

TUGAS AKHIR

**DEFORMASI SRPM DENGAN BRESING AKIBAT
PEMODELAN NON LINIER PANEL ZONE DAN GEMPA
BERULANG
(*Studi Literatur*)**

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

Disusun Oleh:

TEUKU GILANG ALI FADHILLAH

1807210211P



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 : Teuku Gilang Ali Fadhillah
NPM : 1807210211P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Deformasi SRPM Dengan Bresing Akibat
Pemodelan Nonlinier Panel Zone dan
Gempa Berulang
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

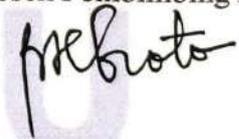
PANITIA UJIAN SKRIPSI

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 : Teuku Gilang Ali Fadhillah
NPM : 1807210211P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : DEFORMASI SRPM DENGAN BRESING AKIBAT
PEMODELAN NONLINIER PANEL ZONE DAN
GEMPA BERULANG
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, 12 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

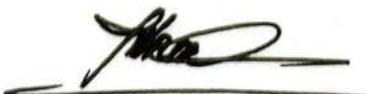

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

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 : Teuku Gilang Ali Fadhillah
Tempat / Tanggal Lahir : Lhokseumawe / 26 Maret 1997
NPM : 1807210211P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

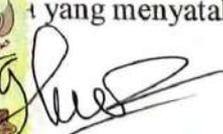
“Deformasi SRPM Dengan Bresing Akibat Pemodelan Nonlinier Panel Zone dan Gempa Berulang”.

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 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, 12 November 2020

yang menyatakan,

Teuku Gilang Ali Fadhillah



ABSTRAK

DEFORMASI SRPM DENGAN BRESING AKIBAT PEMODELAN NON LINIER PANELZONE DAN GEMPA BERULANG (STUDI LITERATUR)

Teuku Gilang Ali Fadhillah

1807210211P

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. Tidak jarang gempa datang secara berulang (gempa susulan) terkhusus wilayah Indonesia yang merupakan wilayah zona gempa. Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa terkhusus gempa yang datang secara berulang yang memberikan energi lebih besar dibandingkan dengan gempa tunggal. Dalam hal tersebut struktur baja sangat direkomendasikan karena struktur baja lebih elastis dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Pada tugas akhir ini direncanakan sebuah struktur dengan 3 lantai yang dimodelkan terhadap 4 jenis penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan DBE dan MCE untuk analisis linier dan analisis non linier. Juga dilakukan pemodelan struktur dengan 2 jenis pemodelan yaitu, pemodelan *centerline* dan *panelzone scissor*. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah keras (R6) terhadap gempa tunggal dan gempa berulang didapatkan nilai *interstory drift* dimana hasil penskalaan MCE lebih besar dibandingkan dengan nilai penskalaan DBE dan gempa berulang lebih dominan dibandingkan gempa tunggal dari tiap penskalaan. Hasil analisis juga didapatkan nilai simpangan inelastik dimana rasio penskalaan DBE untuk gempa tunggal pada pemodelan *centerline* adalah 1,434, pada pemodelan *panelzone scissor* 1,080 dan untuk gempa berulang pada pemodelan *centerline* adalah 1,858 dan pada *panelzone scissor* 1,14. Nilai rasio simpangan inelastik untuk penskalaan MCE untuk gempa tunggal pada pemodelan *centerline* adalah 2,101 dan pada *panelzone scissor* 1,154 dan untuk gempa berulang pada pemodelan *centerline* adalah 2,2847 dan *panelzone scissor* 1,415.

Kata kunci: Gempa bumi, gempa berulang, baja

ABSTRACT

DEFORMATION OF SRPM WITH BRESING DUE TO NON LINEAR PANEL ZONE MODELING AND REPEATED EARTHQUAKES (LITERATURE STUDY)

Teuku Gilang Ali Fadhillah

1807210211P

Dr.Ade Faisal, ST, M.Sc

Bambang Hadibroto, ST, MT

Earthquakes are a natural phenomenon caused by the release of elastic stretch energy of rocks in the lithosphere. It is not uncommon for earthquakes to come repeatedly (aftershocks), especially in Indonesia, which is an earthquake zone area. Therefore, a building structure is needed that is able to minimize the risk of damage due to earthquakes, especially earthquakes that come repeatedly which provide greater energy than a single earthquake. In this case, steel structures are highly recommended because steel structures are more elastic than reinforced concrete structures. In this final project, a 3-storey structure is planned to be modeled against 4 types of earthquake recording scaling, namely DBE and MCE scaling for linear analysis and non-linear analysis. Structural modeling was also carried out with 2 types of modeling, namely, centerline and panelzone scissor modeling. The DBE scaling value and recurrent earthquakes are more dominant than a single earthquake of each scale. The analysis results also obtained inelastic deviation values where the DBE scaling ratio for a single earthquake in the centerline modeling is 1.434, for panelzone scissor modeling is 1.080 and for repeated earthquakes in centerline modeling is 1.858 and for panelzone scissor 1.14. The inelastic deviation ratio value for the MCE scaling for a single earthquake in the centerline modeling is 2.101 and for the panelzone scissor 1.154 and for repeated earthquakes in the centerline modeling is 2.2847 and the panelzone scissor is 1.415.

Keywords: Earthquakes, repeated erthquakes, steel

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 “Deformasi SRPM Dengan Bressing Akibat Pemodelan Non Linier Panelzone dan Gempa Berulang” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak 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 Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembimbing 1
4. Ibu Hj Irma Dewi, S..T, M.Si. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembimbing 2
5. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Teuku Mohtar Mohd. Said, S.H. dan Ibunda tercinta Nurmalia, B.Sc 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, Rian Agustian, M. Rahmatullah Amin, Misbatullah, 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, 12 November 2020

Penulis

Teuku Gilang Ali Fadhillah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	7
2.2 Pengertian Gempa Secara Umum	7
2.3 Daktilitas Bangunan dan Faktor Reduksi Gempa	7
2.4 Analisa Statik Nonlinear (Pushover)	8
2.5 Perencanaan Struktur Tahan Gempa	8
2.6 Struktur Baja Tahan Gempa	9
2.7 Respon Spektrum	10
2.8 Jenis Tanah dan Perambatan Gelombang Gempa	10
2.9 Daktilitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal	11
2.10 Gempa Berulang	12
2.11 Ground Motion	12

2.12	Panel Zone	13
2.13	Sistem Rangka Pemikul Momen	14
2.14	Bresing	15
2.15	Material Baja	15
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Umum	16
3.2.	Pemodelan Struktur	17
3.2.1.	Data Perencanaan Struktur	17
3.2.2.	Dimensi Penampang Yang Digunakan	18
3.3.	Analisis Struktur	19
3.3.1.	Analisis Dinamik Struktur Linier	19
3.3.1.1.	Pembebanan	19
3.3.1.2.	Respon Spektrum Desain	19
3.3.1.3.	Kombinasi Pembebanan	20
3.3.2.	Analisis Dinamik Struktur Non Linier	21
3.3.2.1.	<i>Groundmotion Records</i>	21
3.3.2.2.	Analisis Respon Riwayat Waktu	23
3.3.2.3.	Momen Leleh (M_y)	26
3.3.2.4.	Kapasitas Rotasi (θ_p)	26
3.3.2.5.	Rotasi Leleh (θ_y)	27
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Hasil Model Linier dan Non Linier	28
4.2.	Hasil Analisa Linier	28
4.2.1.	Respon Spektrum Ragam	28
4.2.2.	Koreksi Gempa Dasar Nominal	29
4.2.3.	Faktor Koreksi Redudansi	29
4.2.4.	Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	29
4.2.5.	Nilai Simpangan Gedung	30
4.2.6.	Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	32
4.2.7.	Pengaruh Efek P-Delta	33
4.3.	Hasil Analisa Non Linier	33
4.3.1	<i>Interstory Drift</i>	33

4.3.2	Rasio Simpangan Inelastik	35
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	38
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis tanah berdasarkan SNI-1726-2002	11
Tabel 3.1	Komponen Struktural Bangunan	19
Tabel 3.2	Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012	21
Tabel 3.3	Data gempa berulang	22
Tabel 4.1	Nilai gaya geser dasar nominal Analisa ekivalen (V_1) dan nilai Gaya geser dasar nominal Analisa respon spektrum <i>output</i> program Analisa struktur V_t	29
Tabel 4.2	Nilai gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum sumbu X	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Macam-macam bresing dan dinding geser	3
Gambar 1.2	Gambar Sambungan Baja	3
Gambar 2.1	Komponen percepatan gerak tanah dari gempa El-Centro	13
Gambar 2.2	Ilustrasi Panel Zone	14
Gambar 2.3	Kurva tegangan-tegangan	15
Gambar 3.1	Bagan alir	16
Gambar 3.2	Denah struktur model	18
Gambar 3.3	Gambar proyeksi struktur model lantai 3	18
Gambar 3.4	Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Padan Pariaman dengan jenis tanah keras	20
Gambar 3.5	Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah Menjadi respon spektrum	23
Gambar 3.6	Rekaman gempa Mammoth Lakes California setelah diubah Menjadi respon spektrum	24
Gambar 3.7	Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Padang Pariaman)	24
Gambar 3.8	Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum (gambar atas) dan setelah diskalakan (gambar bawah), ini Ini merupakan gempa tunggal	25
Gambar 3.9	Rekaman gempa Mammoth Lakes-01 California dan Mammoth Lakes-03 California setelah digabungkan, ini merupakan gempa berulang	25
Gambar 4.1	Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bresing baja lantai 3 pemodelan <i>centerline</i> terhadap gempa tunggal dan berulang linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	30

Gambar 4.2 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>centerline</i> terhadap gempa tunggal dan berulang linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	31
Gambar 4.3 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>panel zone scissor</i> terhadap gempa tunggal dan berulang linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	31
Gambar 4.4 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>panel zone scissor</i> terhadap gempa tunggal dan berulang linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	32
Gambar 4.5 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>centerline</i> terhadap gempa tunggal dan berulang non linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	33
Gambar 4.6 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>centerline</i> terhadap gempa tunggal dan berulang non linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	34
Gambar 4.7 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>panelzone Scissor</i> terhadap gempa tunggal dan berulang non linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	34
Gambar 4.8 Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan <i>panelzone Scissor</i> terhadap gempa tunggal dan berulang non linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan <i>groundmotion</i>	35
Gambar 4.9 Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan DBE linier dan DBE non linier pemodelan <i>centerline</i> dan <i>panelzone scissor</i>	35
Gambar 4.10 Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan DBE linier dan DBE non linier pemodelan <i>centerline</i> dan <i>panelzone scissor</i>	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
SRPM	= Sistem Rangka Pemikul Momen
S_1	= Percepatan batuan dasar pada perioda pendek
S_s	= Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
MCE_R	= <i>Maximum Considered Eartquake Ratio</i>
F_a	= Faktor amplikasi getaran pada perioda pendek
F_v	= Faktor amplikasi getaran pada perioda 1 detik
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
T_e	= Waktu getar efektif
K_e	= Kekakuan lateral efektif
V_y	= Kuat leleh bangunan
ρ	= Faktor redudansi
PGA	= <i>Peak Ground Acceleration</i>
DBE	= <i>Desain Basis Earthquake</i>
MCE	= <i>Maximum Considered Earthquake</i>
DL	= <i>Dead load</i>
LL	= <i>Live load</i>
EX	= <i>Earthquake-X</i>
EY	= <i>Earthquake-Y</i>
CQC	= <i>Complete Quadratic Combination</i>
SRSS	= <i>Square Root of the Sum of Square</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang cukup rawan akan terjadinya gempa bumi, itu dikarenakan Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Indonesia memiliki beberapa sejarah tentang gempa, gempa terbesar yang pernah terjadi di Indonesia merupakan gempa di Aceh dengan kekuatan 9,1-9,3 SR yang disertai dengan Tsunami. Beban gempa adalah salah satu beban yang harus diperhitungkan jika kita mendesain suatu bangunan di daerah yang rawan gempa. Tidak seperti beban lainnya dimana besarnya tidak dipengaruhi oleh struktur bangunan yang terkena gempa, besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh struktur bangunannya. Ini terjadi karena beban gempa bekerja melalui lapisan tanah yang bergerak siklis baik dalam arah horizontal maupun arah vertikal. Gerakan siklis ini akan menyebabkan bagian bawah suatu bangunan untuk ikut bergerak mengikuti gerakan lapisan tanah dimana bangunan tersebut berdiri.

Dalam konstruksi modern, struktur baja digunakan hampir setiap jenis struktur termasuk bangunan industri berat, bangunan bertingkat tinggi, sistem pendukung peralatan, infrastruktur, jembatan, menara, dll. karena material baja mempunyai kekuatan serta tingkat daktilitas yang tinggi dibandingkan dengan material-material struktur lainnya seperti beton. Sifat daktilitas diperlukan agar struktur mampu mengalami deformasi atau perubahan bentuk secara daktil dengan cara memancarkan energy gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur, selain itu material baja mempunyai kekuatan Tarik dan kekuatan tekan yang sama besar, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai elemen struktur yang memikul beban gempa yang berarah bolak balik seperti gaya gempa (Ahmadi S & Octaviana, 2008).

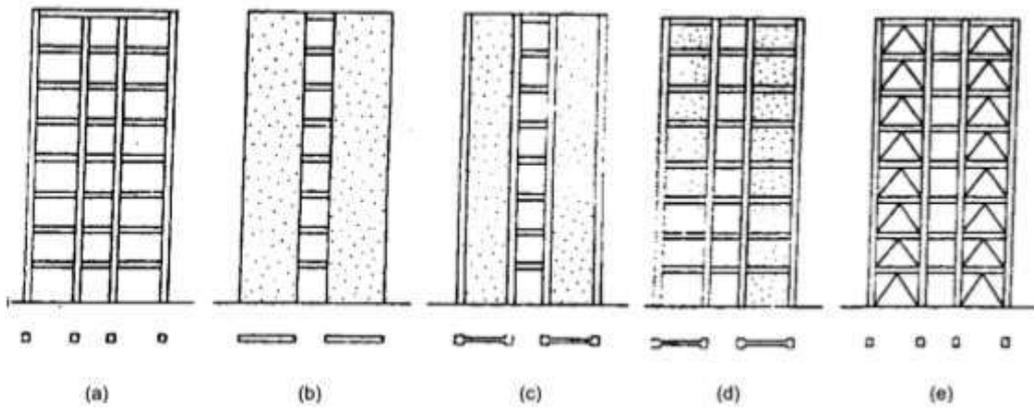
Kejadian sebuah gempa umumnya dikaitkan kepada gempa utama yang dimilikinya. Sedangkan pada proses perencanaan, bangunan hanya dirancang

untuk dapat menahan sebuah gempa tunggal yang berasal dari gempa utama terkuat yang pernah terjadi sebelumnya. Pada kenyataannya struktur bangunan, yang telah rusak sebagian (tetapi bangunan tetap berdiri dan bisa dihuni) akibat sebuah gempa utama, dapat mengalami guncangan gempa susulan yang lebih kecil kekuatannya dari pada gempa utama, atau mengalami guncangan gempa utama lain di kemudian hari (gempa berulang). (Tondi Amirsyah Putra, dkk, 2018).

Studi-studi yang terkait dengan gempa berulang menunjukkan bahwa struktur bangunan dapat mengalami kerusakan yang lebih parah bila mengalami gempa berulang akibat akumulasi kerusakan (Elnashai dkk., 1998; Amadio dkk., 2003) hal serupa juga diutarakan oleh Hatzigeorgiou and Liolios (2010). dimana berbagai jenis bangunan bertingkat yang dimodelkan mengalami gempa berulang akan mengalami kerusakan yang lebih banyak dibandingkan bila mengalami gempa tunggal.

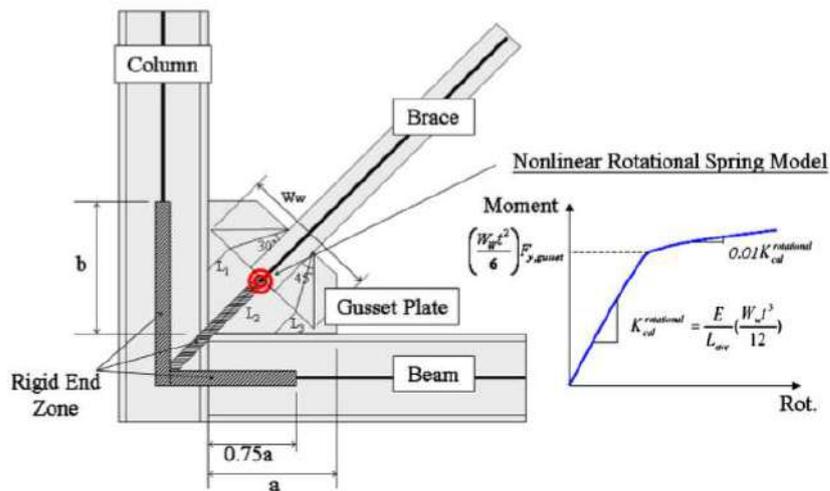
Berdasarkan tinjauan desain struktural, apabila suatu gedung semakin tinggi, respon struktur terhadap beban lateral (baik akibat beban gempa maupun beban angin) menjadi semakin penting. Diantara berbagai cara untuk memperoleh kestabilan, aksi rangka adalah kurang efisien dalam memberikan kestabilan lateral seperti pada gedung-gedung bertingkat menengah. Untuk struktur yang lebih tinggi lagi cara ini sudah tidak efisien, yang ditunjukkan dengan tidak terlalu banyaknya material rangka yang digunakan. (Arie Taveriyanto, 2011)

Saat ini beberapa macam bresing ataupun dinding geser maupun komposit dari keduanya yang ditawarkan untuk mengantisipasi adanya gempa. Rangka bresing konsentrik (CBF) adalah satu diantara sistem struktural yang paling efisien pada konstruksi baja untuk perpindahan gaya lateral menjadi angin dan gempa karena menghasilkan aksi truss komplit. Bagaimanapun juga, sistem pemasangan struktur ini tidak benar-benar dipertimbangkan daktilitasnya oleh kode gedung dan desain praktis. (Arie Taveriyanto, 2011)



Gambar 1.1: Macam bresing dan dinding geser.

Menurut Hsiao dkk (2012), Sambungan memainkan peran penting dalam desain dan kinerja struktur baja. jenis sambungan balok kekolom yang menahan momen antara lain: sambungan ujung-pelat yang diperpanjang dengan paha, sambungan pelat ujung dan sendi tulang anjing yang kaku dan tidak kaku. Sambungan balok ke kolom dengan paha yang sering digunakan oleh insinyur struktural dalam desain seismik momen baja yang menolak pemakain frame. Pada gambar 1.2 dapat dilihat gambar sambungan baja.



Gambar 1.2: Gambar sambungan baja.

1.2 Rumusan Masalah

- 1 Apakah pengaruh gempa berulang akan memberikan pengaruh simpangan antar tingkat pada Sistem Rangka Pemikul Momen baja yang berbeda?
- 2 Apakah pengaruh gempa berulang akan memberikan pengaruh simpangan atap pada Sistem Rangka Pemikul Momen baja yang berbeda?

1.3 Tujuan Penulisan

- 1 Untuk mengetahui simpangan antar tingkat pada Sistem Rangka Pemikul Momen akibat gempa berulang
- 2 Untuk mengetahui simpangan atap pada Sistem Rangka Pemikul Momen akibat gempa berulang

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 Dengan Bressing (SCBF) 2 Dimensi pada 3 lantai 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 numerikal, untuk menskalakan groundmotion.
 - Aplikasi analisa riwayat waktu nonlinier, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Nonlinear) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.
4. Parameter yang ditinjau:
 - Linear adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2012
 - Nonlinear :
 - Simpangan antar tingkat
 - Simpangan atap

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada pemodelan struktur baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen bila mengalami gempa berulang.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagaiberikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan baja, analisa struktur baja sistem rangka pemikul momen (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 dengan menggunakan Program Analisa Struktur dan program analisis riwayat waktu.

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 Pengertian Gempa Secara Umum

Gempa bumi adalah peristiwa yang terjadi ketika batuan di bawah tanah tiba-tiba pecah di sepanjang patahan. Pelepasan energi yang tiba-tiba ini menyebabkan gelombang seismik yang membuat tanah bergetar. Saat dua balok batu atau dua lempengan bergesekan, akan menyebabkan bebatuan ataupun lempengan itu saling menempel. Batuan itu masih saling mendorong, tapi tidak bergerak. Setelah beberapa saat, bebatuan akan pecah karena semua tekanan yang terbentuk. Saat bebatuan pecah, saat itulah gempa terjadi. Selama gempa bumi dan sesudahnya, lempengan atau balok batu mulai bergerak, dan terus bergerak hingga tersangkut lagi. Titik di bawah tanah tempat batu pecah disebut fokus gempa. Tempat tepat di atas fokus gempa (di atas tanah) disebut episentrum gempa.

2.3 Daktilitas Bangunan dan Faktor Reduksi Gempa

Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa diatas 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. Daktilitas didefinisikan sebagai perbandingan deformasi maksimum yang terjadi dengan deformasi pada saat terjadi leleh pertama.

Daktail penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung, di mana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca-elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3. Daktail parsial adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas di antara untuk struktur gedung yang elastik penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktail penuh sebesar 5,3.

2.4 Analisa Statik Nonlinear (Pushover)

Analisa statik nonlinier pushover (ATC-40, 1997) merupakan salah satu komponen performance base design yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Dasar dari analisis pushover sebenarnya sangat sederhana yaitu memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap pada suatu struktur sampai struktur tersebut mencapai target displacement tertentu atau mencapai pola keruntuhan tertentu. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui nilai-nilai gaya geser dasar untuk perpindahan lantai atap tertentu. Nilai-nilai yang didapat tersebut kemudian dipetakan menjadi suatu kurva kapasitas dari struktur. Selain itu, analisis pushover juga dapat memperlihatkan secara visual perilaku struktur pada saat kondisi elastis, plastis, dan sampai terjadinya keruntuhan pada elemen-elemen strukturnya.

2.5 Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Sesuai dengan SNI 1726 :2012, perencanaan tahan gempa bertujuan agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

2.6 Struktur Baja Tahan Gempa

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.

Ada beberapa hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu struktur tahan gempa yaitu dalam menghadapi gempa besar, kinerja struktur tahan gempa diupayakan dapat menyerap energi gempa secara efektif melalui terbentuknya sendi plastis pada bagian tertentu, dengan kriteria sebagai berikut :

1. Kekuatan, kekakuan, daktilitas, disipasi energi yang dapat dipenuhi oleh struktur baja.
2. Disipasi energi melalui plastifikasi komponen struktur tertentu, tanpa menyebabkan keruntuhan struktural yang terpenuhi dengan konsep perencanaan Capacity Design (desain kapasitas).

Pada struktur baja sistem rangka pemikul momen terbagi atas 3 tipe, yaitu :

1. Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)
2. Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)
3. Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

Perbedaan dari ketiga sistem struktur diatas ada pada kemampuannya dalam mengalami deformasi inelastis dan tingkat daktilitas. Menurut SNI 03-1729-2002 pada SRPMK dan SRPMM dari hasil pengujian kualifikasi menunjukkan rotasi inelastis sekurang-kurangnya 0,3 dan 0,2 radian pada semua sambungan balok ke kolom yang di desain untuk memikul beban gempa, sedangkan pada SRPMB diharapkan mengalami rotasi inelastis sekurangkurangnya 0,1 radian. Selain faktor deformasi inelastis dari ketiga sistem rangka pemikul momen ini juga dapat dibedakan dari perilaku kinerja struktur gedung dalam mengalami daktilitas yang berbeda-beda. Pada SRPMK tingkat daktilitasnya adalah daktail penuh, sedangkan pada SRPMM dan SPRMB tingkat daktilitasnya adalah daktail parsial.

2.7 Respon Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu.

Menurut SNI 03-1726-2002, respon spektrum ditentukan berdasarkan parameter berikut:

- 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.

2.8 Jenis Tanah dan Perambatan Gelombang Gempa

Menurut SNI-1726-2002, pengaruh gempa rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar menurut Tabel 5. Akselerogram gempa masukan yang ditinjau dalam analisis ini, harus diambil dari rekaman gerakan tanah akibat gempa yang didapat di suatu lokasi yang mirip kondisi geologi, topografi dan seismotektoniknya dengan lokasi tempat struktur gedung yang ditinjau berada. Untuk mengurangi ketidak-pastian mengenai kondisi lokasi ini, paling sedikit harus ditinjau 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda.

Batuan dasar adalah lapisan batuan di bawah muka tanah yang memiliki nilai hasil Test Penetrasi Standar N paling rendah 60 dan tidak ada lapisan batuan lain di bawahnya yang memiliki nilai hasil Test Penetrasi Standar yang kurang dari itu, atau yang memiliki kecepatan rambat gelombang geser v_s yang mencapai 750 m/detik dan tidak ada lapisan batuan lain di bawahnya yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser yang kurang dari itu.

Jenis tanah ditetapkan sebagai Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Jenis-jenis tanah berdasarkan SNI-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		

Yang dimaksud dengan jenis Tanah Khusus dalam Tabel 2.1 adalah jenis tanah yang tidak memenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel tersebut. Di samping itu, yang termasuk dalam jenis Tanah Khusus adalah juga tanah yang memiliki potensi likuifaksi yang tinggi, lempung sangat peka, pasir yang tersementasi rendah yang rapuh, tanah gambut, tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dengan ketebalan lebih dari 3 m, lempung sangat lunak dengan PI lebih dari 75 dan ketebalan lebih dari 10 m, lapisan lempung dengan $25 \text{ kPa} < S_u < 50 \text{ kPa}$ dan ketebalan lebih dari 30 m. Untuk jenis Tanah Khusus percepatan puncak muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa.

2.9 Daktilitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal

Menurut SNI-1726-2002, faktor daktilitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama δ_y .

Apabila V_e adalah pembebanan maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung elastik penuh dalam kondisi di ambang

keruntuhan dan V_y adalah pembebanan yang menyebabkan pelelehan pertama di dalam struktur gedung, maka dengan asumsi bahwa struktur gedung daktail dan struktur gedung elastik penuh akibat pengaruh Gempa Rencana menunjukkan simpangan maksimum δ_m yang sama dalam kondisi di ambang keruntuhan.

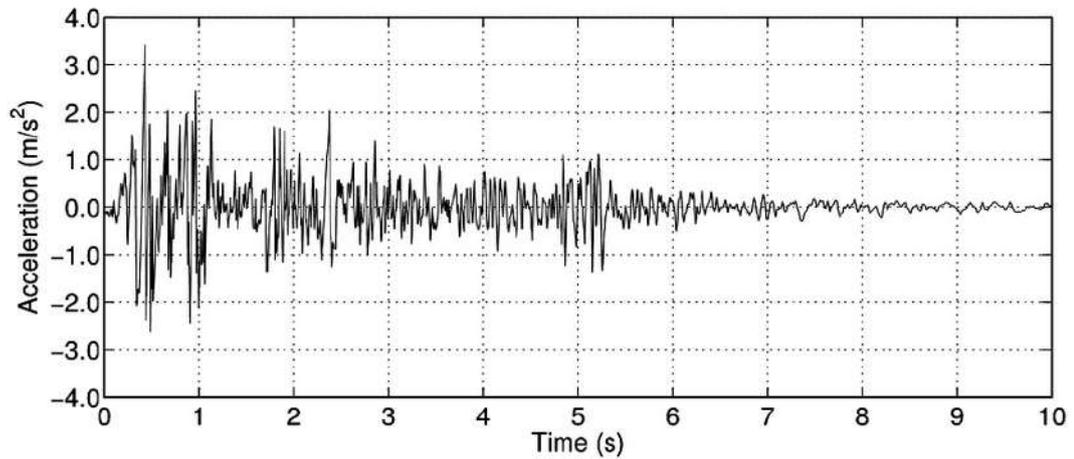
2.10 Gempa Berulang

Studi-studi tentang gempa berulang menunjukkan bahwa struktur bangunan dapat mengalami kerusakan yang lebih parah bila mengalami gempa berulang akibat akumulasi kerusakan (Elnashai dkk., 1998; Amadio dkk., 2003; Zhai dkk., 2015). Hal yang sama juga dijelaskan oleh Hatzigeorgiou and Liolios (2010) dan Faisal dkk. (2012) dimana berbagai jenis bangunan bertingkat yang dimodelkan mengalami gempa berulang akan mengalami kerusakan yang lebih bayak dibanding bila mengalami gempa tunggal.

2.11 Ground Motion

Ground motion atau guncangan tanah yaitu pergerakan tanah yang diakibatkan gempa bumi yang terjadi karena adanya gelombang gempa yang memancarkan energi yang telah disimpan di batuan yang tertekan, dan dilepaskan saat terjadi patahan dan batuan tergelincir untuk menghilangkan tegangan yang terpendam. Kuatnya guncangan tanah diukur dari kecepatan gerak tanah, percepatan gerak tanah, kandungan frekuensi guncangan, dan berapa lama guncangan tersebut berlangsung durasi. Saat menilai potensi bahaya guncangan di lokasi tertentu, seberapa sering gerakan kuat diperkirakan akan terjadi kembali, ada faktor penting lain yang harus dipertimbangkan.

Berdasarkan pola *pulsenya*, gempa dibagi menjadi 3, yaitu *near field* (gempa dekat, yaitu gempa dengan *pulse*), *far field* (gempa jauh, yaitu gempa tanpa *pulse/no-pulse*), dan gempa berulang.

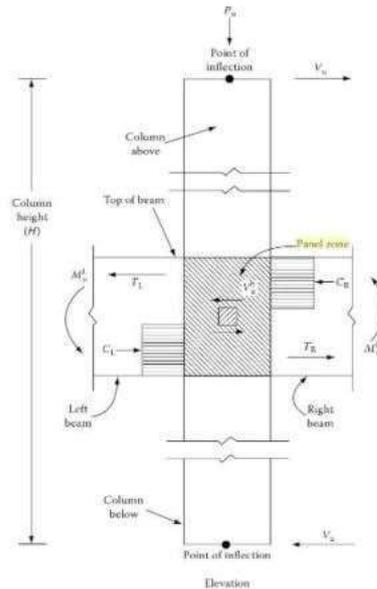


Gambar 2.1: Komponen percepatan gerak tanah dari gempa El-Centro.

2.12 Panel Zone

Panel zone adalah sambungan balok dan kolom dalam rangka pemikul momen yang memiliki peranan penting dalam struktur tahan gempa. Dalam perancangan rangka pemikul momen, *panel zone* seringkali dianggap kaku (*rigid*) dan tidak diperhitungkan, akan tetapi deformasi dapat terjadi pada *panel zone*. Panel Zones digunakan untuk mempertimbangkan gaya geser yang terjadi pada sambungan balok-kolom.

Pelat pengaku panel zone diperlukan untuk mengontrol hasil dan deformasi zona panel. Pelat pengaku yang disediakan untuk meningkatkan kekuatan desain zona panel atau untuk mengurangi rasio ketebalan kedalaman web harus ditempatkan di sebelah badan kolom dan dilas melintasi lebar pelat di sepanjang bagian atas dan bawah dengan setidaknya pengelasan fillet minimum. Pelat pengaku harus diikat ke sayap kolom baik menggunakan baut atau sambungan las sudut untuk mengembangkan kekuatan geser rancangan pelat pengaku.



Gambar 2.2: Ilustrasi Panel Zone.

2.13 Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut SNI 03-1729 tahun 2002, untuk bangunan yang melebihi satu tingkat, bahan baja yang digunakan pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), 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 memenuhi persyaratan berikut ini:

- a) Perbandingan tegangan leleh terhadap tegangan putus tariknya adalah kurang dari 0,85,
- b) Hubungan tegangan-regangan harus memperlihatkan daerah *plateau* yang cukup panjang,
- c) Pengujian uniaksial tarik pada spesimen baja memperlihatkan perpanjangan maksimum tidak kurang daripada 20% untuk daerah pengukuran sepanjang 50 mm,
- d) Mempunyai sifat relatif mudah dilas.

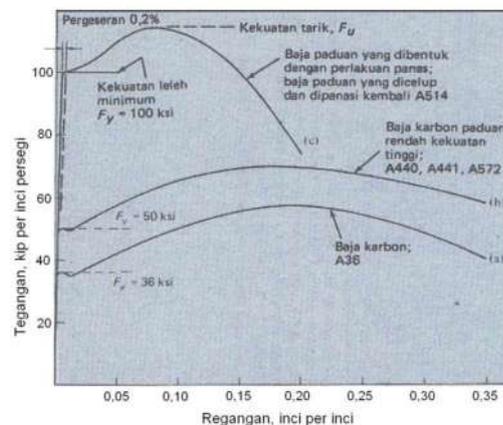
2.14 Bresing

Struktur rangka bresing merupakan sistem struktur yang didesain untuk menahan beban lateral berupa gempa. Elemen bresing berperilaku sebagai rangka batang yang hanya menerima gaya tarik atau tekan.

Dengan penambahan bresing maka tingkat daktilitas struktur dapat berubah menjadi lebih baik jika dibandingkan tanpa adanya bresing. Penggunaan bresing sebagai perkuatan struktur perlu diatur sedemikian rupa sehingga dapat efektif dan tidak mengganggu dari segi arsitektural.

2.15 Material Baja

Menurut Thamrin Nasution, 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 dilapangan seperti antikorosi, tahan panas, dan tahan temperatur tinggi.



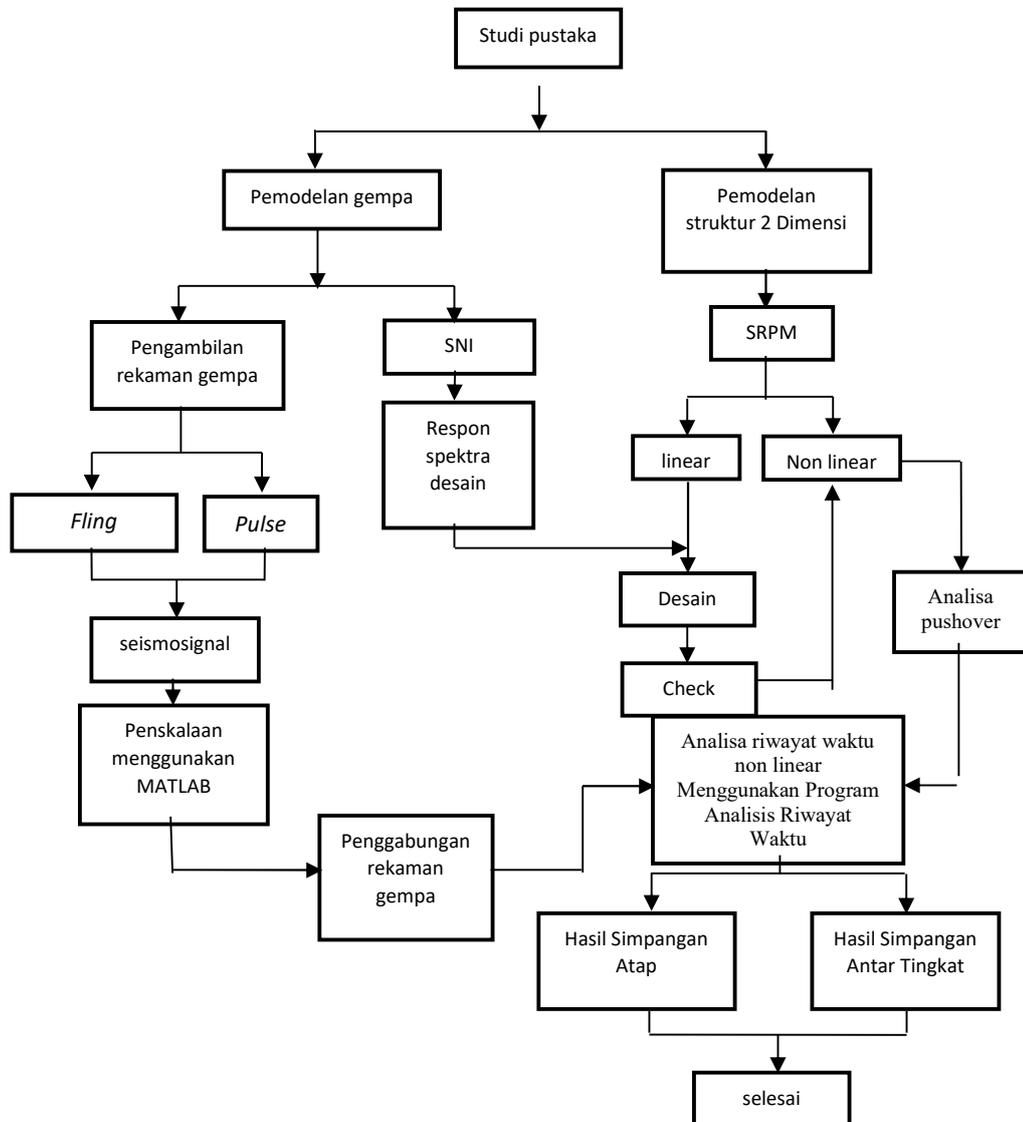
Gambar 2.3: Kurva tegangan-tegangan. (Struktur Baja, Disain dan Perilaku, Charles G. Salmon).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 1 model dengan sistem rangka pemikul momen dengan bressing pada bagian luar dan sistem rangka pemikul gravitasi pada bagian dalam. Model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan aplikasi Analisa riwayat waktu, untuk mendapatkan nilai simpangan antar tingkat (*interstory drift*) dan simpangan atap (*top displacement*) ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal dan gempa berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan dengan dengan gempa di hasilkan.

3.2 Pemodelan Struktur

3.2.1 Data Perencanaan Struktur

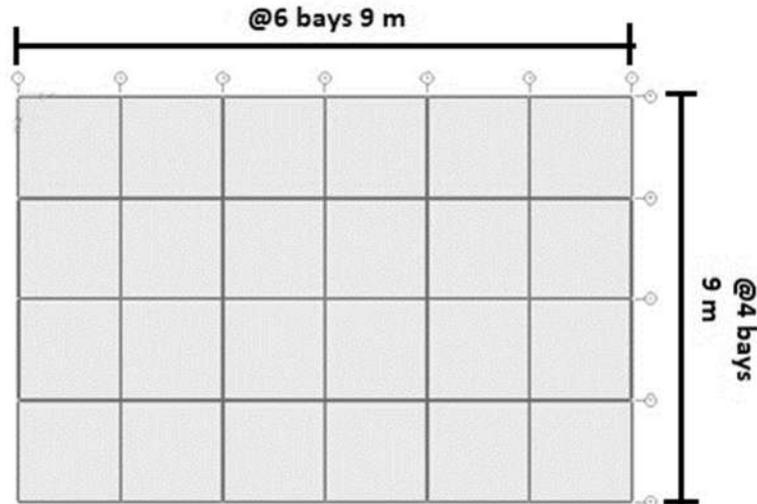
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

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

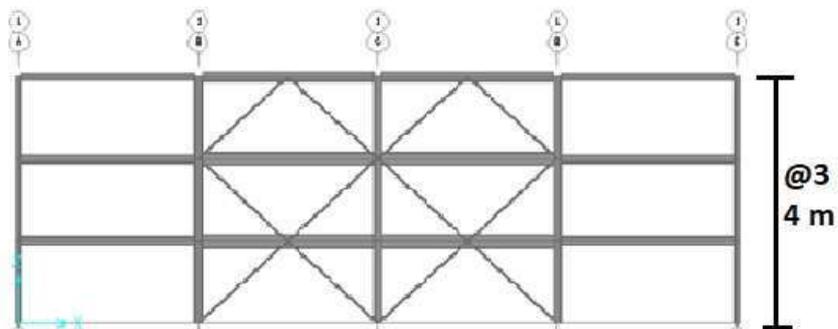
3.2.2 Data Perencanaan Struktur

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

dengan bressing (SCBF) pada bagian luar dan Sitem Rangka Pemikul Gravitasi pada bagian dalam (3 Lantai).



Gambar 3.2: Denah struktur Model lantai 3



Gambar 3.3: Gambar proyeksi struktur Model lantai 3

3.2.3. Dimensi Penampang Yang Digunakan

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

Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan.

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior	Kolom Exterior	Balok	Bressing
Lantai 3	1	W 14 X 90	W 14 X 90	W 24 X 104	HSS 6X6X5/8
	2	W 14 X 90	W 14 X 90	W 21 X 93	HSS 6X6X1/2
	3	W 14 X 90	W 14 X 90	W 21 X 93	HSS 5X5X1/2

3.3. Analisis Struktur

3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier

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

3.3.1.1. Pembebanan

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

- Beban gravitasi lantai = 98.4 psf atau 4.711 kN unruk lantai
- Beban gravitasi atap = 94.5 psf atau 4.524 kN untuk atap

3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa 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 respon spektrum linier sebagai berikut:

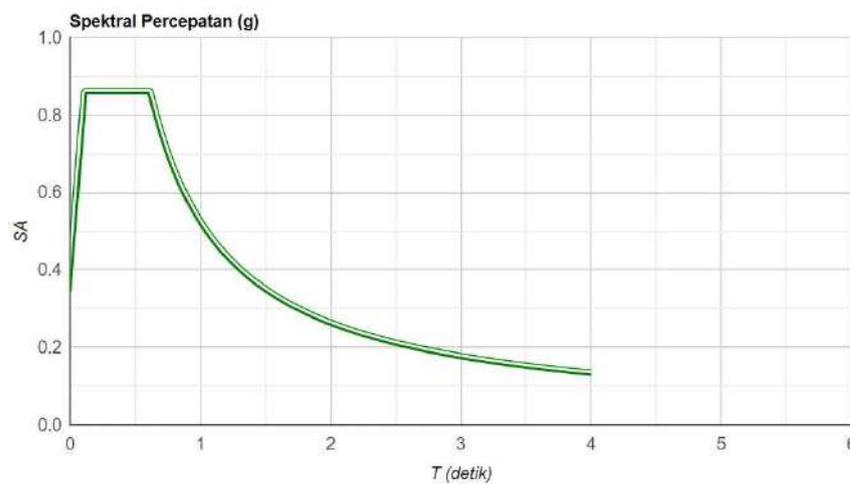
$$PGA = 0.481 g$$

$$S_s = 1.116 g \text{ dan } S_l = 0.449 g. \text{ Adapun nilai-nilai tersebut yaitu:}$$

- Nilai F_a = 1
- Nilai F_v = 1.351
- S_{MS} = 1.116
- S_{MI} = 0.449

- S_{DS} = 1.116
- S_{DI} = 0.606
- T_0 = 0.109
- T_s = 0.544
- Nilai S_a = 0.6

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.

3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa, maka didapatkan untuk Faktor $R=8$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 1$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 untuk faktor $R=6$.

Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
Kombinasi 1	1,4	0	0	0
Kombinasi 2	1.2	1.6	0	0
Kombinasi 3	1.248	1	0.39	0
Kombinasi 4	1.151	1	-0.39	0
Kombinasi 5	1.361	1	1.3	0
Kombinasi 6	1.038	1	-1.3	0
Kombinasi 7	0.85	0	0.39	0
Kombinasi 8	0.948	0	-0.39	0
Kombinasi 9	0.738	0	1.3	0
Kombinasi 10	1.0618	0	-1.3	0
Kombinasi Maximum <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

3.3.2 Analisis Dinamik Struktur Non Linier

3.3.2.1. *Groundmotion Records* (Data Rekaman Gempa)

Data rekaman gempa diperoleh dari *website* resmi *Pacific Earthquake Engineering Research* (PEER) *Next Generation Attenuation* (NGA), COSMOS *Strongmotion Data Center*.

Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Station*, *Date*, dan *Magnitude* agar terdapat korelasi antara data gempa yang diambil dari *website* tersebut dengan data gempa dari bangunan yang direncanakan.

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

Tabel 3.3: data gempa berulang.

Nama <i>Groundmotion</i>	Stasiun	Magnitude
Northridge-01, Northridge-06	Cedar Hill	6.7, 5.3
Northwestchina-02, Northwestchina-01	Jiashi	6.1, 5.8
Northwestchina-02, Northwestchina-03	Jiashi	6.1, 5.9
Northwestchina-02, Northwestchina-04	Jiashi	6.1, 5.9
Coalinga-05, Coalinga-07	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.8, 5.2
Coalinga-05, Coalinga-06	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.8, 5.8
Coalinga-05, Coalinga-09	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.8, 5.3
Coalinga-08, Coalinga-09	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.2, 5.3
Umbria Marche, Umbria Marche-01	Nocera Umbra	5.7, 6
Umbria Marche, Umbria Marche (aftershock)	Nocera Umbra	5.7, 5.6
Umbria Marche-01, Umbria Marche (aftershock)	Nocera Umbra	6, 5.6
Livermore-01, Livermore-02	APEEL 3E Hayward CSUH	5.8, 5.42
Mammoth Lakes-01, Mammoth Lakes- 03	Convict Creek	6.06, 5.91
Mammoth Lakes-01, Mammoth Lakes- 04	Convict Creek	6.06, 5.7
Mammoth Lakes-01, Mammoth Lakes- 05	Convict Creek	6.06, 5.7
Mammoth Lakes-01, Mammoth Lakes- 06	Convict Creek	6.06, 5.94
Mammoth Lakes-04, Mammoth Lakes- 05	Convict Creek	5.7, 5.7
Mammoth Lakes-01, Mammoth Lakes- 02	Convict Creek	6.06, 5.69
Coalinga-08, Coalinga-07	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.2, 5.2
Kalamata Greece-01, Kalamata Greece- 02	Kalamata	6.2, 5.4

Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X, sementara gempa horizontal arah Y tidak digunakan karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 2 dimensi (2D) pada sumbu X dan gempa vertikal arah Z karena dalam analisis karena data relatif sangat kecil (atau dianggap sama dengan 0).

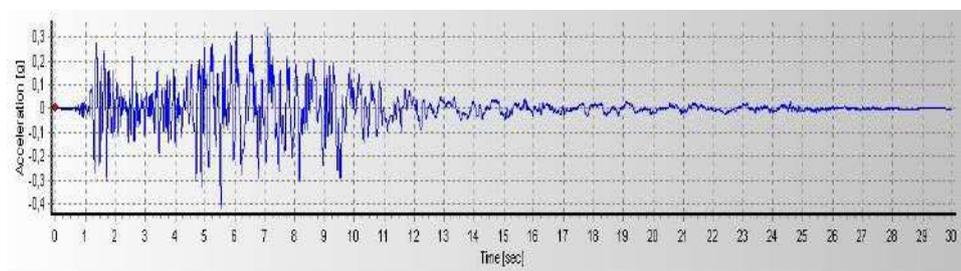
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Padang Pariaman (tanah keras). Selain itu, rentang perioda alami (T) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail.

Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai *input* pada aplikasi . untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

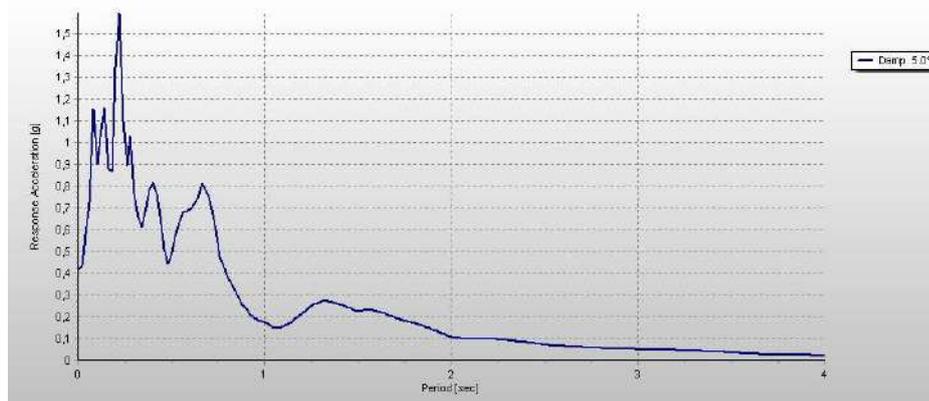
3.3.2.2. Analisis Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012. 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. Alat bantu *software* yang digunakan adalah aplikasi analisa riwayat waktu versi 04. Sebelum dianalisis dengan aplikasi analisa riwayat waktu terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

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

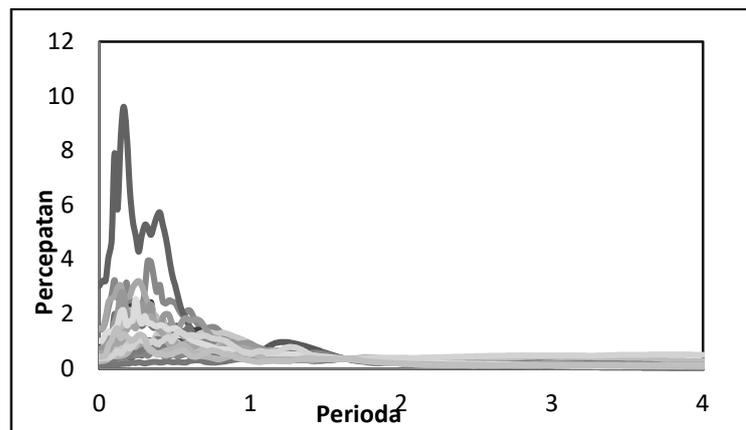


Gambar 3.5: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum diubah menjadi respon spektrum



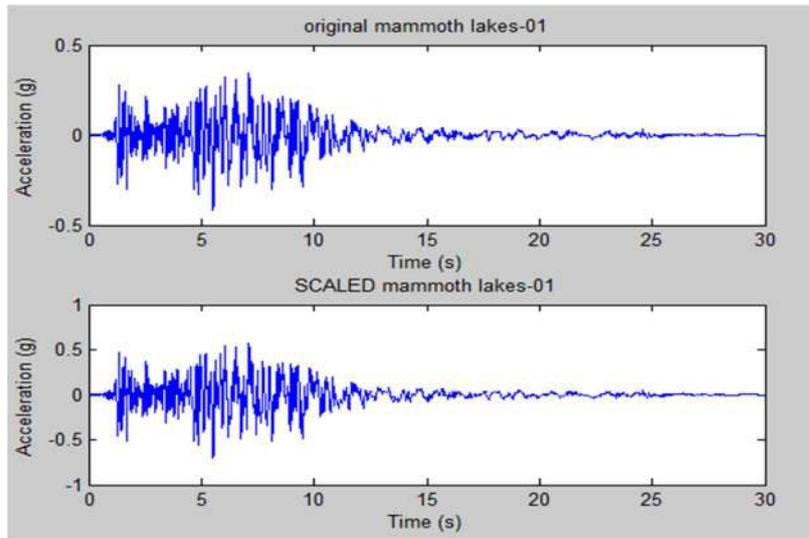
Gambar 3.6: Rekaman gempa Mammoth Lakes California setelah diubah menjadi respon spektrum

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

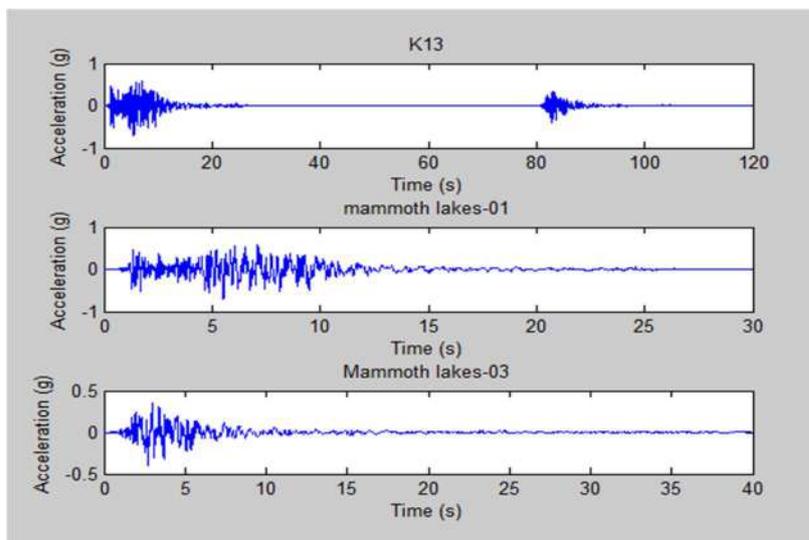


Gambar 3.7: Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Padang Pariaman).

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



Gambar 3.8: Rekaman gempa Mammoth Lakes California sebelum (gambar atas) dan setelah diskalakan (gambar bawah), ini merupakan gempa tunggal.



Gambar 3.9: Rekaman gempa Mammoth Lakes-01 California dan Mammoth Lakes-03 California setelah digabungkan, ini merupakan gempa berulang.

Data- data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan aplikasi komputasi numerikal akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan aplikasi analisa riwayat waktu.

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

I : Momen inersia penampang

E : Modulus elastisitas penampang

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

3.3.2.3 Momen leleh (M_y)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai *input* analisis nonlinear pada program aplikasi analisa riwayat waktu adalah momen maksimum pada analisis linier respon riwayat waktu menggunakan Program Analisa Struktur. Nilai tersebut sebelumnya diambil dari Program Analisa Struktur dan disesuaikan dengan sistem bangunan yang direncanakan. Pengambilan momen leleh diambil setelah menyesuaikan kurva kapasitas pada analisa beban dorong (*push over*), Dimana untuk melihat perilaku dari struktur yang direncanakan.

3.3.2.4. Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)
Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dalam tugas akhir ini nilai θ_p yang digunakan adalah kapasitas rendah yaitu 0,04.
- Rotasi pasca-puncak (θ_{pc})
Pada pemodelan nonlinear ini memilih $\theta_{pc} = 0,06$ berdasarkan rata-rata Zareian dan studi Krawinkler (2009), sedangkan $M_c/M_y = 1,13$ berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

3.3.2.5. Rotasi Leleh (θ_y)

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

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier Dan Non Linier

Pada bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linier dan non linier oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan model dengan sistem rangka pemikul momen dengan bresing. 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 3 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 3	Gempa X	271.13	489.042

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

$$\text{Syarat} \quad : 0,85 \frac{V_1}{V_t} \leq 1$$

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A5.

4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi

Berdasarkan sub Bab 2.5.11, nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A6.

4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

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

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

Berdasarkan Tabel 4.1 nilai V_t sb. x diperoleh :

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

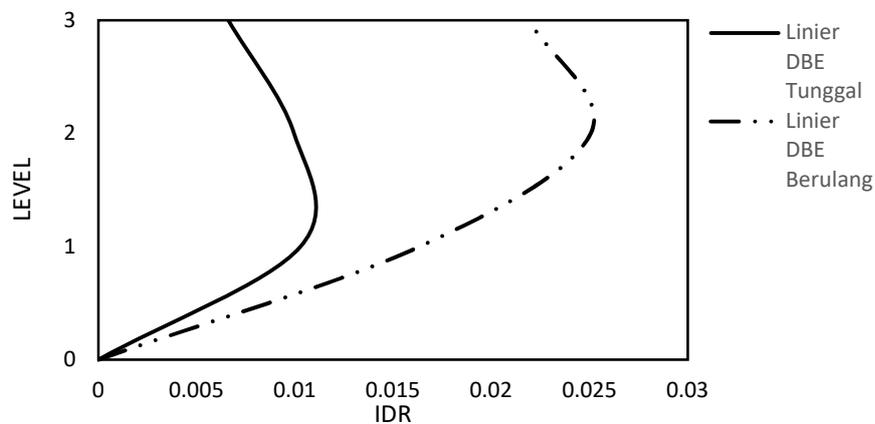
Struktur	Arah Gempa	$V_t (kN)$	$0.85 C_s \cdot W$	Cek
Lantai 3	Gempa X	489.042	356.721	Oke

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

4.2.5. Nilai Simpangan Gedung

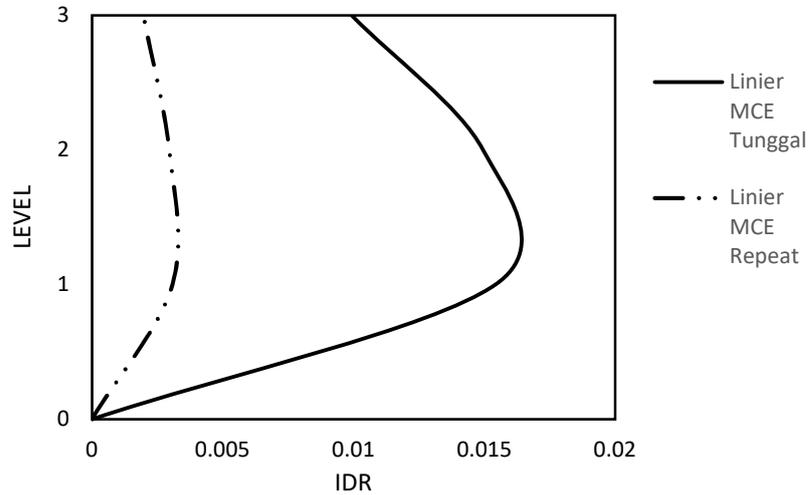
Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan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

Berdasarkan analisa menggunakan aplikasi Ruaumoko 2D didapatkan nilai simpangan antar lantai dan *rasio inelastic* berdasarkan dari *groundmotion* yang diskalakan berdasarkan respon spektrum wilayah Indonesia. Pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.4 menunjukkan beberapa grafik *interstory drift* dengan perbedaan skala respon gempa yang diberikan. Pada grafik *interstory drift* diambil nilai rata-rata tiap *groundmotion*.



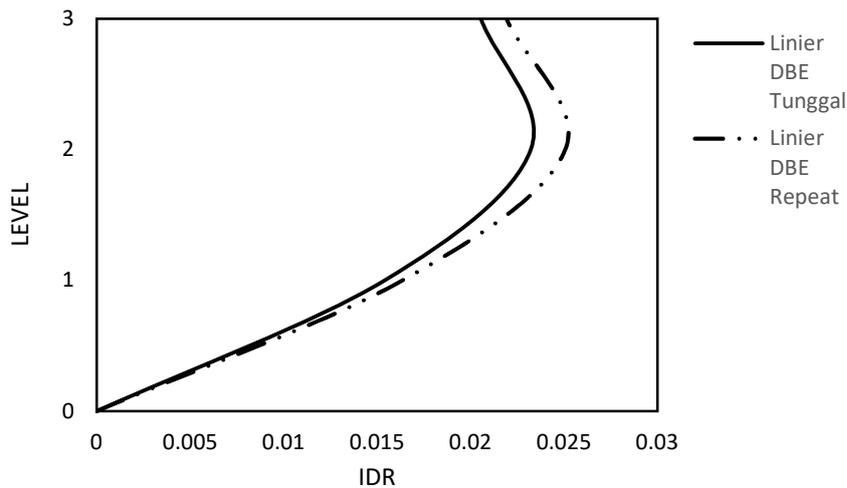
Gambar 4.1: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *centerline* terhadap gempa tunggal dan berulang linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan linier DBE dengan gempa berulang pemodelan centerline nilai *interstory drift* lebih besar dan dominan dibandingkan dengan penskalaan linier DBE dengan gempa tunggal.



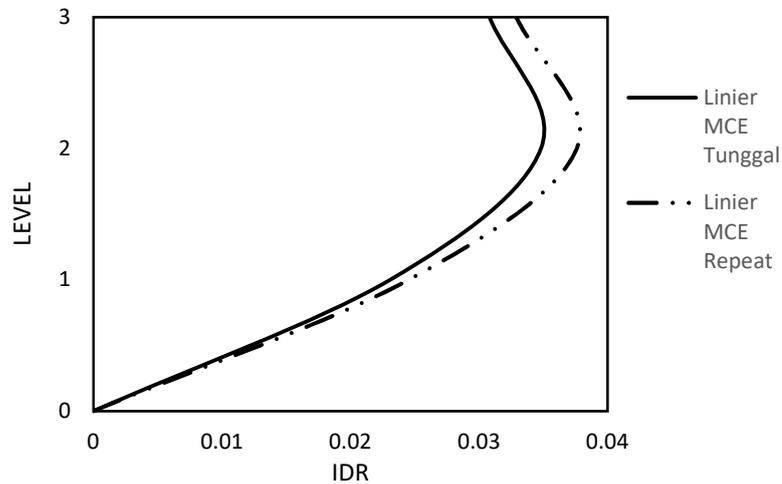
Gambar 4.2: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *centerline* terhadap gempa tunggal dan berulang linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan linier MCE dengan gempa tunggal pemodelan centerline nilai *interstory drift* lebih besar dan dominan dibandingkan dengan penskalaan linier MCE dengan gempa berulang.



Gambar 4.3: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *panel zone scissor* terhadap gempa tunggal dan berulang linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan linier DBE dengan gempa berulang pemodelan *panelzone scissor* nilai *interstory drift* lebih besar dan dominan dibandingkan dengan penskalaan linier DBE dengan gempa tunggal.



Gambar 4.4: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *panel zone scissor* terhadap gempa tunggal dan berulang linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan linier MCE dengan gempa berulang pemodelan *panel zone scissor* nilai *interstory drift* lebih besar dan dominan dibandingkan dengan penskalaan linier dan nonlinier MCE dengan gempa tunggal.

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 diatas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan tidak mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A8.

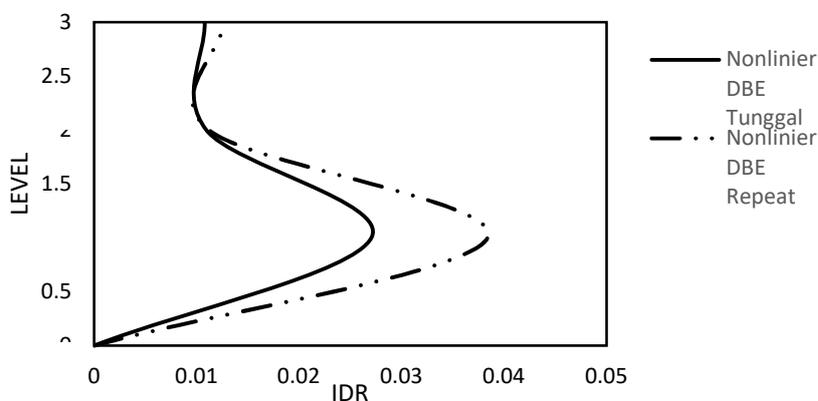
4.2.7. Pengaruh Efek P-Delta

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

4.3. Hasil Analisa Non Linier

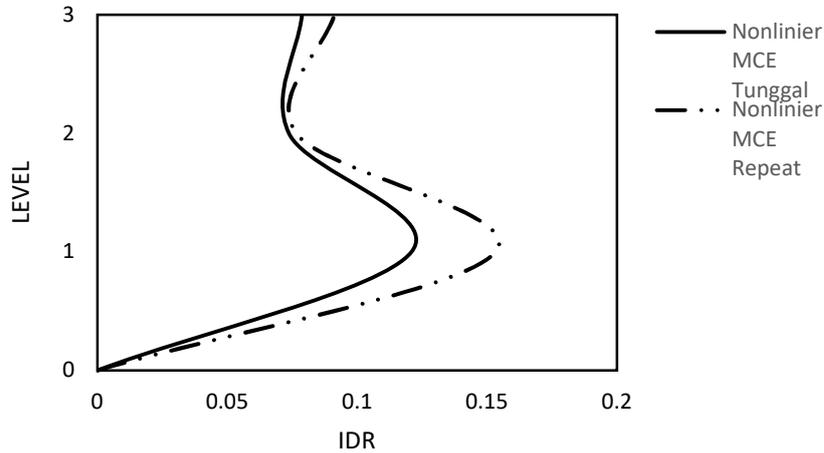
Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur baja yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, dan penskalaan rekaman gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur baja yaitu gempa tunggal dan gempa berulang 2 kali yang dibedakan menjadi 2 jenis penskalaan yaitu DBE dan MCE. Setiap model struktur akan diambil data *interstory drift* dan *top displacement* setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada gambar 4.5 sampai 4.8 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *interstory drift* dengan perbedaan jenis penskalaan rekaman gempa. Pada grafik *interstory drift* yang ditampilkan merupakan hasil rata-rata dari beberapa *groundmotion*.

4.3.1 Interstory Drift



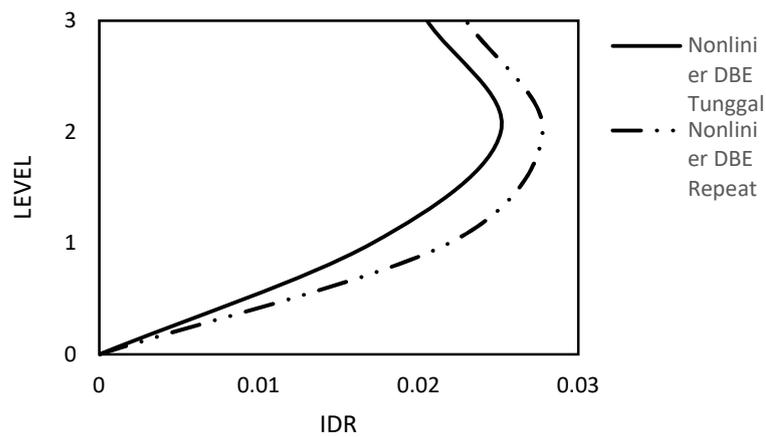
Gambar 4.5: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *centerline* terhadap gempa tunggal dan berulang non linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE nilai *interstory drift* akibat dari gempa berulang lebih besar dan dominan dibandingkan dengan nilai penskalaan DBE akibat gempa tunggal.



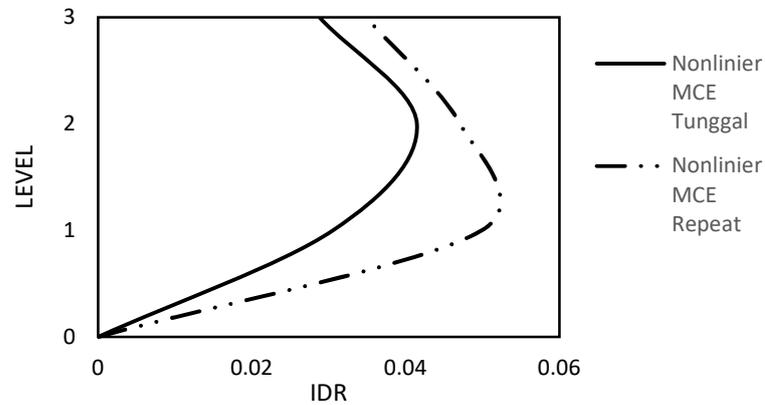
Gambar 4.6: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *centerline* terhadap gempa tunggal dan berulang non linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE nilai *interstory drift* akibat dari gempa berulang lebih besar pada lantai rendah dan pada lantai tinggi, nilai penskalaan MCE akibat gempa berulang lebih dominan



Gambar 4.7: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *panelzone scissor* terhadap gempa tunggal dan berulang non linier DBE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

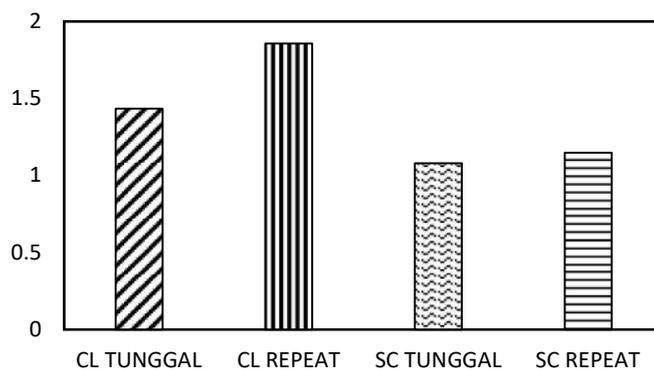
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE nilai *interstory drift* akibat dari gempa berulang lebih besar pada lantai rendah dan pada lantai tinggi, nilai penskalaan DBE akibat gempa berulang lebih dominan



Gambar 4.8: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM dengan bressing baja lantai 3 pemodelan *panelzone scissor* terhadap gempa tunggal dan berulang non linier MCE dengan perbedaan nilai penskalaan *groundmotion*.

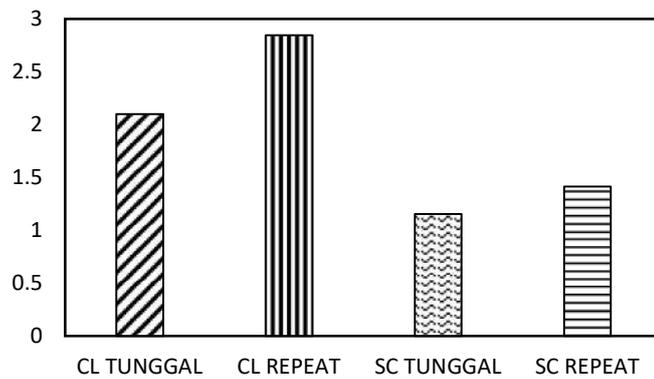
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE nilai *interstory drift* akibat dari gempa berulang lebih besar pada lantai rendah dan pada lantai tinggi, nilai penskalaan MCE akibat gempa berulang lebih dominan

4.3.2 Rasio Simpangan Inelastik



Gambar 4.9: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan DBE linier dan DBE non linier pemodelan *centerline* dan *panelzone scissor*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan diagram batang hasil analisis simpangan inelastic bahwa rasio simpangan akibat dari gempa tunggal dan berulang penskalaan DBE pemodelan *centerline* lebih besar dibandingkan dengan gempa tunggal dan berulang penskalaan DBE pemodelan *panelzone scissor*.



Gambar 4.10: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan MCE linier dan MCE non linier pemodelan *centerline* dan *panelzone scissor*.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan diagram batang hasil analisis simpangan inelastic bahwa rasio simpangan akibat dari gempa tunggal dan berulang penskalaan MCE pemodelan *centerline* lebih besar dibandingkan dengan gempa tunggal dan berulang penskalaan MCE pemodelan *panelzone scissor*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear pemodelan *centerline*, dan *panel zone scissor* yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap sistem rangka pemikul momen dengan bresing terhadap getaran gempa tunggal dan berulang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa tunggal dan gempa berulang berdasarkan penskalaan DBE linier, MCE linier, DBE non linier dan MCE non linier didapati bahwa nilai simpangan antar tingkat terbesar pada penskalaan rekaman gempa DBE linier dan MCE linier berada pada lantai rendah untuk pemodelan *centerline* dan lantai tinggi untuk pemodelan *panel zone scissor*. Sedangkan pada penskalaan DBE non linier dan MCE non linier nilai simpangan antar tingkat terbesar berapa pada lantai rendah untuk pemodelan *centerline* dan lantai tinggi untuk pemodelan *panel zone scissor*.
2. Pada hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa tunggal dan gempa berulang berdasarkan penskalaan DBE linier, MCE linier, DBE non linier dan MCE non linier didapati bahwa nilai *top displacement* diplot menjadi diagram analisis simpangan inelastic dimana pada diagram tersebut menunjukkan bahwa rasio dari penskalaan rekaman gempa berdasarkan DBE gempa tunggal lebih kecil dibandingkan dengan rasio gempa berulang dan untuk penskalaan rekaman gempa berdasarkan MCE untuk gempa tunggal juga lebih kecil dibandingkan dengan gempa berulang. Rasio dari pemodelan *centerline* didapat lebih besar dari pemodelan *panel zone scissor* yang didapatkan dari nilai rata-rata simpangan atap yang dimodelkan terhadap 20 rekaman gempa tunggal dan 20 rekaman gempa berulang.

5.2. Saran

1. Dalam Tugas Akhir ini, dimensi balok kolom dan bresing 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, jika terdapat hasil yang kurang sesuai pada analisa linier dan non linier diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
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

- Amadio, C., Fragiaco, M., and Rajgelj, S. (2003). The effects of repeated earthquake ground motions on the non linear response of SDOF systems. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 32(2), 291-308.
- ATC 40, 1997, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, Redwood City, California, USA.
- 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
- Elnashai, A. S., Bommer, J. J., Martinez-Pereira, A. (1998). Engineering implications of strong-motion records from recent earthquakes. Paper presented at the 11th European Conference on Earthquake Engineering.
- Hatzigeorgiou, G. D., and Liolios, A. A. (2010). Nonlinear behaviour of RC frames under repeated strong ground motions. *Soil dynamics and earthquake engineering*, 30(10), 1010-1025.
- Hsiao, Po-Chien., Dawn E. Lehman & Charles W. Roeder. (2012). Improved analytical model for special concentrically braced frames. *Journal of constructional 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.
- Putera, Tondi. A., Efrida, Rizki., Pasaribu, Hardianti. M. (2018). Deformasi struktur bangunan rumah toko di medan akibat gempa berulang, 10(1), 14-15.
- Salmon, Charles G. 1997. Struktur baja : disain dan perilaku, jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- SNI 03-1726:2002

SNI 03-1729:2002

SNI 03-1726:2012

Taveriyanto, Arie. (2011). *Bresing yang baik untuk struktur gedung tahan gempa*,
Semarang: Universitas Negeri Semarang

LAMPIRAN

A.1. Perhitungan Pembebanan Struktur

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

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

A.2. Syarat Periode Struktur

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

Data struktur:

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

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

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

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

A.3. Modal Participating Mass Ratios

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

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

Tabel L.7: Hasil selisih persentase nilai perioda

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

A.4. Berat Sendiri Struktur

A.4.1. Berat Sendiri Struktur Model 1

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

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

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

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

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

➤ Model 1

❖ Untuk faktor R=6, Data struktur:

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

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1.116}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0.1395 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= \frac{0,5 \cdot S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5 \cdot 0.449}{\left(\frac{6,0}{1}\right)} = 0.0280 \end{aligned}$$

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

Tabel L.5: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=6).

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

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

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah

$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0.1608 \times 3041.31$$

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

✓ Penentuan nilai k

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

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

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

Tabel L.6: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 ($R=6$).

Lantai	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (h_x)	$W_x \cdot h_x^k$	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k)} \times V$	<i>Story Shear</i> (F_x)
3	586.668	18,5	13312.70	103.78	103.78
2	675.634	15	12249.80	95.49	199.27
1	675.634	11,5	9218.45	71.86	271.14
TOTAL			34780.15	271.13	

Berdasarkan Tabel L.6, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1 adalah 271.13 KN.

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

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

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

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

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung Model 1

Tabel L.8: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=6.

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

Berdasarkan Tabel L.8: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

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

A.8.1. Ketidak beraturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 1

Tabel L.9: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

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

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

A.9.1. Pengaruh Efek P-Delta Model 1

Tabel L.10: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=5).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	V _u	P _u	I _e	C _d	STABILITY RATIO	CEK < 1
3	12	0.0247	1459.40	33803.8	1	5.5	0.26	OK
2	8	0.0191	1461.06	35686.8	1	5.5	0.21	OK
1	4	0.0113	1461.64	37750.5	1	5.5	0.13	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 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

Khairul Umurani
Khairul Umurani ST.MT
NIDN : 0114017101

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TEUKU GILANG ALI FADHILLAH
NPM : 1807210211P
JUDUL : "DEFORMASI SRPM DENGAN BRESSING AKIBAT PEMODELAN NON LINIER PANEL ZONE DAN GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- Cek fuprem & kiaslylep	Mh 02/02
		- Angkutan ke Bab 2	
		- perbaikan Bab 2, tambahkan studi pustaka	Mh 12/03
		- perbaikan Bab 2	
		- Angkutan ke Bab 3	Mh 15/04
		- Mengecek penelitian perbaikan diagram salub!	Mh 25/05
		- Buat pemodelan linear SRPM	Mh 09/06
		- Buat pemodelan linear CBF	Mh 11/07
		- Perbaikan model linear CBF	Mh 20/07

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TEUKU GILANG ALI FADHILLAH
NPM : 1807210211P
JUDUL : "DEFORMASI SRPM DENGAN BRESSING AKIBAT
PEMODELAN NON LINIER PANEL ZONE DAN
GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<i>all utk seminar akhir!</i>	<i>ade faisal 04/20</i>
		<i>ade faisal</i>	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TEUKU GILANG ALI FADHILLAH
NPM : 1807210211P
JUDUL : "DEFORMASI SRPM DENGAN BRESSING AKIBAT
PEMODELAN NON LINIER PANEL ZONE DAN
GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	10/2-20	↳ Perbaiki kutipan dari bahasa asing. Diatah miring.	<i>fnl</i>
2	25/2-20	↳ Ubah kutipan dari buku, jurnal, artikel, skripsi dan paragraf pada bab 2 dibuat dalam Daftar Pustaka	<i>fnl</i>
3	15/3-20	↳ Perbaiki judul. Tabel disepelakan dan judul gambar disepelakan bawah	<i>fnl</i>

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Bambang Hadibroto, ST, MT)



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp. (061)-6622400

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TEUKU GILANG ALI FADHILLAH
NPM : 1807210211P
JUDUL : "DEFORMASI SRPM DENGAN BRESSING AKIBAT
PEMODELAN NON LINIER PANEL ZONE DAN
GEMPA BERULANG"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	25/10-20	berbaisi gambar tabel agar jenis minor horisontal dan vertikal tidak dahan.	
5	04/11-2020	Acc untuk seminar hasil	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Bambang Hadibroto, ST, MT)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : TEUKU GILANG ALI FADHILLAH
Panggilan : GILANG
Tempat/Tanggal Lahir : Lhokseumawe, 26 Maret 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Cut Nyak Dhien No. 394 Komplek Bukit
Panggoi, Kec. Muara Dua, Lhokseumawe
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Teuku Mohtar Mohd. Said, S.H.
Ibu : Nurmalia, B.Sc.
No. HP : 081264802446
E-mail : teukugilang@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210211P
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 LHOKSEUMAWE
2.	SMP	SMPS SUKMA BANGSA LHOKSEUMAWE
3.	SMA	SMAS SUKMA BANGSA LHOKSEUMAWE
4.	D-III TEKNIK SIPIL	POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE
4.	Melanjutkan Pendidikan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2018	

