama dengan 1,3; kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi dimana ρ diizinkan diambil sebesar 1.

2.10. Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Berdasarkan SNI 03-1729-2015, pada bangunan baja bertingkat tahan gempa, bahan baja yang digunakan pada Sistem Rangka Pemikul Momen Terbatas (SRPMT), Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Batang Pemikul Momen Khusus (SRBPMK), Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK), Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB), Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE), harus dapat memenuhi persyaratan-persyaratan berikut ini :

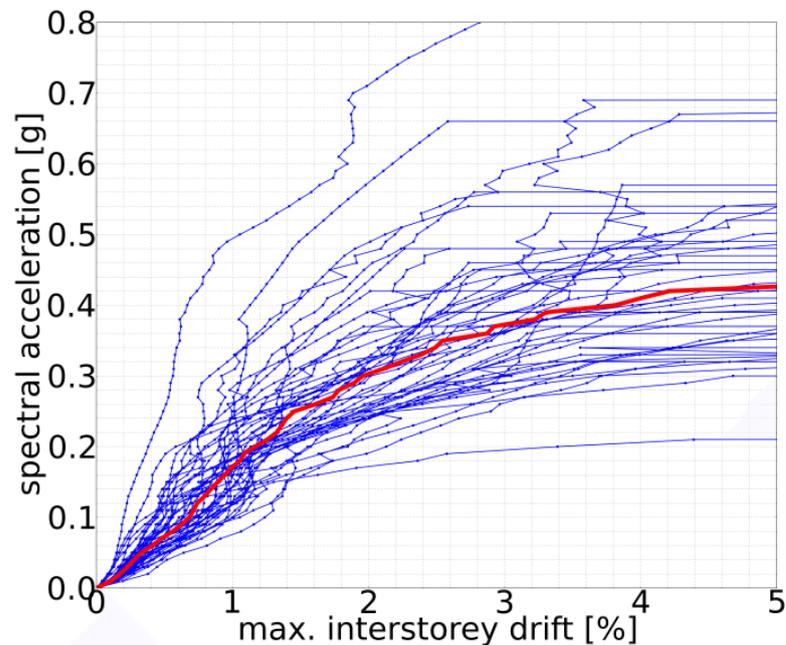
1. Nilai tegangan leleh baja terhadap tegangan putus tariknya yaitu bernilai kurang dari 0,85.
2. Nilai tegangan dan regangan harus memperlihatkan daerah yang cukup panjang.
3. Pengujian uniaksial Tarik pada spesimen baja memperlihatkan perpanjangan maksimum tidak kurang daripada 20%, untuk daerah pengukuran sepanjang 50 mm.
4. Mempunyai sifat yang mudah untuk dilas.

2.11. Incremental Dynamic Analysis (IDA)

IDA adalah metode analisis yang menawarkan permintaan seismik menyeluruh dan kemampuan prediksi kapasitas dengan menggunakan serangkaian analisis dinamis nonlinier di bawah rangkaian rekaman gerakan tanah berskala banyak. Realisasi peluangnya membutuhkan beberapa langkah dan penggunaan teknik inovatif di masing-masing langkah tersebut. Menggunakan kerangka tahan momen baja sembilan lantai dengan sambungan rekahan sebagai alas uji, pembaca dipandu melalui setiap langkah IDA:

1. memilih ukuran intensitas gerakan tanah yang sesuai dan ukuran kerusakan yang representative.
2. menggunakan algoritme yang sesuai untuk memilih skala catatan.
3. menggunakan interpolasi yang tepat.
4. teknik peringkasan untuk beberapa catatan untuk memperkirakan distribusi probabilitas dari permintaan struktural mengingat intensitas seismic.

5. menentukan keadaan batas, seperti ketidakstabilan sistem global yang dinamis, untuk menghitung kapasitas yang sesuai. Akhirnya
6. hasil dapat digunakan untuk mendapatkan intuisi tentang perilaku struktural, menyoroti hubungan antara penekan statis (SPO) dan respons dinamis, atau
7. hasil dapat diintegrasikan dengan analisis bahaya seismik probabilistik konvensional (PSHA) untuk memperkirakan frekuensi tahunan rata-rata dari batas-negara terlampaui. Dibangun di atas contoh terperinci ini berdasarkan struktur sembilan lantai, sebuah komentar lengkap disediakan, membahas pilihan yang tersedia bagi pengguna, dan menunjukkan implikasinya untuk setiap langkah IDA.



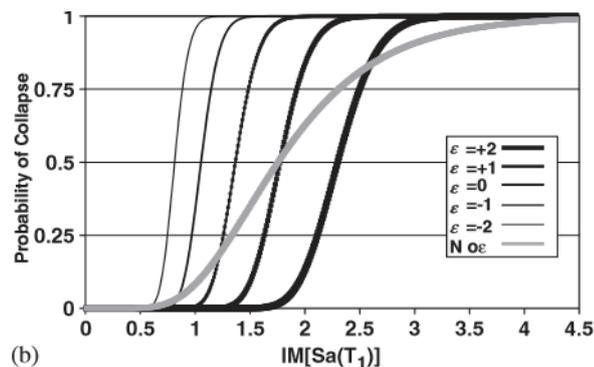
Gambar 2.4: Kurva IDA.

2.12. Fragility Curves

Fragility Curves atau kurva kerentanan adalah analisis kerapuhan menggunakan analisis struktural dinamis. Analisis struktural dinamis adalah proses analisis dalam sejumlah prosedur penilaian seismik. penerapan konsep inferensi statistik untuk estimasi fungsi kerapuhan, menjelaskan pendekatan pemasangan yang tepat untuk digunakan dengan berbagai struktur Baker (2015).

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.

Temuan ini memiliki manfaat lain, mengingat pendekatan analisis berganda memungkinkan gerakan tanah yang berbeda digunakan untuk analisis pada intensitas yang berbeda-beda ketinggian, untuk mewakili perbedaan karakteristik intensitas rendah dan intensitas tinggi beragam. Pendekatan penilaian yang diusulkan juga menyediakan kerangka kerja untuk mengevaluasi prosedur analisis alternatif yang mungkin muncul di masa depan.



Gambar 2.5 Perbandingan kurva kerapuhan Baker (2015).

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:

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

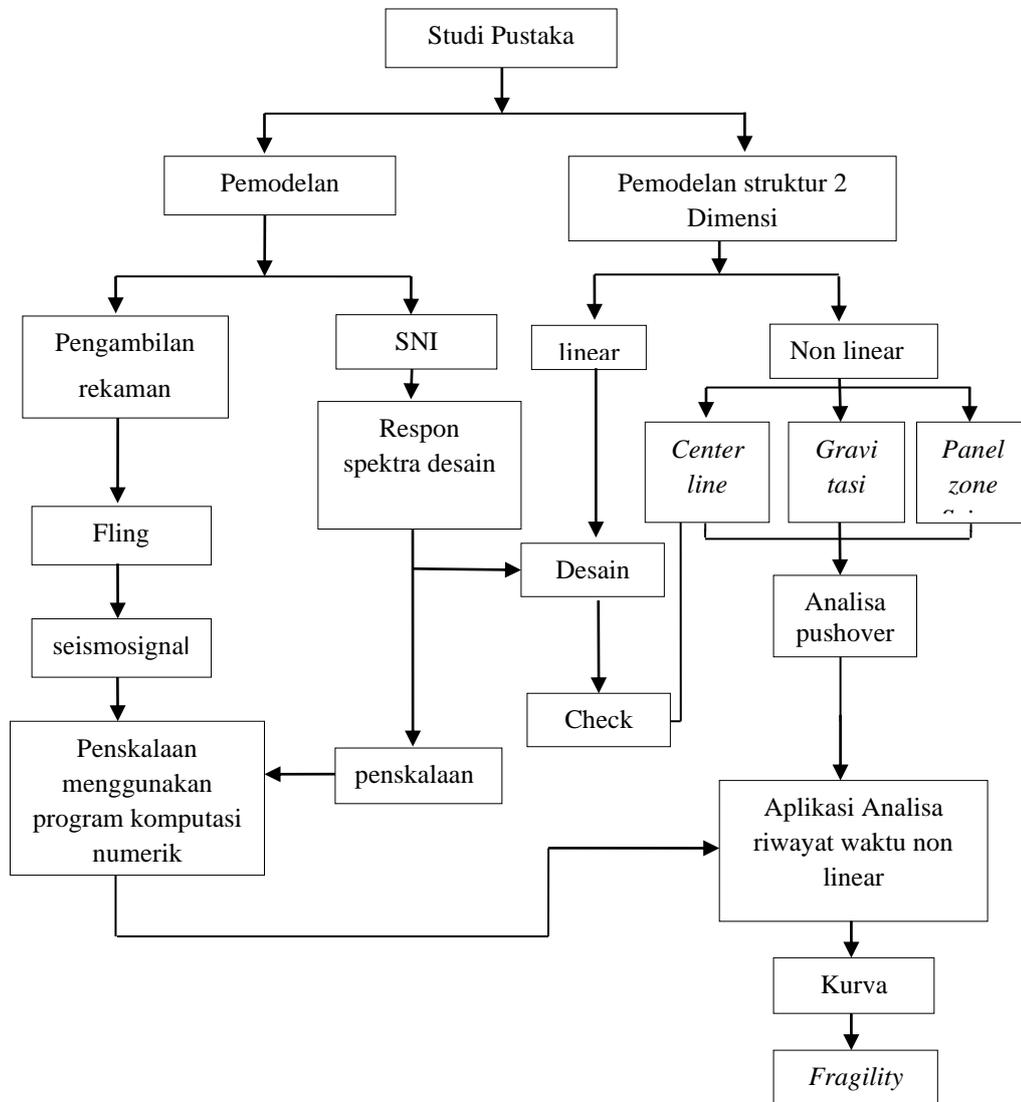
Dimana :

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

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan *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

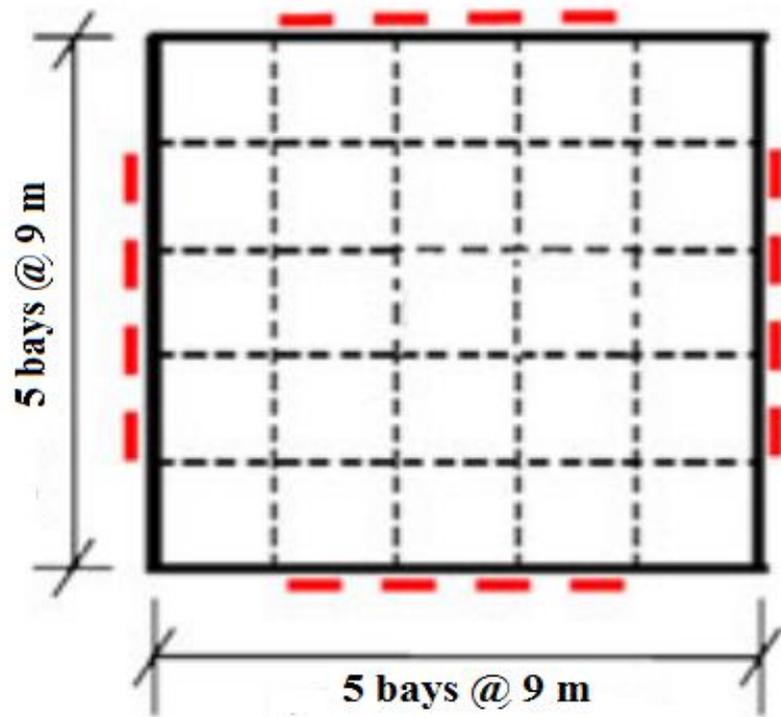
3.2.1. Data Perencanaan Struktur

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

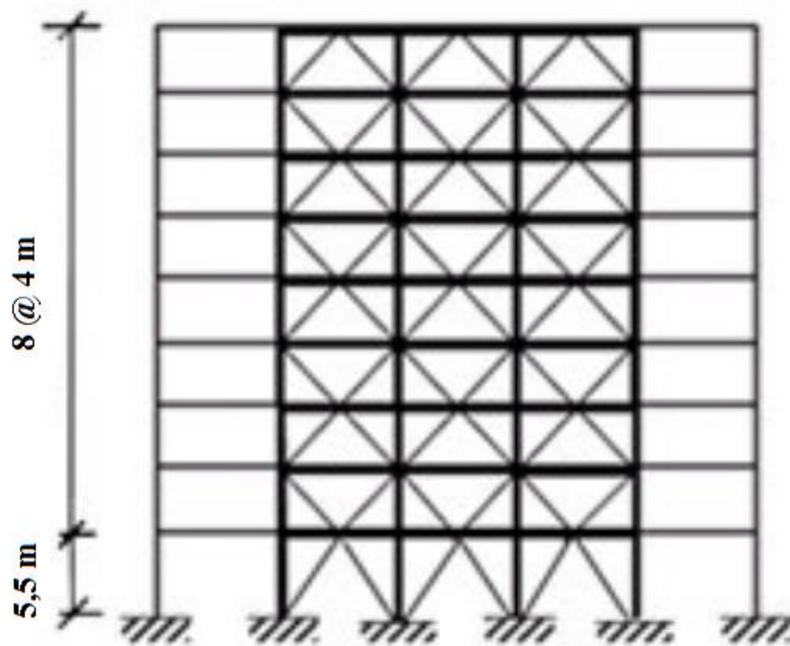
1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Padang Pariaman.
3. Klasifikasi situs tanah keras (S_c).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).
5. Jenis portal struktur gedung adalah baja.
6. Mutu baja yang di gunakan adalah ASTM A992
 - Kuat leleh 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. 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 3.2 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 paper jurnal *F. Zareian* (2010) Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan struktur bangunan. Berikut merupakan pembebanan yang di gunakan:

1. Beban *Gravity Load* Lantai = 97,9 psf = 4,687 kn/m² untuk semua lantai.
2. Beban *Gravity Load Roof Top* = 93.8 psf = 4,491 kn/m² untuk lantai tipikal

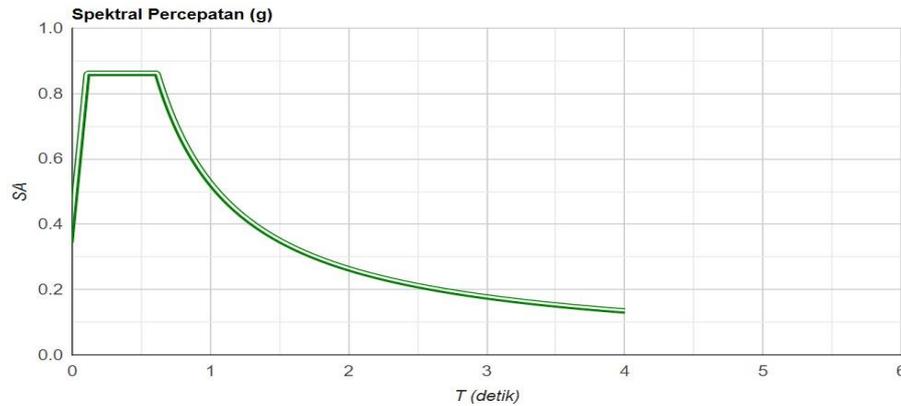
3.4. Respon Spektrum Desain Gempa

3.4.1. Desain Respon Spektrum Padang Pariaman (Tanah Keras)

Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah keras yang terletak di Kota Padang Pariaman, berikut data-data spectrum linier sebagai berikut :

- $PGA = 0,481 g$
- $S_s = 1.116 g$
- $S_I = 0.449 g$. Adapun nilai nilai tersebut yaitu :
 - 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 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.

3.4.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Berdasarkan sub Bab 2.5.11, maka didapatkan 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

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
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 3.5: 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

Tabel 3.5: *Lanjutan.*

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitudo
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 :

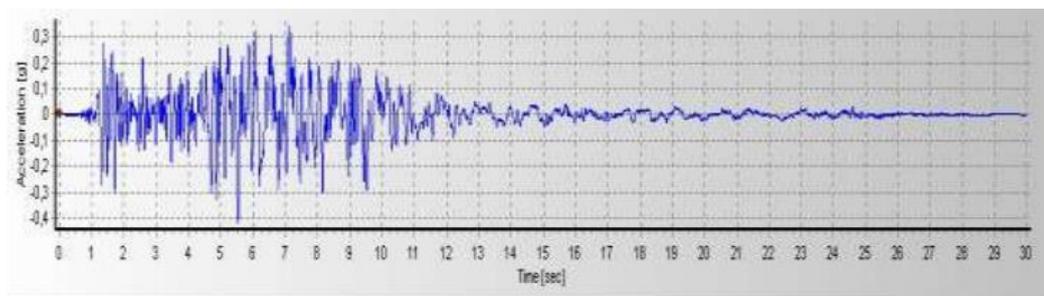
I : Momen inersia penampang

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

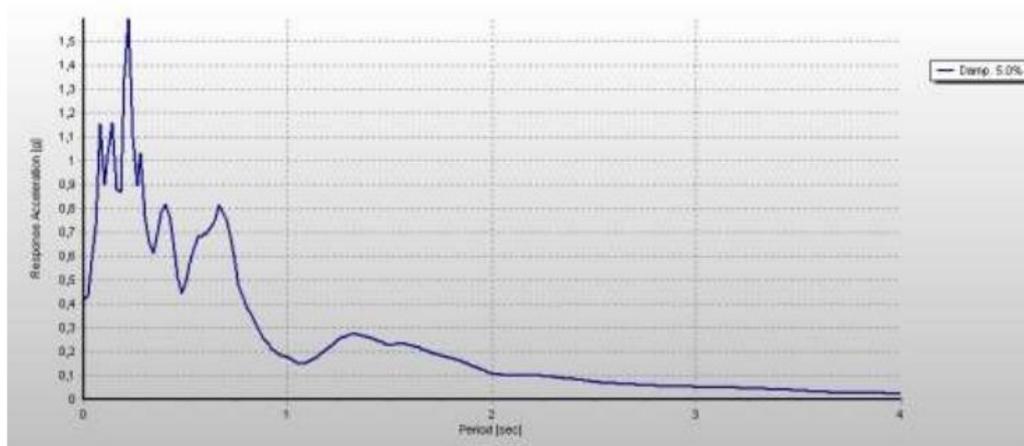
3.4.5. Analisis Respon Riwayat Waktu

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.

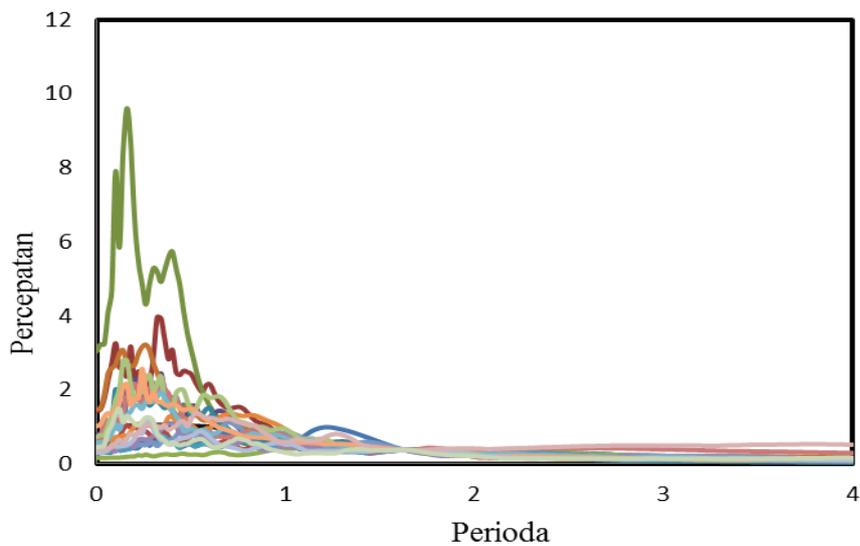


Gambar 3.5: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum.



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

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



Gambar 3.7: Respon spektrum dengan 10 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia.

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

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 ekuivalen
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 lain:

- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- M_y : Momen leleh
- M_c : Momen puncak
- Ko : 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*

3.5.2. 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 (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.

b. 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).

3.5.4. Rotasi Leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktilitas yang dibutuhkan sebagai *input* dalam *software*. 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.

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

4.2. Hasil Analisa 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 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)
Model 1	Gempa X (R=8)	234.87	780,225

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

Berdasarkan sub Bab 2.9 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_i) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu:

Tabel 4.2: Nilai gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_i) sumbu X.

Struktur	Arah Gempa	V_t (kN)	0,85 Cs. W	Cek
Lantai 9	Gempa X	780,225	663.191	OK

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 gempa, faktor R pada gedung, dan perioda struktur bangunan. Jenis gempa yang akan diberikan pada struktur baja yaitu

gempa *fling* tunggal. Faktor R pada gedung merupakan faktor reduksi gedung yang telah didesain dengan perbedaan sistem struktur baja.

4.3.1. *Interstory Drift*

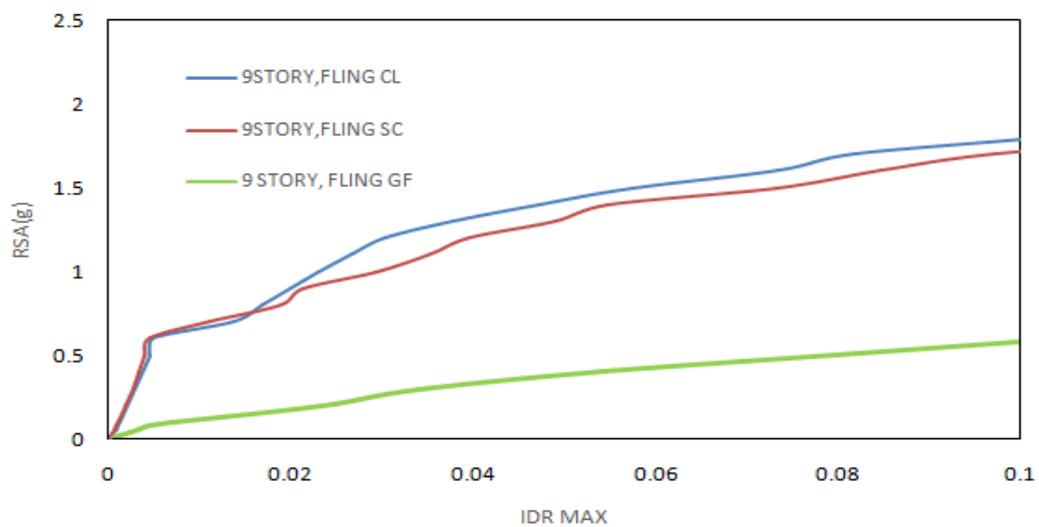
Jika masing-masing node mengalami perpindahan akibat gaya gempa, maka perpindahan tersebut dapat menghasilkan simpangan antar tingkat. Besarnya simpangan antar tingkat dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut. Tabel 4.3 menunjukkan perbedaan nilai simpangan antar tingkat perbedaan pemodelan.

Tabel 4.3: Nilai perbandingan *interstory drift* untuk masing- masing pemodelan.

Struktur	T (s)	<i>Centerline</i> (m)	<i>Panel zone</i> (m)	Gravitasi (m)
Lantai 9	0,84	0,3271	0,3301	
Lantai 9	1.73			0.2002

4.3.2. *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.

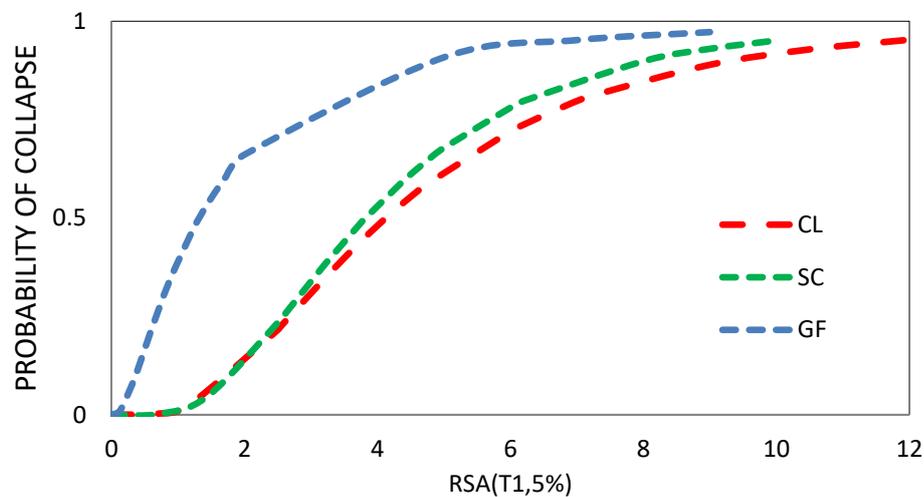


Gambar 4.1: Grafik kurva IDA pemodelan *centerline* (CL), *panel zone* (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai.

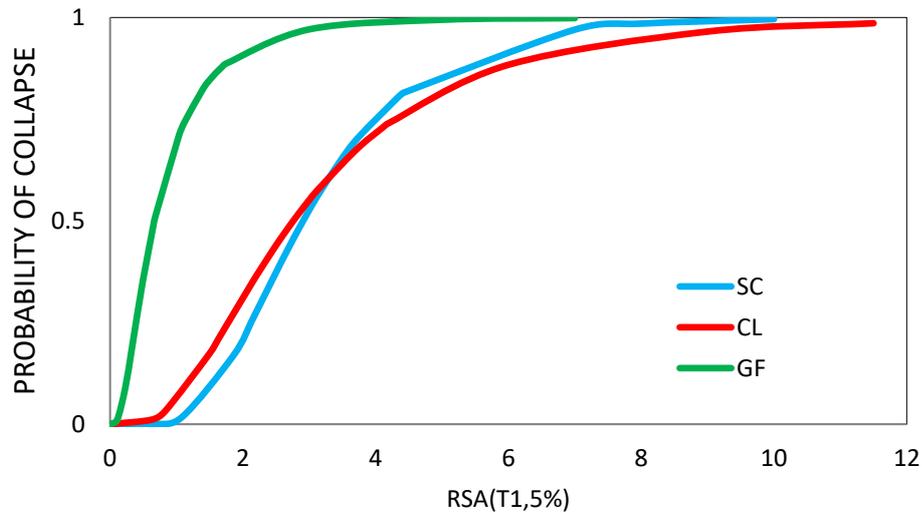
Pada gambar diatas menunjukkan *Incremental Dynamic Analysis* dari gambar 4.1 dapat dilihat mengalami kenaikan yang tidak terlalu besar pada centerline dan scissor, namun perbedaan cukup besar pada struktur gravitasi, pada *centerline* saat nilai $RSA(T1) = 0.7$ mendapatkan nilai $IDR = 0,0138$, pada Model 2 pada saat nilai $RSA(T1) = 0.7$ mendapatkan nilai $IDR = 0,0111$, pada Model 3 pada saat nilai $RSA(T1) = 0.7$ mendapatkan nilai $IDR = 0,1289$. Setelah peningkatan RSA 0.7 perbedaan $IDR max$ sangat jelas terlihat perilaku sesungguhnya struktur yang ditandai memisahanya grafik antara 3 pemodelan.

4.3.3. 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* (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai.

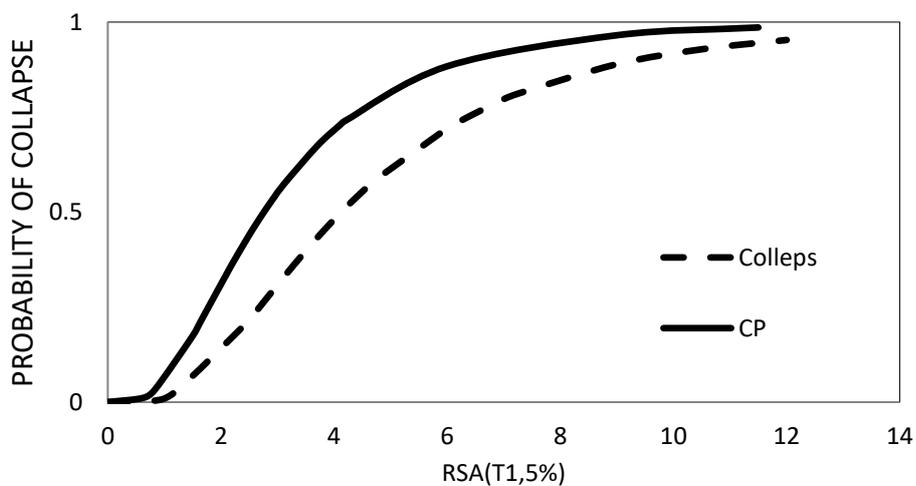


Gambar 4.3: Grafik kurva kerapuhan saat *collapse prevention* pada pemodelan *centerline* (CL), *panel zone* (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai.

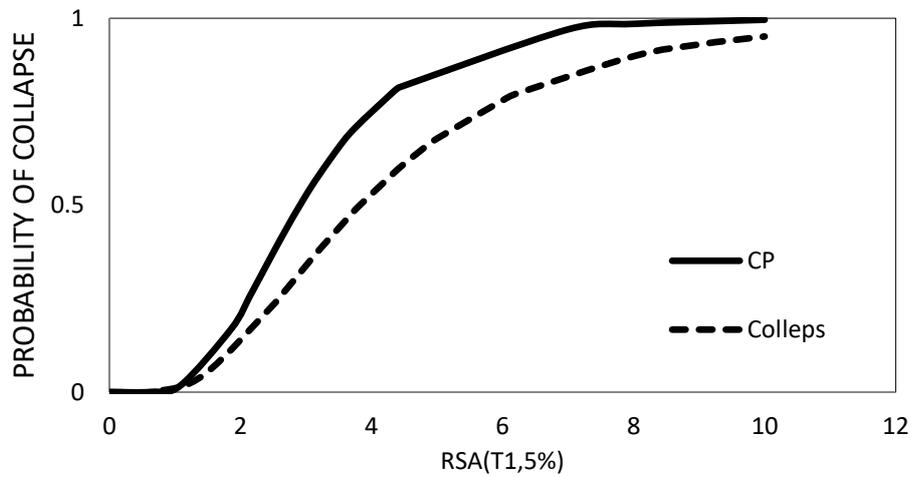
Dari kurva kerapuhan diatas sangat jelas bahwasannya secara garis besar pemodelan *panelzone* dan *centerline* memiliki nilai RSA yang besar, sedangkan pada gravitasi membutuhkan RSA yang lebih kecil mengalami keruntuhan.

4.3.4. Perbandingan Kurva kerapuhan C/CP

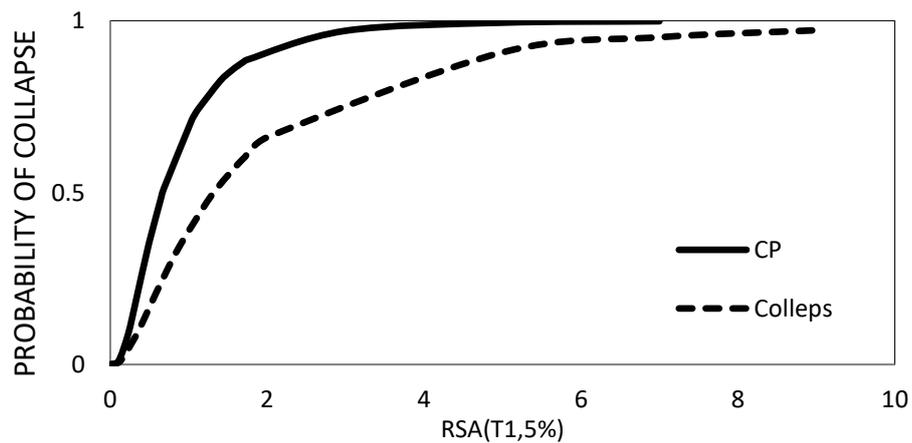
Perbandingan antara Colleps dan Colleps Prevention.



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



Gambar 4.5: Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat *collapse* dan *collapse prevention* pada pemodelan *panel zone* (SC) pada bangunan lantai 9.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat *collapse* dan *collapse prevention* pada pemodelan Gravitasi (GF) pada bangunan lantai 9.

4.3.5. Median Kurva Kerapuhan

Nilai median yang telah diperoleh dari analisis kurva kerapuhan *centerline*, *panel zone*, gravitasi Lihat Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Nilai RSA(T1) untuk kondisi *collapse* (10%) dan kondisi *collapse prevention*.

<i>Collapse</i>			<i>Collapse prevention</i>		
<i>Centerline</i>	<i>Panel zone</i>	gravitasi	<i>Centerline</i>	<i>Panel zone</i>	gravitasi
4.12697	3.8211	1.3198	2.75963	2.90734	0.66757

Dari tabel diatas menunjukkan *centerline* memiliki RSA terbesar yaitu 4.12697 untuk terjadi *collapse* dan *panelzone* memiliki RSA terbesar yaitu 2.90734 untuk *collapse prevention*, disusul *panelzone* dengan RSA sebesar 3.8211 untuk *collapse* dan *centerline* 2.7596 untuk *collapse prevention*, dan gravitasi memiliki RSA terkecil pada saat *collapse* yaitu 1.3198 dan 0.6675 untuk *collapse prevention*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari studi ini diperoleh hasil analisis *Incremental Dynamic Analysis* perilaku struktur bila terkena gempa tunggal adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur terhadap pemodelan panel zone yang berupa kurva IDA dari pemodelan gravitasi membutuhkan RSA terkecil untuk mengalami keruntuhan dibandingkan pemodelan centerline dan panel zone scissor akibatnya pemodelan gravitasi memiliki kinerja keruntuhan yang sangat rentan dibandingkan tipe pemodelan lainnya dan pemodelan *centerline* memiliki kinerja keruntuhan paling baik dari semua pemodelan yang di analisis.
2. Pada hasil analisis kurva kerapuhan yang di ambil nilai mediannya di dapati pemodelan gravitasi juga yang paling besar dalam mengalami kerusakan dan pemodelan centerline memiliki kerusakan paling kecil dengan RSA yang sama.
3. Dari hasil semua analisis yang dilakukan trend yang terjadi selalu pemodelan centerline memiliki kapasitas yang paling besar sementara pemodelan gravitasi memiliki kapasitas paling kecil dan hasil dari pemodelan panel zone yang paling mendekati dengan pemodelan centerline.

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

- Bradley, Cameron R., Robert Tremblay, Josh Sizemore, Eric M. Hines (2014). Large-Scale Testing of Low-Ductility, Concentrically-Braced Frames. ResearchGate
- 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
- 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
- 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.
- Pujianto, 2007. Bahan Kuliah Perencanaan Struktur Tahan Gempa. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Sitohang, Daniel TRT. (2011) Studi Perbandingan Respon Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dengan Bangunan Yang Menggunakan Sistem Rangka Berpengaku Konsentrik Serta Dengan Bangunan Yang Menggunakan *Metalic Yielding Damper* Akibat Beban Gempa, 1-2.
- Krawinkler,H., Mohasseb,S. (1987). Effects of panel zone deformations on seismic response.*Journal of konstrukctional steel research*. 233-250.
- Zareian, F., Lignos, D. G., &Krawinkler, H. (2010).Evaluation of seismic collapse performance of steel special moment resisting frames using FEMA P695 (ATC-63) methodology.In *Structures Congress 2010* (pp. 1275-1286).

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.1.1. Beban Gravitasi

A. Lantai Atap

- Beban Mati Tambahan:

- <i>Finishing</i> Lantai/Spesi (t = 2 cm)	=	39	kg/m ²
- <i>Waterproof</i>	=	18	kg/m ²
- Plafon + Penggantung	=	18	kg/m ²
- Instalasi M.E.	=	25	kg/m ²
<hr/>			
Total Beban Mati Tambahan	=	100	kg/m ²

• Beban Hidup	=	100	kg/m ²
---------------	---	-----	-------------------

B. Lantai Tipikal

- Beban Mati Tambahan:

- <i>Finishing</i> Lantai/Spesi (t = 3 cm)	=	53	kg/m ²
- Penutup Lantai Keramik	=	24	kg/m ²
- Plafon + Penggantung	=	18	kg/m ²
- Instalasi M.E.	=	25	kg/m ²
<hr/>			
Total Beban Mati Tambahan	=	120	kg/m ²

• Beban Hidup	=	240	kg/m ²
---------------	---	-----	-------------------

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	0,83	1,908	OK

Berdasarkan Tabel L.A1, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode minimum yaitu 1,908 karena nilai periode pada Program Analisa Struktur lebih kecil dari batas minimumnya.

A.3. Modal Participating Mass Ratios

A.3.1. Modal Participating Mass Ratios Model 1

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>	UX	Sum UX
Modal	1	0.834	0.816	0.816
Modal	2	0.765	0.126	0.942
Modal	3	0.563	0.036	0.978
Modal	4	0.523	0.012	0.990
Modal	5	0.498	0.000	0.990
Modal	6	0.450	0.000	0.990
Modal	7	0.428	0.000	0.990
Modal	8	0.388	0.000	0.990
Modal	9	0.276	0.010	1.000
Modal	10	0.254	0.000	1.000
Modal	11	0.231	0.000	1.000
Modal	12	0.195	0.000	1.000

A.4. Berat Sendiri Struktur

A.4.1. Berat Sendiri Struktur Model 1

Tabel L.3: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur(Model 1).

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (kN)
9	67.78
8	64.039
7	74.228
6	78.103
5	98.702
4	98.522
3	119.579
2	119.578
1	156.196
TOTAL	876.773

Dapat dilihat pada Tabel L.3 bahwa berat total struktur ini adalah 876.773 kN.

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=8, Data struktur:

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

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

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= \frac{0,5.S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5.0,449}{\left(\frac{6,0}{1}\right)} = 0.037 \end{aligned}$$

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

Tabel L.4: 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 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 $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,157 \times 4939,11$$

$$V = 780,225 \text{ kN}$$

Tabel L.5: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen ($R=6$).

Lantai	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (h_x)	$W_x \cdot h_x^k$	$\frac{Force}{(\sum W_x \cdot h_x^k)} \times V$	<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 adalah 234.87 kN.

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

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

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

<i>Story</i>	V _x	35% V _x	Kontrol
		<i>base shear</i>	
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.8. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Tabel L.7: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
Story	Kekakuan total	Ki/Ki+1 (%)	Rata-rata kek. 9 tingkat (kr)	Ki/Kr (%)
9	32888.37	83%	33332.08	-
8	32893.20	100%	33857.52	97%
7	34214.66	104%	38348.90	103%
6	34464.71	101%	44553.70	137%
5	46367.35	135%	55460.10	138%
4	52829.06	114%	72580.08	151%
3	67183.91	127%	86875.16	176%
2	97727.27	145%	-	132%
1	95714.29	98%	-	97%

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

A.9.1. Pengaruh Efek P-Delta Model 1

Tabel L.8: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan.

ARAH X								
Lantai	Tinggi	Inter Story drift	Vu	Pu	Ie	Cd	Stability ratio	Cek < 1
9	37.5	0.0082	203.8	5849	1	5.5	0.10689	OK
8	33.5	0.0117	301.4	8853	1	5.5	0.15616	OK
7	29.5	0.0150	383.7	11857	1	5.5	0.21038	OK
6	25.5	0.0178	451.2	14862	1	5.5	0.26605	OK
5	21.5	0.0185	514	17955	1	5.5	0.29427	OK
4	17.5	0.0196	568.5	21136	1	5.5	0.33152	OK
3	13.5	0.0200	606.7	24318	1	5.5	0.36371	OK
2	9.5	0.0184	630.3	27500	1	5.5	0.36528	OK
1	5.5	0.0139	642.3	30753	1	5.5	0.30185	OK



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 2123/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 : MISBATULLAH
Program Studi : TEKNIK Sipil
Npm : 1807210212 p
Semester : III (Tiga)
Judul Tugas Akhir : EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI .

Pembimbing 1 : Dr. ADE FAISAL ST.M.Sc
Pembimbing 11 : BAMBANG HADIBROTO ST. MT

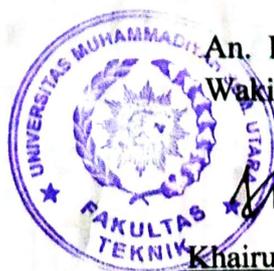
Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

M Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 15 Rabiul Akhir 1441 H
12 Desember 2019 M



An. Dekan
Wakil Dekan 3

Khairul Umurani
Khairul Umurani ST. MT

NIDN : 0114017101



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MISBATULLAH
NPM : 1807210212P
JUDUL : "EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaikan bagian di Bab 1	) Vlh 11/01/20.
		- perbaikan bagian pustaka	
		- perbaikan Bab 1	) Vlh 21/02/20
		- lanjut bab 2	
		- perbaikan pustaka ditambahkan	) Vlh 07/05/20.
		- perbaikan Bab 2	) Vlh 17/04/20.
		- lanjut Bab 3	
		- perbaikan alur langkah penelitian Bab 3	) Vlh 22/05/20.
		- kerat permodelan Ciner SRPM & CBF	) Vlh 03/06/20.
		- analisis respon spektral	
		- cek hasil Ciner	) Vlh 05/07/20

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MISBATULLAH
NPM : 1807210212P
JUDUL : "EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<i>aku udah selesai hasil!</i>	<i>ade faisal 07/10</i>

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MISBATULLAH
NPM : 1807210212P
JUDUL : "EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	15/3-2020	) Perbaiki kutipan dari bahasa asing di atas miring	
2	21/6-2020	) setiap kutipan dari buku, jurnal, artikel, sni dan peraturan pada Bab 2 dibuat dalam daftar pustaka	
3	2/8-2020	) Perbaiki judul. tabel di sebelah atas dan judul gambar di sebelah bawah.	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Bambang Hadibroto, ST, MT)

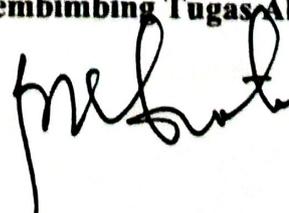
LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MISBATULLAH
NPM : 1807210212P
JUDUL : "EVALUASI KERUNTUHAN STRUKTUR SRPM BAJA
AKIBAT PENGARUH KEKUATAN PANEL ZONE DAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL BEBAN GRAVITASI"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	13 / - 2020 / 10	:> Perbaiki Gambar. Tabel ayar garis minor horizontal dan vertikal ditiadakan.	
5	04 / 4 - 2020	:> Ace untuk seminar Hasil	

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



(Bambang Hadibroto, ST, MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : MISBATULLAH
Panggilan : MISBAH
Tempat/Tanggal Lahir : Lhokseumawe, 04 Januari 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Kp.kramat J.Harapan no 5 Aceh, Lhokseumawe
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : SULAIMAN
Ibu : NURHAYATI
No. HP : 082277002628
E-mail : misbatullahpnl@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210212P
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	MIN KUTABLANG
2.	SMP	MTSN LHOKSEUMAWE
3.	SMA	SMA NEGERI 1 LHOKSEUMAWE
3.	D-III	POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018	