

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DEFORMASI STRUKTUR SRPM
BAJA YANG MENGALAMI GETARAN GEMPA
MENGANDUNG *PULSE* DAN *FLING*
(*LITERATUR*)**

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

Disusun oleh:

EGA RISWANDA LUBIS

1607210228



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

la 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> Email : fatek@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ega Riswanda Lubis
NPM : 1607210228
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Deformasi Struktur SRPM Baja Yang Mengalami Getaran Gempa Mengandung *Pulse* Dan *Fling* (Literatur)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 17 November 2020

Dosen Pembimbing

ade faisal

Dr. Ade Faisal, ST., M.Sc, Phd

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ega Riswanda Lubis
NPM : 1607210228
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Perbandingan Deformasi Struktur SRPM Baja
Yang Mengalami Getaran Gempa Mengandung
Pulse Dan Fling, (*Literatur*)
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 17 November 2020

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)

Dosen Pembanding II



(Bambang Hadibroto, S.T, M.T)

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ega Riswanda Lubis
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 20 Agustus 1998
NPM : 1607210228
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Perbandingan Deformasi Struktur SRPM Baja Yang Mengalami Getaran Genpa Mengandung *Pulse* Dan *Fling*, (*Literatur*)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya 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 keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan,November 2020.....

Saya yang menyatakan,



Ega Riswanda Lubis

(Ega Riswanda Lubis)

ABSTRAK

PERBANDINGAN DEFORMASI STRUKTUR SRPM BAJA YANG MENGALAMI GETARAN GEMPA MENGANDUNG *PULSE* DAN *FLING* (*LITERATUR*)

Ega Riswanda Lubis

1607210228

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

Gempa bumi merupakan bencana alam yang disebabkan pergerakan lempeng bumi untuk melepaskan energi. Semakin besar energy yang dikeluarkan semakin besar pula gempa yang terjadi. Pada gempa yang terjadi tidak jarang mengakibatkan perpindahan pada permukaan bumi. Dari efek tersebut maka dapat diklasifikasikan gempa menjadi gempa *pulse* dan gempa *fling*. Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa *pulse* dan gempa *fling*. 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 4 lantai yang dimodelkan terhadap 4 jenis penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan DBE linear, MCE linear, DBE non linear dan MCE non linear. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah lunak terhadap gempa *pulse*, gempa *fling* serta gempa biasa (*regular*) didapatkan nilai interstory drift dimana hasil penskalaan DBE lebih kecil dibandingkan dengan nilai penskalaan MCE. Hasil analisis juga didapatkan nilai simpangan inelastik dimana rasio penskalaan DBE untuk gempa *fling* adalah 3,0951, untuk gempa *pulse* adalah 2,6868 dan untuk gempa *regular* adalah 2.9585. Nilai rasio simpangan inelastik untuk penskalaan MCE untuk gempa *fling* adalah 2.9065, untuk gempa *pulse* adalah 2.2112 dan untuk gempa *regular* adalah 2.4116.

Kata kunci: Gempa bumi, Baja, Gempa *pulse*, *fling* dan *regular*.

ABSTRACT

COMPARISON OF SRPM STEEL STRUCTURE DEFORMATION THAT EXPERIENCE AN EARTHQUAKE VIBRATION CONTAINS PULSE AND FLING (LITERATURE)

Ega Riswanda Lubis
1607210228
Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc, PhD

Earthquakes are natural disasters caused by the movement of the earth's plates to release energy. The greater the energy released, the greater the earthquake that occurs. In earthquakes that occur often result in displacement of the earth's surface. From this effect, it can be classified as a pulse earthquake and a fling earthquake. Therefore a building structure is needed that is able to minimize the risk of damage due to pulse and fling earthquakes. In this case, steel structures are highly recommended because steel structures are more elastic than reinforced concrete structures. In this final project, a 4-story structure is designed to be modeled against 4 types of earthquake recording scaling, namely linear DBE, linear MCE, non-linear DBE and non-linear MCE. From the analysis results obtained from the results of modeling steel structures with soft ground conditions against pulsed earthquakes, fling earthquakes and regular earthquakes, the interstory drift value is obtained where the DBE scaling result is smaller than the MCE scaling value. The results of the analysis also showed that the inelastic deviation value where the DBE scaling ratio for fling earthquakes is 3.0951, for pulsed earthquakes is 2.6868 and for regular earthquakes is 2.9585. The inelastic deviation ratio value for the MCE scaling for fling earthquakes is 2.9065, for pulse earthquakes it is 2.2112 and for regular earthquakes is 2.4116.

Keywords: earthquake, steel, pulse, fling dan regular earthquake

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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 “Perbandingan Deformasi Struktur SRPM Baja Yang Mengalami Getaran Gempa Mengandung *Pulse Dan Fling*” (*Literatur*). 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 mengucapkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc, PhD., selaku dosen pembimbing dan sekaligus Wakil Dekan I Jurusan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji, sekaligus Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Bambang Hadibroto, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
7. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama melakukan kegiatan belajar.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terima kasih kepada kedua orang tua tercinta yaitu ayahanda Sofian Lubis dan Ibunda Fitriani Devi Delvira yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Terimakasih kepada Saudari Dhea amanda yang telah membantu penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
11. Terima kasih kepada Saudara Afiful Anshari, S.T., selaku mentor penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
12. Terima kasih kepada Ridho Al Fandi, Fahmi, M. Dewangga Ramadhan, Wahyu Satria, Muammar Siddiq, Dicky Hendrawan dan semua rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil, Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara Stambuk 2016 yang telah memotivasi dan memberi dukungan kepada penulis.

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.

Wasalamu 'alaikum Wr.Wb.

Medan,

Ega Riswanda Lubis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Ruang Lingkup	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1. Umum	8
2.2. Pengertian Gempa	8
2.2.1. <i>Ground motion</i> Getaran Gempa	9
2.2.2. Gempa Dekat	9
2.2.3. Gempa <i>Pulse</i>	10
2.3. Respon Spektrum Desain	11
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen	12
2.5. Karakteristik Bangunan Tahan Gempa	13
2.5.1. Ketahanan Korosi	17
2.6. Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa	18
2.7. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012	18
2.7.1. Parameter Percepatan Gempa	18

2.7.2. Simpangan Lantai (<i>Drift</i>) Akibat Gempa	10
2.7.3. Perioda Alami Struktur	20
2.7.4. Analisa Riwayat Waktu	21
2.8. Pembebanan	21
2.9. Program Ruaumoko	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Umum	24
3.2. Pemodelan Struktur	25
3.2.1. Data Perencanaan Struktur	25
3.2.2. Dimensi Kolom Balok	27
3.3. Anaalisa Struktur	27
3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linear	27
3.3.1.1. Pembebanan	27
3.3.1.2. Respon Spektrum Desain	28
3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan	29
3.3.2. Analisis Dinamik Struktur Non Linear	30
3.3.2.1. <i>Groundmotion Records</i>	30
3.3.2.2. Analisis Respon Riwayat Waktu	35
3.3.2.3. Momen Leleh (M_y)	38
3.3.2.4. Kapasitas Rotasi (θ_p)	38
3.3.2.5. Rotasi Leleh (θ_y)	38
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Model Linear Dan Non Linear	39
4.2. Hasil Analisa Linear	39
4.2.1. <i>Respon spektrum</i> Ragam	39
4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal	40
4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi	40
4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	41
4.2.5. Nilai Simpangan Gedung	41
4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	43
4.2.7. Pengaruh Efek P-Delta	43

4.3. Hasil Analisa Non Linear	44
4.3.1. Hasil Analisa Non Linear <i>Interstory Drift</i>	44
4.3.2. Hasil Analisa Simpangan <i>Inelastic</i>	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Komponen Struktural Bangunan	27
Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 1$.	30
Tabel 3.3: Data gempa <i>fling</i> .	
Tabel 3.4: Data gempa dengan <i>pulse</i> .	32
Tabel 3.3: Data gempa reguler (gempa biasa).	33
Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum <i>output</i> Program Analisa Struktur V_t .	40
Tabel 4.2: Nilai V_1 sumbu x .	42
Tabel 4.3: Nilai perbandingan <i>top displacement</i> untuk masing- masing gempa	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1: Peta zonasi gempa Indonesia	2
Gambar 1.2: Ciri khas riwayat waktu kecepatan dan perpindahan dari gerakan tanah (a) gempa jauh (tanpa pulse), (b) gempa dekat (mengandung pulse tanpa fling), and (c) gempa dekat (mengandung pulse dan fling)	2
Gambar 1.3: Perbandingan respon dari (a) 4-lantai, (b) 6-lantai, and (c) 13-lantai bangunan yang diberi gempa biasa dan di beri fling	3
Gambar 2.1: Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield(1997)	10
Gambar 2.2: Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield(1997)	10
Gambar 2.3: Histeresis di sendi plastis yang stabil	12
Gambar 2.4: Perilaku struktur akibat pembebanan horisontal berulang, (a). Perilaku struktur yang buruk, (b). Perilaku struktur yang baik	16
Gambar 2.5: Diagram tegangan (f_c) – regangan (ϵ) baja tertarik : (a) Diagram f_c - ϵ baja sebenarnya.(b) Diagram f_c - ϵ baja yang diidealisasikan	17
Gambar 2.6 Kurva <i>Pushover</i> yang disederhanakan menjadi kurva bilinear	20
Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.	24
Gambar 3.2: Denah struktur Model	26
Gambar 3.3: Gambar proyeksi struktur Model lantai 4	26
Gambar 3.4: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Banda Aceh dengan jenis tanah lunak.	29
Gambar 3.5: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sebelum penskalaan	35

Gambar 3.6: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan DBE linier	35
Gambar 3.7: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan MCE linear.	36
Gambar 3.8: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan DBE non linier linier.	36
Gambar 3.9: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan MCE non linier linier.	36
Gambar 3.10: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) setelah diubah menjadi respon spektrum	37
Gambar 3.11: Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Bandar Banda Aceh).	37
Gambar 4.1: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM baja lantai dengan penskalaan DBE linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).	42
Gambar 4.2: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM baja lantai dengan penskalaan MCE linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).	42
Gambar 4.3: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM baja lantai dengan penskalaan DBE non linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).	44
Gambar 4.4: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM baja lantai dengan penskalaan MCE non linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).	45
Gambar 4.5: Nilai rata-rata <i>interstory drift</i> untuk struktur SRPM baja lantai dengan penskalaan DBE linear, MCE linear, DBE non linear dan MCE non linear terhadap gempa : a) <i>fling</i> dan b) <i>pulse</i>	46
Gambar 4.5 : Lanjutan	47

Gambar 4.6: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan DBE linier dan DBE non linier. 48

Gambar 4.10: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan MCE linier dan MCE non linier. 49

DAFTAR NOTASI

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 = *Earthquake-X*

EY = *Earthquake-Y*

CQC = *Complete Quadratic Combination*

SRSS = *Square Root of the Sum of Squa*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

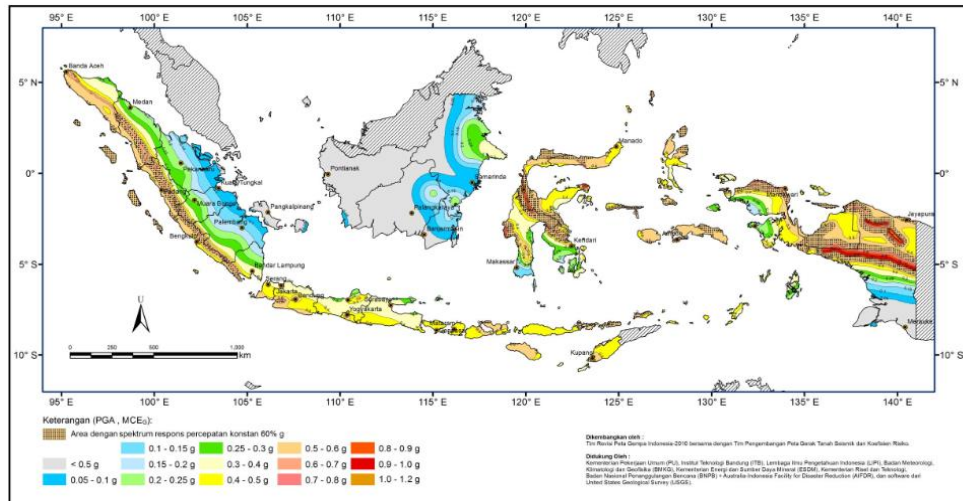
Indonesia merupakan negara dengan potensi gempa yang cukup besar. Peristiwa gempa dapat menyebabkan semua yang ada di atas bumi termasuk infrastruktur bergerak ke segala arah. Pergerakan ini akan menyebabkan kerusakan bagi struktur dan membahayakan manusia yang berada di dalamnya.

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Gempa bumi merupakan bencana alam yang disebabkan terjadinya pelapasan energi yang ada di dalam perut bumi. Semakin besar energi yang di keluarkan semakin besar pula gempa yang terjadi. Gempa bumi juga didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi di daerah tertentu dan menyebar luas dari daerah tersebut. Getaran pada bumi terjadi akibat adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*), baik yang bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Gempa bumi merupakan bergetarnya suatu permukaan tanah yang ada di dalam perut bumi karena pelepasan energi secara tiba-tiba yang akibat dari pergeseran pada kerak bumi (Pawirodikromo, 2012).

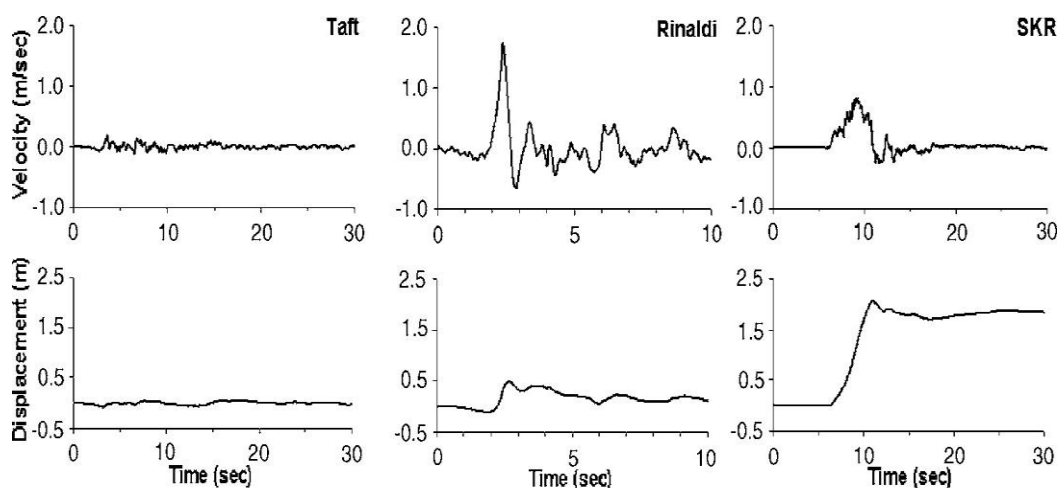
Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah rawan bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan letak geografis yang menempati zona tektonik sangat aktif. Indonesia terletak pada batas pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng mikro Filipina. Zonasi gempa yang terdapat di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.1.

Penggunaan material baja untuk konstruksi bangunan bisa mengurangi risiko bangunan roboh saat diguncang gempa bumi dikarenakan tingkat fleksibilitasnya yang cukup tinggi dibandingkan material beton. Struktur baja sendiri banyak digunakan sebagai struktur penahan gaya gempa pada gedung-gedung bertingkat di wilayah yang rawan terhadap gempa.



Gambar 1.1: Peta zonasi gempa Indonesia.

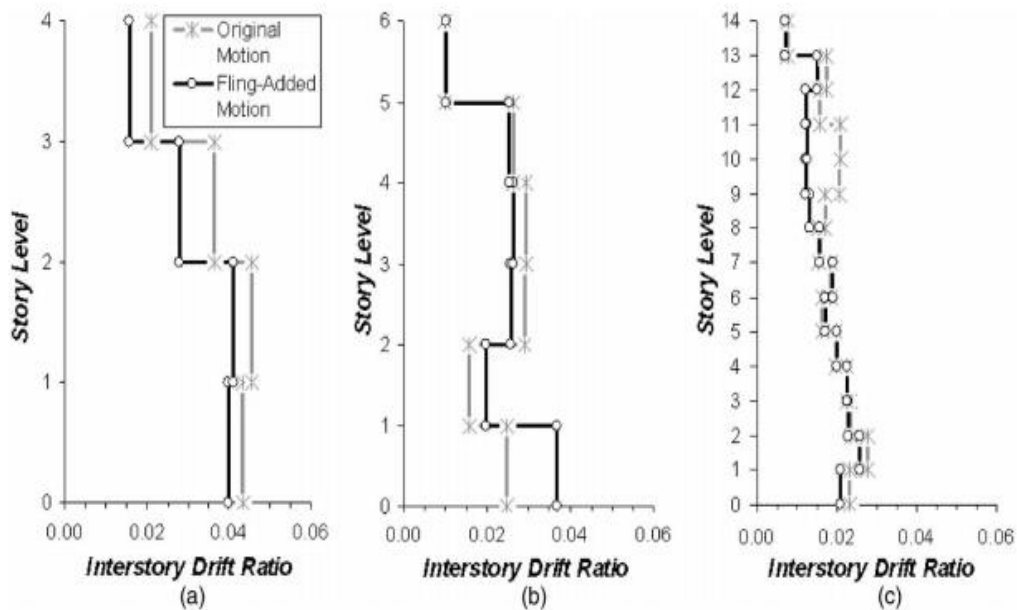
Getaran gempa dapat dibagi kedalam 2 jenis getaran yaitu getaran akibat gempa jauh dan akibat gempa dekat. Getaran akibat gempa dekat dibagi lagi menjadi getaran yang mengandung pulse (tanpa fling), getaran yang mengandung pulse dengan fling, dan getaran tanpa pulse, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2: Ciri khas riwayat waktu kecepatan dan perpindahan dari gerakan tanah (a) gempa jauh (tanpa pulse), (b) gempa dekat (mengandung *pulse* tanpa *fling*), and (c) gempa dekat (*mengandung pulse dan fling*) (Kalkan dan Kunnath, 2006).

Dari gambar dapat dilihat bahwa gempa jauh (a) memiliki kecepatan dan *displacement* (*simpangan*) yang kecil dan fluktuasi osilasi getarannya cenderung stabil. Sedangkan untuk gempa dekat (b) memiliki osilasi kecepatan yang tiba-tiba naik dan turun secara signifikan lalu disusul oleh osilasi kecepatan yang lebih kecil serta memiliki *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan gempa jauh. Untuk gempa dekat *fling* (c) memiliki kecepatan yang tinggi untuk waktu yang lama dan setelah turun kecepatannya cenderung stabil, gempa *fling* sama-sama memiliki *displacement* yang tinggi dibandingkan dengan gempa jauh.

Untuk bangunan yang mengalami gempa dekat, tentu mengalami kehancuran yang lebih besar daripada gempa jauh hal itu karena letak titik pusat gempa itu sendiri mempengaruhi nilai kerusakan bangunan itu sendiri. Akan tetapi, bukan berarti gempa jauh tidak memiliki nilai kerusakan sama sekali karena gempa jauh sendiri juga memiliki gempa yang mengandung *pulse*. Oleh karena itu, kita perlu untuk mengetahui kinerja struktur yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami gempa regular, gempa *pulse* dan gempa *fling* agar kita dapat merencanakan ketahanan bangunan dengan sebaiknya-baiknya.



Gambar 1.3: Perbandingan respon dari (a) 4-lantai, (b) 6-lantai, and (c) 13-lantai bangunan yang diberi gempa biasa dan di beri *fling* (Kalkan dan Kunnath, 2006).

Dari hasil studi yang ada dapat dilihat bahwa bangunan yang mengalami getaran gempa mengandung *fling* akan berdeformasi lebih besar dibandingkan bangunan yang mengalami getaran gempa biasa. Hal ini dapat di lihat pada Gambar 2 dimana simpangan antar tingkat SRPM baja yang mengalami getaran mengandung *fling* lebih dominan dibanding bangunan yang mangalami getaran gempa biasa dan getaran yang mengandung *pulse*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah perbedaan getaran gempa biasa dan yang mengandung *pulse* akan memberikan hasil simpangan antar tingkat SRPM baja yang berbeda pula ?
2. Apakah perbedaan getaran gempa biasa dan yang mengandung *pulse* akan memberikan hasil simpangan atap SRPM baja yang berbeda pula ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui simpangan antar tingkat pada (SRPM) baja akibat getaran gempa yang berbeda yaitu getaran gempa biasa dan yang mengandung *pulse*.
2. Untuk mengetahui siampangan atap pada (SRPM) baja akibat getaran gempa yang berbeda yaitu getaran gempa biasa dan yang mengandung *pulse*.

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 1, 2, 3 dan 4 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Banda Aceh dengan jenis tanah lunak.

- Struktur dengan dimensi kolom dan balok hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur baja, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
- Tata cara perencanaan struktur baja menggunakan Persyaratan Baja Struktural untuk bangunan Gedung SNI 1729:2015.
 - Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2012.
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
- Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Respon Spektrum Linear).
 - PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi Respon Spektrum.
 - MATLAB versi 10, untuk menskalakan *groundmotion*.
 - RUAOMOKO2D versi 04, 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 (SRPM) maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) bila mengalami gempa tunggal yang mengandung *pulse* di daerah Banda Aceh dengan jenis tanah lunak.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II 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 III 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 RUAOMOKO2D versi 04.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

BAB V 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

LANDASAN TEORI

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, parameter yang terkait dalam struktur tahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2012, dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang dibutuhkan. dalam Tugas Akhir ini.

2.2. Pengertian Gempa

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah atau slipnya massa batuan dilapisan kerak bumi. Gempa bumi adalah suatu peristiwa/kejadian bencana alam yang berasal dari dalam bumi dan merambat ke permukaan tanah dari suatu daerah tertentu dan menyebar luas dari titik tersebut ke segala arah. Selain itu gempa bumi merupakan getaran atau guncangan yang terjadi di dalam bumi dan merambat ke permukaan tanah yang disebabkan oleh patahan aktif aktifitas gunung api, tanah longsor, maupun tumbukan antar lempeng bumi (Pawirodikromo, 2012).

Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Getaran pada bumi terjadi akibat dari adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earth-quakes*). Selain disebabkan oleh sudden slip, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil-kecil yang sulit dirasakan manusia (Nugraha & Fauzy, 2014)

2.2.1. *Ground motion* (Getaran Tanah)

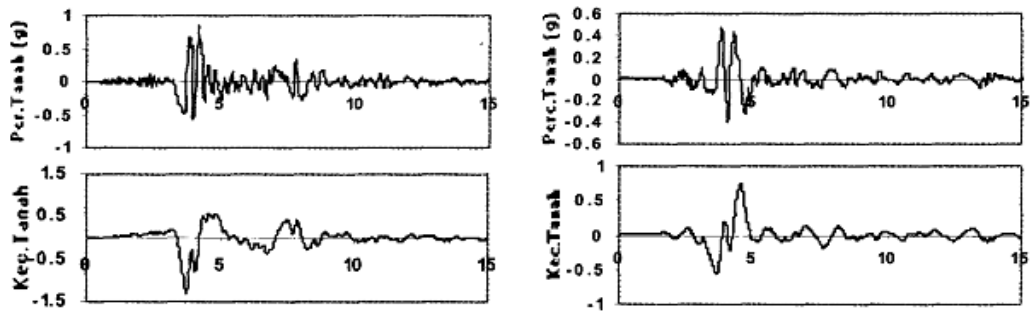
Ground motion adalah pergerakan permukaan bumi yang diakibatkan adanya gempa atau ledakan. Di dalam ilmu teknik gempa, *ground motion* juga populer dengan sebutan *strong motion* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada respon-respon tanah yang lain. Pada umumnya, pengertian pergerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah. Khususnya untuk keperluan teknik, percepatan tanah akibat gempa merupakan data yang sangat penting.

Respon gempa sensitif terhadap karakteristik getaran tanah, besar frekuensi gempa, pola *pulse*, durasi getaran, mekanisme *fault-rupture*, dan lainnya. Berdasarkan pola *pulse* nya, 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 (Pawirodikromo, 2012).

2.2.2. Gempa Dekat

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

(Kalkan, Eeri, Kunnath, & Eeri, 2006) memberikan batasan bahwa rekaman gempa *near-fault* adalah gempa yang direkam ≤ 15 km dari patahan (*fault rupture*). Contoh rekaman gempa dekat dapat dilihat pada Gambar 2.1.

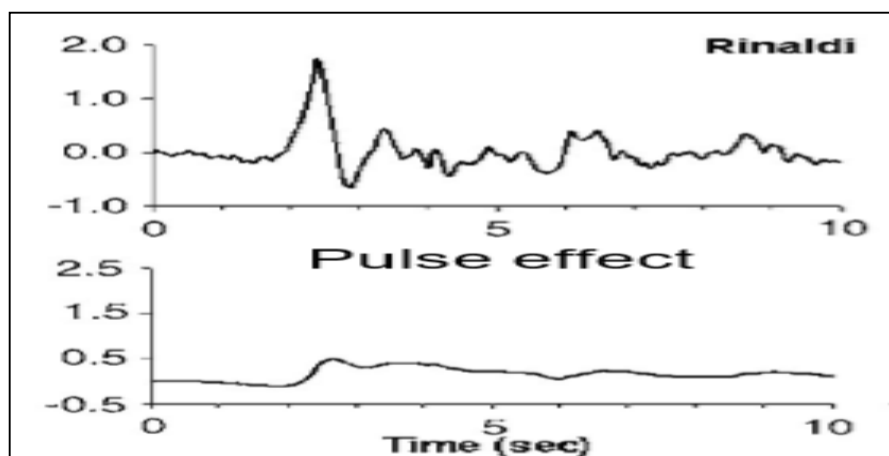


Gambar 2.1: Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield(1997) (Pawirodikromo, 2012).

Gambar 2.1 menunjukkan data rekaman gempa yang terjadi di Northridge pada tahun 1994 dan Parkfield pada tahun 1997. Pada gambar tersebut tampak jelas bahwa terdapat 2 kali *acceleration strong pulse* yang sangat berbeda dengan sebelum dan sesudahnya. Secara umum gempa dekat ini ditandai dengan munculnya kandungan *pulse* yang kuat pada rekaman gempunya.

2.2.3. Gempa *pulse*

Getaran gempa dekat yang mengandung efek *pulse* dapat menyebabkan bangunan yang tidak direncanakan secara baik akan mengalami kerusakan. Bangunan yang tidak simetris sebidang termasuk yang memiliki resiko rusak bila mengalami gempa dekat.



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

Gambar 2.2 menunjukkan data rekaman gempa yang mengandung *pulse*, pada gambar bagian atas merupakan waktu dengan kecepatan, dapat dilihat bahwa pada waktu ± 2.5 detik terjadi kenaikan yang drastis pada kecepatan rekaman gempa dan pada gambar bagian bawah merupakan waktu dengan perpindahan, dimana pada saat kenaikan kecepatan pada waktu ± 2.5 detik, seketika terjadi juga kenaikan nilai pada perpindahan.

2.3. Respon Spektrum Desain

Menurut teori dinamika struktur (*structural dynamics*) salah satu cara untuk menentukan/menghitung simpangan, gaya-gaya dinamik pada struktur derajat kebebasan banyak (*Multi Degree of Freedom, MDOF*) adalah dengan menggunakan metode respons spectrum. Respon spektrum adalah suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu (Pawirodikromo, 2012)

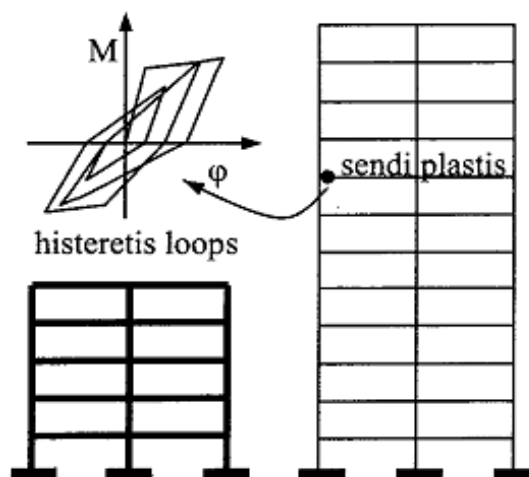
Respons maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*Spectral Displacement, SD*), kecepatan maksimum (*Spectral Velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*Spectral Acceleration, SA*) suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (*Single Degree of Freedom, SDOF*). Terdapat 2 macam respon spectrum yang ada yaitu Respon Spektrum elastik dan Respon Spektrum inelastik. Respons spektrum elastik adalah suatu spectrum yang didasarkan atas respons elastik struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) berdasarkan rasio redaman dan beban gempa tertentu. Inelastik Respons Spektrum juga disebut desain Respons Spektrum, yaitu spectrum yang diturunkan berdasarkan *elastic respons spectrum* dengan tingkat daktilitas tertentu.

2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah salah satu sistem struktur utama dalam menahan gaya-gaya lateral, baik itu gaya lateral akibat gempa maupun angin. SRPM ini dikenal cukup baik dalam memberikan sistem yang daktail namun sayangnya kurang baik dalam memberikan kekuatan lateral, khususnya untuk bangunan-bangunan yang tinggi. Umumnya SRPM cukup efektif dipakai sampai < 25 tingkat.

Menurut Pawirodikromo (2012), penggunaan SRPM untuk bangunan bertingkat akan mempunyai kelebihan dan kelemahan. Beberapa kelebihannya diantaranya:

1. Apabila didesain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan *hysteresis loops* di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar 2.4 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar T yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



Gambar 2.3: Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012)

Adapun kekurangan dari SRPM adalah:

1. Kerusakan secara total pada *frame* dapat saja terjadi terutama apabila tidak adanya penerapan pola mekanisme yang jelas.
2. Desain tulangan lateral tidak layak baik pada lokasi sendi plastis maupun pada *joint*.
3. Distribusi kekakuan struktur portal yang secara vertikal yang tidak merata akan menyebabkan timbulnya tingkat yang relatif lemah (*soft storey*).
4. Struktur portal yang terlalu fleksibel dapat menyebabkan simpangan antar tingkat yang relatif besar terutama pada tingkat-tingkat bawah.

Dengan kata lain sebagai seorang perencana juga dituntut untuk menciptakan suatu konstruksi bangunan yang daktail, yaitu bangunan yang dapat menahan respon inelastic yang diakibatkan oleh beban gempa. Di Indonesia ada 3 (tiga) macam 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.

2.5. Karakteristik Bangunan Tahan Gempa

Suatu bangunan yang baik pada daerah yang terletak berdekatan dengan daerah pertemuan lempengan benua seperti di Indonesia hendaknya didesain terhadap kemungkinan beban gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang yang waktunya tidak dapat diketahui secara pasti. Berikut yang termasuk bangunan tahan gempa adalah:

1. Apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit

jatuh, kaca pecah dan sebagainya) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan lainnya).

2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ketempat aman.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan disain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan saat terjadi gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat.

Struktur harus mampu memikul beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul beban tanpa ada kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa dengan tingkat keamanan memadai, struktur harus dirancang dapat memikul gaya horizontal atau gaya gempa. Struktur harus dapat memberikan layanan yang sesuai dengan perencanaan. Tingkat layanan dari struktur akibat gaya gempa terdiri dari tiga, yaitu:

1. Kemampuan layan (*serviceability*)

Jika gempa dengan intensitas (*intensity*) percepatan tanah yang kecil dalam waktu ulang yang besar mengenai suatu struktur, disyaratkan tidak mengganggu fungsi bangunan, seperti aktivitas normal di dalam bangunan dan perlengkapan yang ada. Artinya tidak dibenarkan terjadi kerusakan pada struktur baik pada komponen struktur maupun elemen non-struktur yang ada.

Dalam perencanaan harus diperhatikan control dan batas simpangan yang dapat terjadi semasa gempa, serta menjamin kekuatan yang cukup bagi komponen struktur untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan diharapkan struktur masih berperilaku elastis.

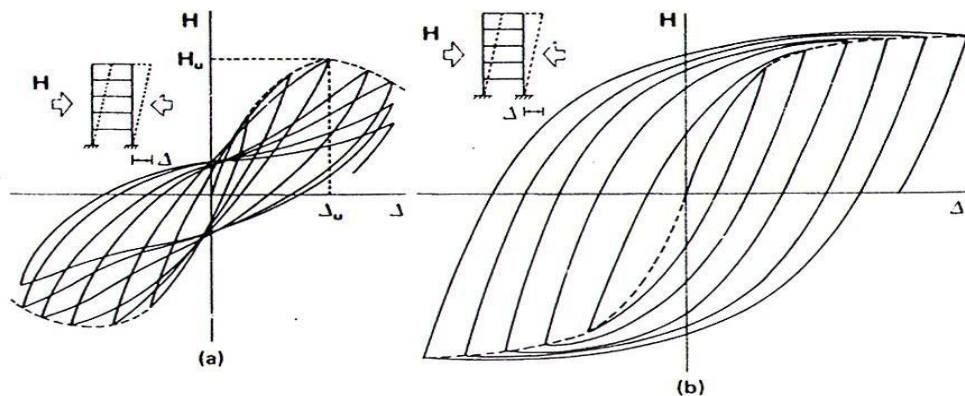
Aspek lain mengenai kemampuan layan suatu struktur adalah mengenai deformasi yang diakibatkan oleh beban. Deformasi berlebihan dapat menyebabkan terjadi kelebihan tegangan pada suatu bagian struktur. Defleksi atau deformasi besar dapat diasosiasikan dengan struktur yang tidak aman. Deformasi dikontrol oleh kekakuan struktur. Kekakuan sangat bergantung pada jenis, besar dan distribusi bahan pada struktur. Sering kali diperlukan elemen struktur yang lebih banyak untuk mencapai kekakuan yang diperlukan daripada untuk memenuhi syarat kekuatan struktur (Putri & Permata, 2016).

2. Kontrol kerusakan (*damage control*)

Jika struktur dikenai gempa dengan waktu ulang sesuai dengan umur (masa) rencana bangunan, maka struktur direncanakan untuk dapat menahan gempa ringan (kecil) tanpa terjadi kerusakan pada komponen struktur ataupun komponen non-struktur, dan diharapkan struktur masih dalam batas elastis.

3. Ketahanan (*survival*)

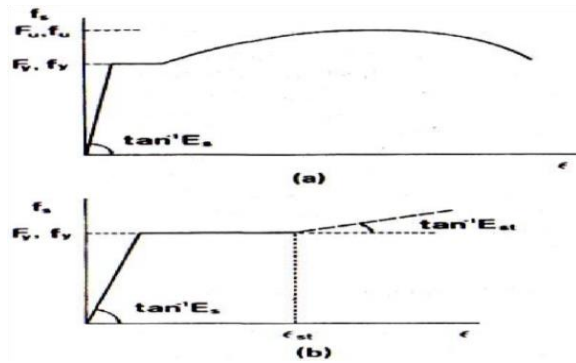
Jika gempa kuat yang mungkin terjadi pada umur (masa) bangunan yang direncanakan membebani struktur, maka struktur direncanakan untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa mengalami keruntuhan (*collapse*). Tujuan utama dari keadaan batas ini adalah untuk menyelamatkan jiwa manusia.



Gambar 2.4: Perilaku struktur akibat pembebanan horisontal berulang, (a). Perilaku struktur yang buruk, (b). Perilaku struktur yang baik (Salim & Siswanto, 2018)

Dari Gambar 2.4.a dapat dilihat bahwasannya perilaku struktur tersebut setelah tercapainya batas *ultimate* dari pada struktur maka struktur kehilangan kekuatan yang signifikan dengan efek semakin besarnya deformasi yang mengakibatkan keruntuhan akibat dari beban gempa. Struktur tersebut memiliki disipasi energi yang kecil dan terbatas sehingga struktur tersebut bersifat getas (*brittle*) yang tidak memiliki daya dukung yang baik dalam menahan beban gempa. Pada Gambar 2.4.b merupakan perilaku struktur yang baik dimana pada saat beban gempa bekerja struktur mampu menahannya dengan baik dan struktur tersebut bersifat daktil.

Sifat daktil sangat identik dengan material baja yang dapat ditunjukkan oleh besarnya perbandingan atau rasio antara tegangan leleh (f_y) dengan tegangan batasnya (f_u). Semakin besar nilai rasio antara (f_y) dan (f_u) maka akan semakin tinggi sifat daktilitas dari suatu material. Salah satu perencanaan terbaru untuk bangunan tahan gempa adalah Perencanaan Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*). Tujuan dari perencanaan bangunan berbasis kinerja adalah agar perencana dapat menetapkan kondisi apa yang terjadi pada bangunan saat gempa maksimum terjadi (Dewobroto, 2016). Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*Performance Based Seismic Design*) merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (*upgrade*) bangunan yang sudah ada dengan pemahaman yang realistic terhadap keselamatan resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang.



Gambar 2.5: Diagram tegangan (f_c) – regangan (ϵ) baja tertarik : (a) Diagram f_c - ϵ baja sebenarnya.(b) Diagram f_c - ϵ baja yang diidealisasikan (Salim & Siswanto, 2018).

Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwasannya pada saat baja ditarik setelah sampai batas *ultimate* baja akan mengalami fase *hardening* yaitu masa baja akan berhenti meleleh hingga akhirnya putus. Pada Gambar 2.5.a merupakan hasil uji tarik material baja murni tanpa pengolahan data. Pada Gambar 2.5.b merupakan hasil diagram yang sudah disempurnakan hasilnya.

2.5.1. Ketahanan Korosi

Korosi merupakan adalah kerusakan atau penurunan mutu material baja yang bereaksi dengan lingkungan secara langsung dalam hal ini bisa juga disebut dengan interaksi secara kimiawi. Sedangkan menurunnya kualitas mutu dari material yang berintraksi secara fisik bukan di sebut korosi, secara umum lebih di kenal sebagai erosi atau keausan. Keausan didefinisikan sebagai hilangnya material atau menghilangnya sejumlah material dari permukaan satu dan permukaan lainnya. Air dikatakan sebagai air payau jika konsentrasinya 0,05% sampai 3% atau menjadi saline jika konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5 disebut brine. Selain memiliki kadar garam yang tinggi, air payau juga mengandung bahan organik (Anwar & Widodo, 2017)

Korosi juga didefinisikan sebagai kerusakan atau penurunan mutu suatu material yang diakibatkan oleh reaksi antar lingkungan dan material itu sendiri (Kurnia dkk, 2014)

2.6. Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa

(Pandaleke, Pangouw, & Khosama, 2013) mengatakan 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 klasifikasi komponen struktur tertentu, tanpa menyebabkan keruntuhan structural yang terpenuhi dengan perencanaan *Capacity Design*.

Menurut Moestopo (2012) prinsip dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa

1. Pada saat gempa kecil tidak diijinkan terjadi kerusakan sama sekali
2. Pada saat gempa sedang diijinkan terjadinya kerusakan ringan tanpa kerusakan structural
3. Pada saat gempa besar diijinkan terjadi kerusakan pada structural tanpa terjadinya keruntuhan.

2.7 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012

2.7.1 Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_S (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 SNI 1726:2012 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 tahun) dan dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04g$ dan $S_S \leq 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A dan cukup memenuhi persyaratan.

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan factor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

2.7.2 Simpangan Lantai (*Drift*) Akibat Gempa

Simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*). Simpangan lateral dari suatu sistem struktur akibat beban gempa adalah sangat penting yang dilihat dari tiga pandangan yang berbeda, menurut Farzat Naeim (1989):

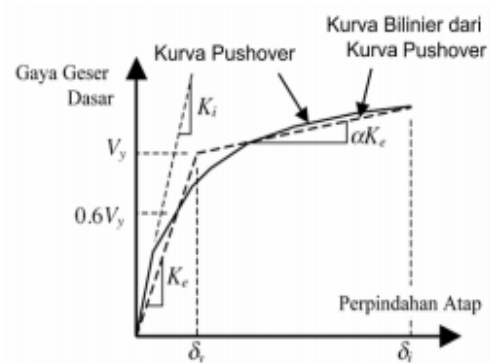
1. Kestabilan struktur (*structural stability*)
2. Kesempurnaan arsitektural (*architectural integrity*) dan potensi kerusakan bermacam-macam komponen non-struktur
3. Kenyamanan manusia (*human comfort*), sewaktu terjadi gempa bumi dan sesudah bangunan mengalami gerakan gempa.

Sementara itu Richard (1987) berpendapat bahwa dalam perencanaan bangunan tinggi selalu dipengaruhi oleh pertimbangan lenturan (*deflection*), bukannya oleh kekuatan (*strength*). Simpangan antar tingkat dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horizontal titik itu, relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai yang berada dibawahnya. Untuk menjamin agar kenyamanan para penghuni gedung tidak terganggu maka dilakukan pembatasan-pembatasan terhadap simpangan antar tingkat pada bangunan. Pembatasan ini juga bertujuan untuk mengurangi momen-momen sekunder yang terjadi akibat penyimpangan garis kerja gaya aksial di dalam kolom-kolom (yang lebih dikenal dengan P-delta).

2.7.3 Periode Alami Struktur

Perioda adalah besarnya waktu yang diperlukan untuk mencapai satu getaran. Perioda alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Resonansi struktur adalah keadaan dimana frekuensi alami struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur (Budiono dan Supriatna, 2011).

Analisa *eigen-value* pada umumnya digunakan untuk mengetahui waktu getar alami bangunan, dimana informasi tersebut sangat penting untuk mendapatkan estimasi besarnya gaya gempa yang akan diterima oleh bangunan tersebut. Analisa *eigen-value* dilaksanakan menggunakan data-data yang masih dalam kondisi elastis linier, padahal pada saat gempa kondisi bangunan mengalami keadaan yang berbeda, yaitu berperilaku in-elastis. Oleh karena itu waktu getar alami bangunan pada saat gempa maksimum berbeda dengan hasil analisa *eigen-value*. Waktu getar alami yang memperhitungkan kondisi in-elastis atau waktu getar efektif, T_e , dapat diperoleh dengan bantuan kurva hasil analisa *pushover*.



Gambar 2.6: Kurva *Pushover* yang disederhanakan menjadi kurva bilinear (Dewobroto, 2005)

Untuk itu, kurva *pushover* diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral efektif bangunan, K_e , dan kuat leleh bangunan, V_y , kekakuan lateral efektif dapat diambil dari kekakuan secant yang dihitung dari gaya geser dasar sebesar 60% dari kuat leleh. Karena kuat leleh diperoleh dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis (K_e) dan kondisi in-elastis (αK_e), maka prosesnya dilakukan secara *trial-error*.

2.7.4. Analisa Riwayat Waktu

Analisa riwayat waktu terbagi menjadi 2 jenis metode, yaitu:

1. Analisa respon dinamik riwayat waktu linear

Adalah suatu cara analisa untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur gedung 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data maksimum, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi langsung atau dapat juga dengan metode analisa ragam.

2. Analisa respon dinamik riwayat waktu nonlinear

Adalah suatu cara analisa untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur gedung 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh (linear) maupun elasto-plastis (nonlinear) terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data maksimum, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi langsung.

2.8. Pembebanan

Beban kerja pada struktur atau komponen struktur ditetapkan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku. Berdasarkan PPPURG (1987), beban pada struktur atau komponen struktur dikelompokkan menjadi 5 jenis beban, yaitu:

1. Beban mati, yaitu berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu seperti pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai/atap, plafon, dan sebagainya.
2. Beban hidup, yaitu semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari

gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

3. Beban angin, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa, yaitu semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.
5. Beban khusus, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Faktor reduksi (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:

1. Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C
2. Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta; desain komponen nonstruktural
3. Desain struktural non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung
4. 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
5. Desain elemen struktur atau sambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan Pasal 7.4.3 disyaratkan untuk didesain
 1. Struktur bagian sistem peredaman
 2. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkutnya

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

1. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar dalam arah yang ditinjau.

Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya seismik terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding struktur harus dihitung sebagai panjang dinding struktur dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat untuk konstruksi rangka ringan.

2.9. Program Ruaumoko

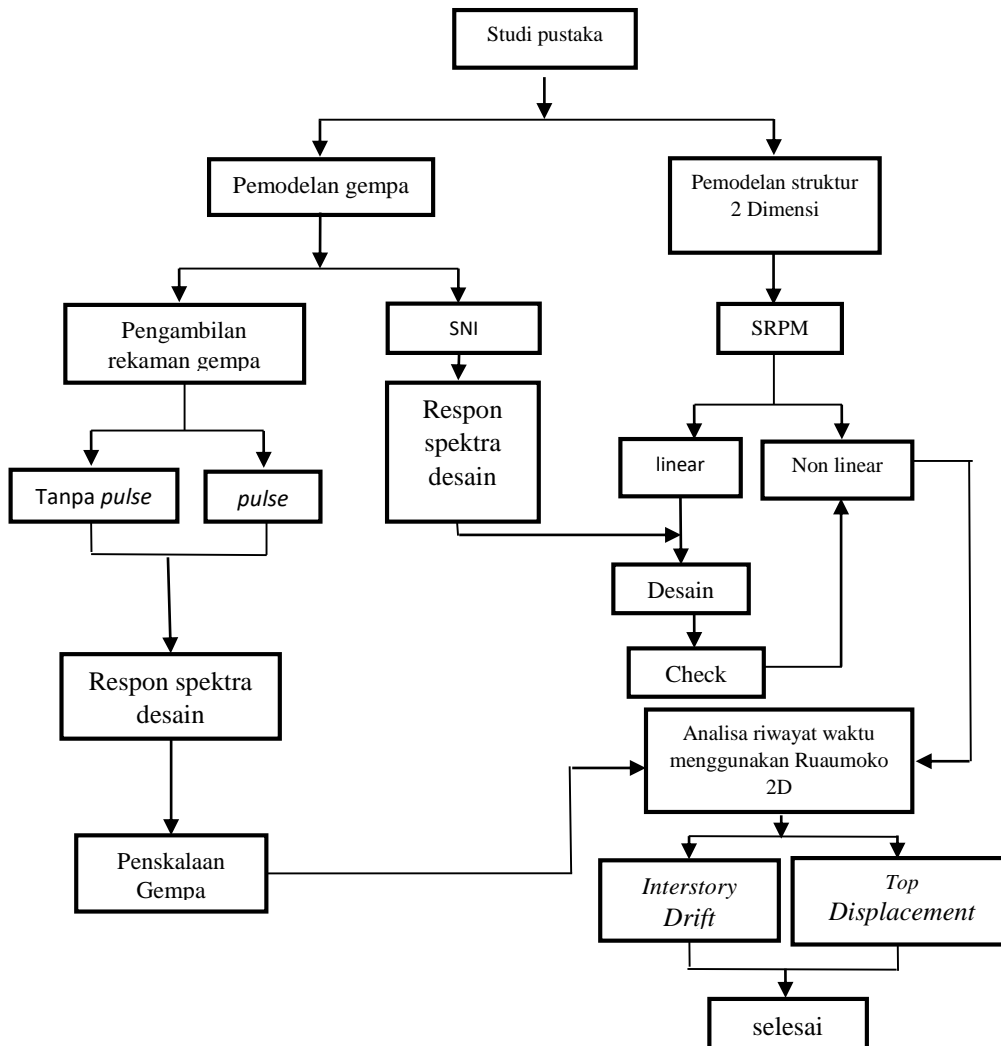
Program Ruaumoko dirancang oleh Prof. Athol J Carr, yang berasal dari University of Canterbury, New Zealand. Program ini dirancang untuk melakukan analisa struktur, seperti bangunan dan/atau jembatan, yang mengalami gempa dan eksitasi dinamis lainnya. Program ini digunakan untuk studi eksitasi gempa termasuk pemodelan sistem base-isolation. Program ini juga dapat digunakan untuk menganalisa push over, baik statis maupun dinamis.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan 2 *software* bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO2D versi 04. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 1 model dengan sistem rangka pemikul momen khusus pada bagian luar dan sistem rangka pemikul gravitasi pada bagian dalam. Model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *software* RUAUMOKO versi 04, untuk mendapatkan nilai simpangan antar tingkat (*interstory drift*) dan simpangan atap (*top displacement*) ketika bangunan telah dikenakan gempa *pulse, fling* dan gempa biasa (*regular*) Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan dengan dengan gempa di hasilkan.

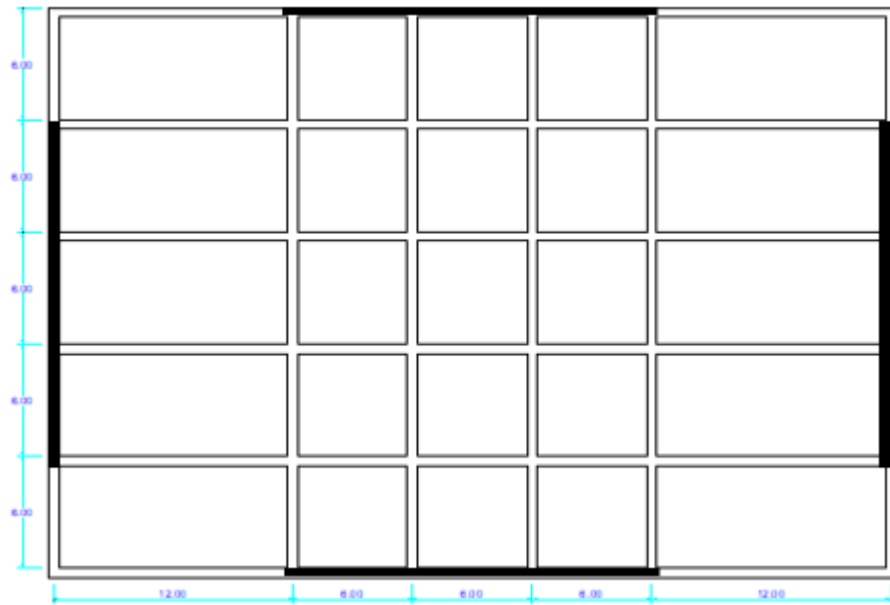
3.2 Pemodelan Struktur

3.2.1 Data Perencanaan Struktur

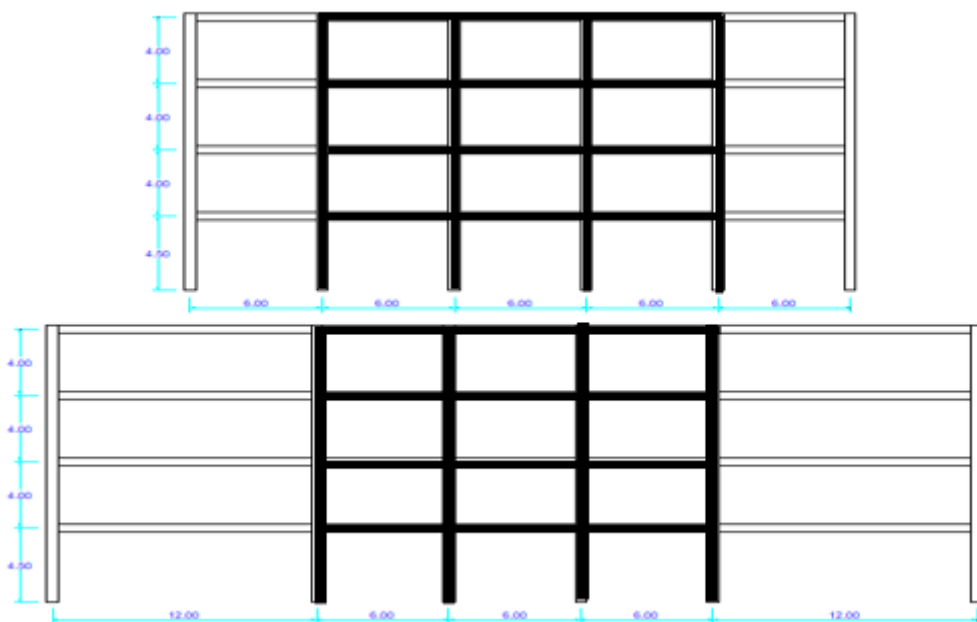
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Banda aceh.
3. Klasifikasi situs tanah lunak (*SE*).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
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)

Pada tugas akhir ini, direncanakan struktur bangunan dengan material baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan berbentuk simetri. Adapun bentuk pemodelan yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada bagian luar dan Sistem Rangka Pemikul Gravitasi pada bagian luar (4 Lantai).



Gambar 3.2: Denah struktur Model



Gambar 3.3: Gambar proyeksi struktur Model lantai 4

3.2.2. Dimensi Kolom-Balok

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

Tabel 3.1 Komponen struktural bangunan

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior (Inchi)	Kolom Eksterior (Inchi)	Balok (Inchi)
Lantai 4	1	W24X103	W24X103	W21X73
	2	W24X103	W24X103	W21X73
	3	W24X62	W24X62	W21X57
	4	W24X62	W24X62	W21X57

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

Berdasarkan Zareian dan Krawinkler (2010) nilai beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan adalah sebagai berikut :

- Beban Mati = 4,309 KN/m² untuk semua lantai.
- Beban Hidup = 2,394 KN/m² untuk lantai tipikal.
- Beban Hidup = 0,957 KN/m² untuk atap
- Beban Mati Tambahan = 1,197 KN/m² untuk semua lantai.

3.3.1.2. Respon Spektrum Desain

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

Data-data respon spektrum linear yaitu

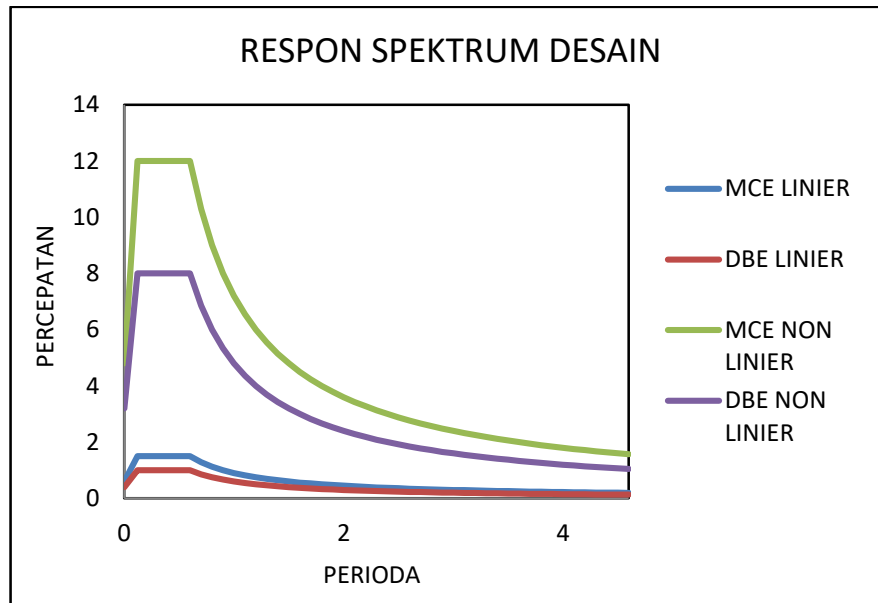
$$PGA = 0.6 \text{ g}, 0.4 \text{ m/s}^2 \text{ (Linear MCE\&DBE)}$$

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

$S_s = 1.5 \text{ m/s}^2$ dan $S_l = 0.6 \text{ m/s}^2$. Adapun nilai-nilai tersebut yaitu:

- Nilai F_a = 1.174
- Nilai F_v = 2.689
- S_{MS} = 1.761
- S_{MI} = 1.6134
- S_{DS} (MCE) = 1.5
- S_{DS} (DCE) = 1
- S_{DI} (MCE) = 0.9
- S_{DI} (DCE) = 0.6
- T_0 = 0.12
- T_s = 0.6
- Nilai S_a = 0.6

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



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

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

Tabel 3.2: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 1$.

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

3.3.2. Analisis Dinamik Struktur Non Linier

3.3.2.1. *Groundmotion Records*

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

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

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

Tabel 3.3: Data gempa *fling*

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU049	7.6
2	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU052	7.6
3	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU067	7.6
4	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU071	7.6
5	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU072	7.6
6	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU074	7.6
7	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU076	7.6
8	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU078	7.6
9	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU082	7.6
10	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU089	7.6
11	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU129	7.6
12	Kocaeli Turkey	1999	Izmit	7.4
13	Kocaeli Turkey	1997	Yarimca	7.4
14	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY047	7.62
15	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY052	7.62
16	Chi-Chi Taiwan	1999	HWA002	7.62
17	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY088	7.62
18	Chi-Chi Taiwan	1999	CHY036	7.62
19	Chi-Chi Taiwan	1999	HWA019	7.62
20	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU065	7.62

Tabel 3.4: Data gempa dengan *pulse*

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitud e
1	Managua Nicaragua-01	1972	Managua ESSO	6.24
2	Fruili Italy-02	1976	Forgaria Cornino	5.5
3	Duzce Turkey	1999	Sakarya	7.4
4	Kobe Japan	1995	Kobe University	6.9
5	Northridge-01	1994	Cedar Hill	6.7
6	Cape Mendocino	1992	Cape Mendocino	7.01
7	Chichi-01	1999	CHY080	6.2
8	Erzican Turkey	1992	Erzincan	6.69
9	Kocaeli Turkey	1999	Duzce	7.51
10	Mammoth Lakes- 01	1980	Convict Creek	6.06
11	Landers	1992	North Palm Springs	7.28
12	Borrego	1942	El Centro Array#9	6.5
13	Chalfant Valley-02	1942	Benton	6.19
14	Christchurch	2011	Christchurch Hospital	6.2
15	Morgan Hill-Gilroy	1984	Gliroy Array#1	6.19
16	Kalamata Greece- 01	1986	Kalamata	6.2
17	Niigata	1979	Niigata Nishi Kaba District	6.6
18	Chuetsu-oki	2007	Nagano Togakushi	6.6
19	NorthwestChina-02	1997	Jiashi	6.1
20	Gazli	1976	Karakyr	6.8

Tabel 3.3: data gempa reguler (gempa biasa)

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Coalinga-05	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.8
2	Coalinga-06	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.8
3	Coalinga-07	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.2
4	Coalinga-08	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.2
5	Coalinga-09	1983	Coalinga-14th & Elm (Old CHP)	5.3
6	Livermore-01	1980	APEEL 3E Hayward CSUH	5.8
7	Livermore-02	1980	APEEL 3E Hayward CSUH	5.42
8	Mammoth Lakes-02	1980	Convict Creek	5.69
9	Mammoth Lakes-03	1980	Convict Creek	5.91
10	Mammoth Lakes-04	1980	Convict Creek	5.7
11	Mammoth Lakes-05	1980	Convict Creek	5.7
12	Mammoth Lakes-06	1980	Convict Creek	5.94
13	Umbria Marche	1997	Nocera Umbra	5.7
14	Umbria Marche-01	1997	Nocera Umbra	6
15	Umbria Marche (Aftershock)	1997	Nocera Umbra	5.6
16	Kalamata Greece-02 (Aftershock)	1986	Managua ESSO	5.4
17	Northridge-06 (Aftershock)	1997	Cedar Hill	5.3
18	NorthwestChina-01 (Aftershock)	1997	Jiashi	5.8
19	NorthwestChina-03	1997	Jiashi	5.9
20	NorthwestChina-04	1997	Jiashi	5.9

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

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

Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai *input* pada *software* RUAUMOKO versi 04. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

Data- data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan MATLAB akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO2D.

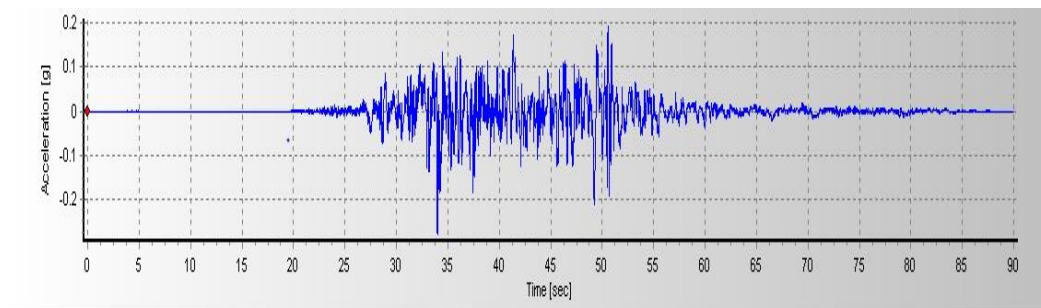
Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinier menggunakan *software* RUAUMOKO2D versi 04 antara lain:

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

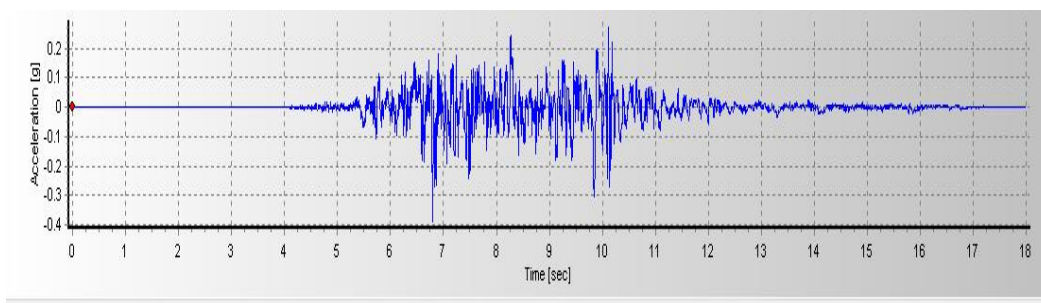
3.3.2.2. Analisis Respon Riwayat Waktu

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 RUAUMOKO2D versi 04. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO2D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

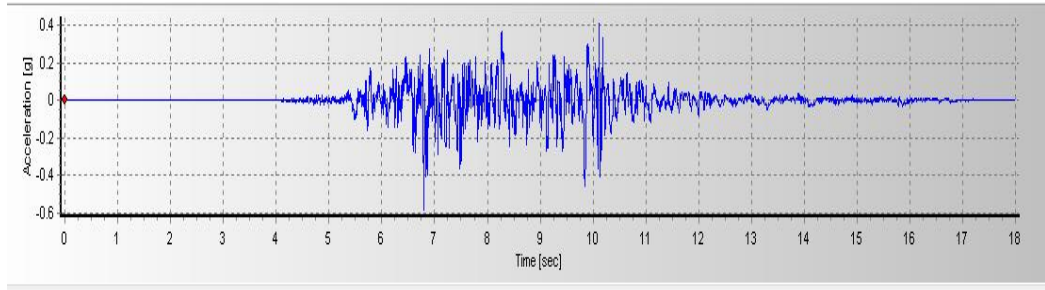
- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.7 dan 3.8.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



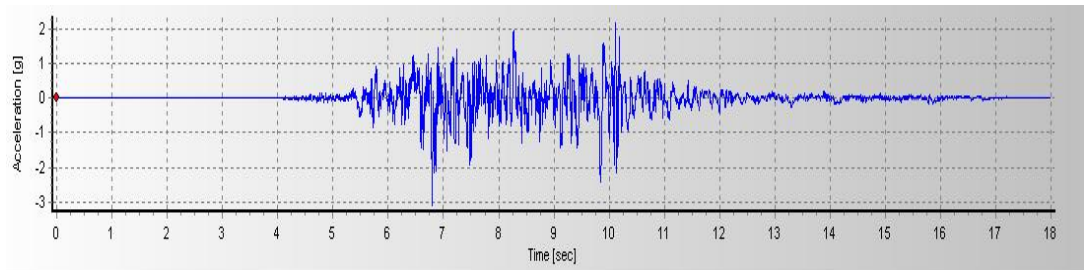
Gambar 3.5: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sebelum penskalaan
Ini merupakan gempa mengandung fling.



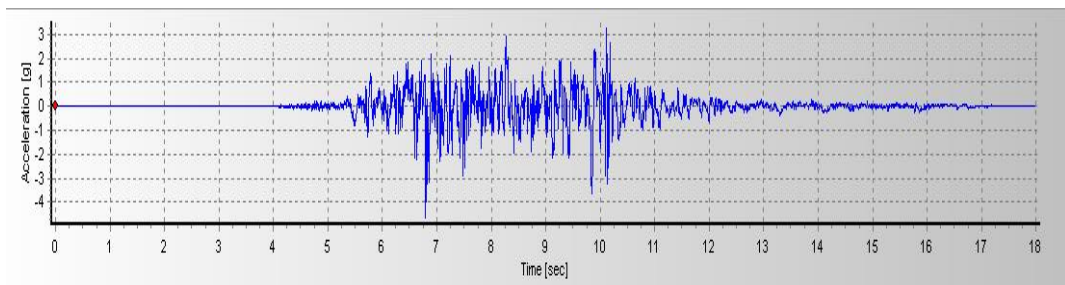
Gambar 3.6: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan
DBE linier.



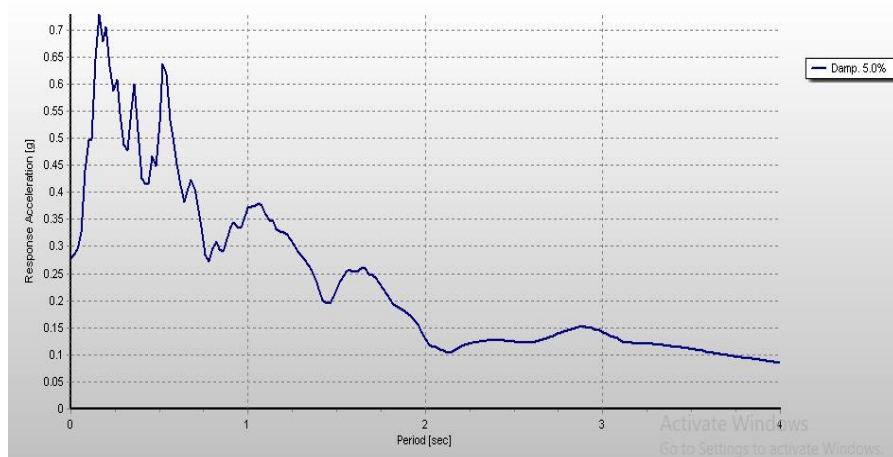
Gambar 3.7: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan MCE linear.



Gambar 3.8: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan DBE non linier linier.

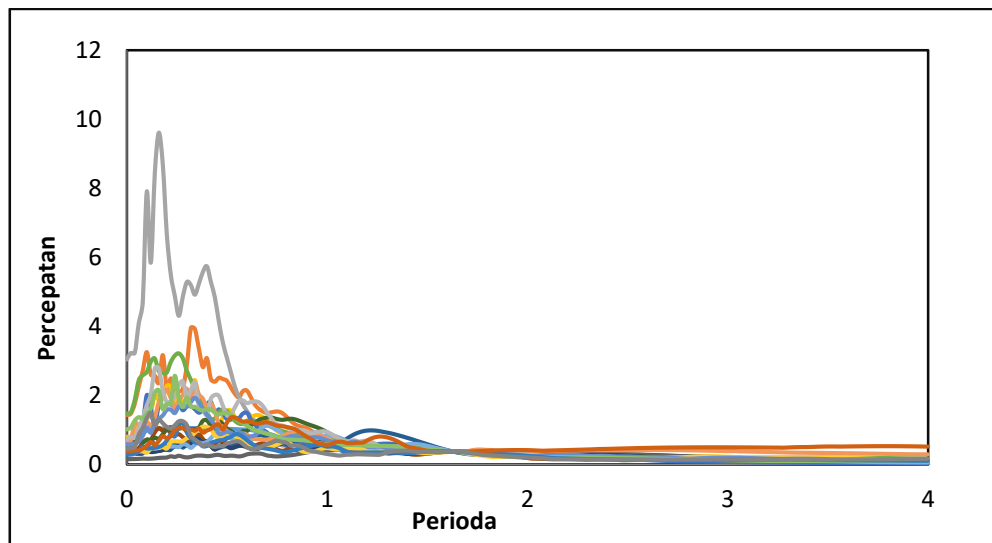


Gambar 3.9: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan MCE non linier.



Gambar 3.10: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) setelah diubah menjadi respon spektrum

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



Gambar 3.11: Respon spektrum dengan 20 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Banda Aceh).

3.3.2.3 Momen leleh (M_y)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai *input* analisis nonlinear pada program RUAUMOKO2D versi 04 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).

3.3.3.5. Rotasi Leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktilitas yang dibutuhkan sebagai *input* dalam *software* RUAUMOKO2D versi 04. 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 Linear Dan Non Linear

Pada Bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linear dan non linear oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan model dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). 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 Linear

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012, analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. persentase nilai perioda yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS.

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

Analisa menggunakan metode *CQC (Complete Quadratic Combination)*, hasil persentase perioda rata-rata yang didapat lebih kecil dari 15% dan *SRSS (Square Root of the Sum of Square)* lebih besar dari 15%. Pada hasil analisa diperoleh hasil model 4 lantai didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.

Untuk perhitungan tertera pada lampiran A3.

4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal

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

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

dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

V_t = Gaya geser dasar kombinasi ragam

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 4	Gempa X	3289,28	141,16

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_t dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4.2. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu:

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

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai V_t sb. x diperoleh :

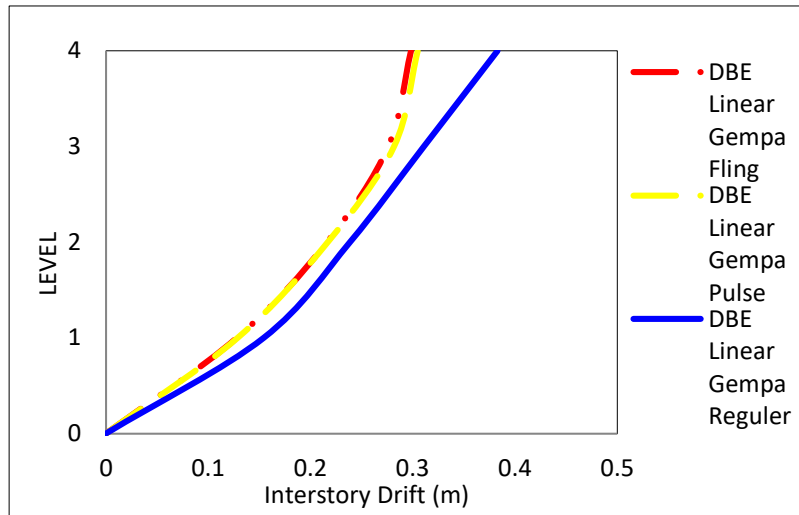
Struktur	Arah Gempa	V_t (KN)	$0,85 C_s \cdot W$	Cek
Lantai 4	Gempa X	141,16	2795,89	Not Oke

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

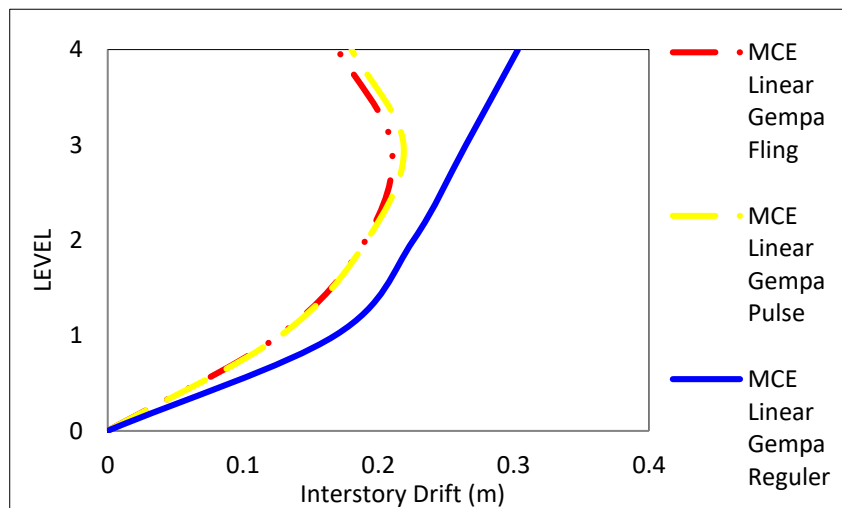
Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan 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 simpangan atap 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 baja lantai 4 dengan penskalaan DBE linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE linear nilai *interstory drift* terbesar terjadi pada level-level awal (level 1-4) pada gambar dapat terlihat kenaikan nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, *pulse* dan gempa biasa (regular). Nilai terbesar pada penskalaan DBE linear terjadi pada gempa biasa (regular), sedangkan gempa terkecil terjadi pada gempa *fling*.



Gambar 4.2: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM baja lantai 4 dengan penskalaan MCE linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE linear nilai *interstory drift* terbesar terjadi pada level-level awal (level 1-4) pada gambar dapat terlihat kenaikan nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, *pulse* dan gempa biasa (regular). Nilai terbesar pada penskalaan MCE linear terjadi pada gempa biasa (regular), sedangkan gempa terkecil terjadi pada gempa *fling*.

Pada gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE linear maupun MCE linear nilai *interstory drift* gempa biasa (regular) lebih dominan ketimbang gempa *fling* dan gempa *pulse*

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 diatasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya. 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

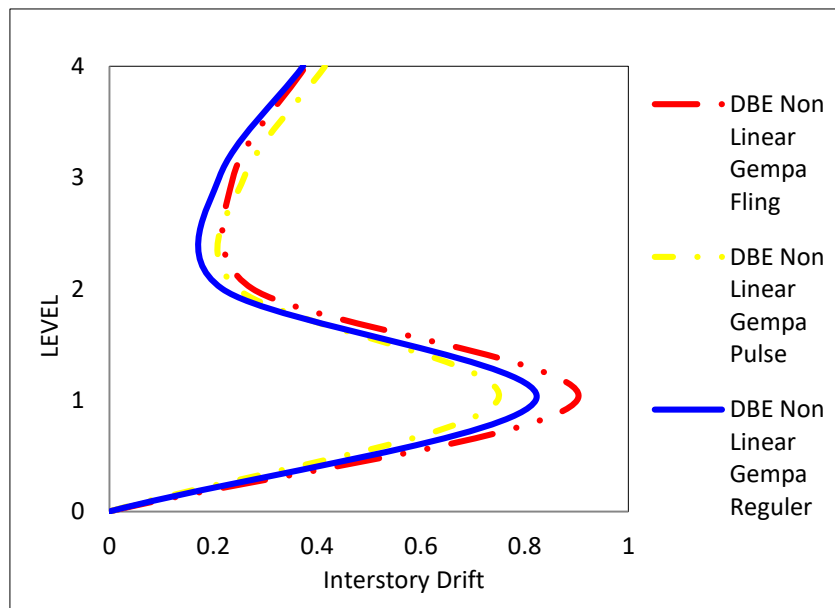
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat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

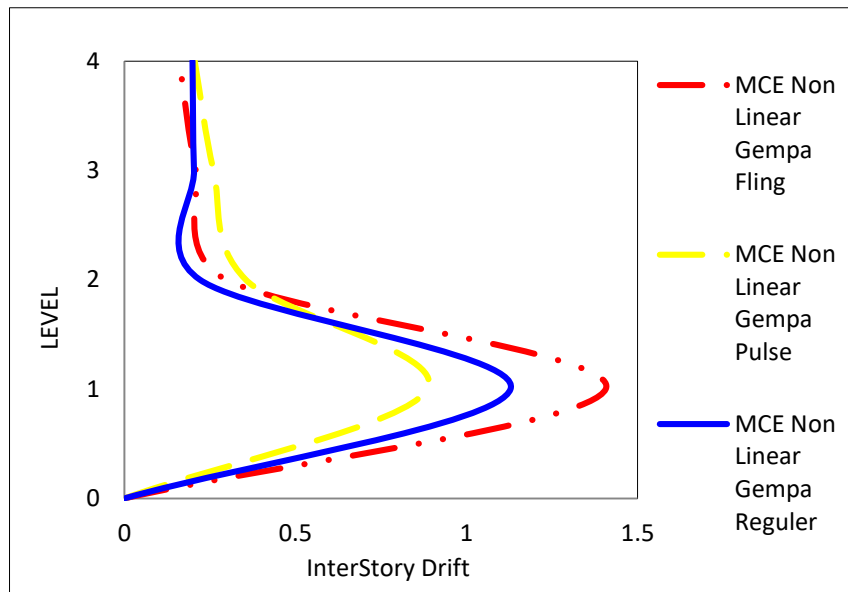
Setiap model struktur akan diambil data *interstory drift* dan *top displacement* setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada gambar 4.5 sampai 4.8 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *interstory drift* dengan perbedaan jenis penskalaan rekaman gempa. Pada grafik *interstory drift* yang ditampilkan merupakan hasil rata- rata dari beberapa *groundmotion*.

4.3.1 Hasil Analisa Nonlinear *Interstory Drift*



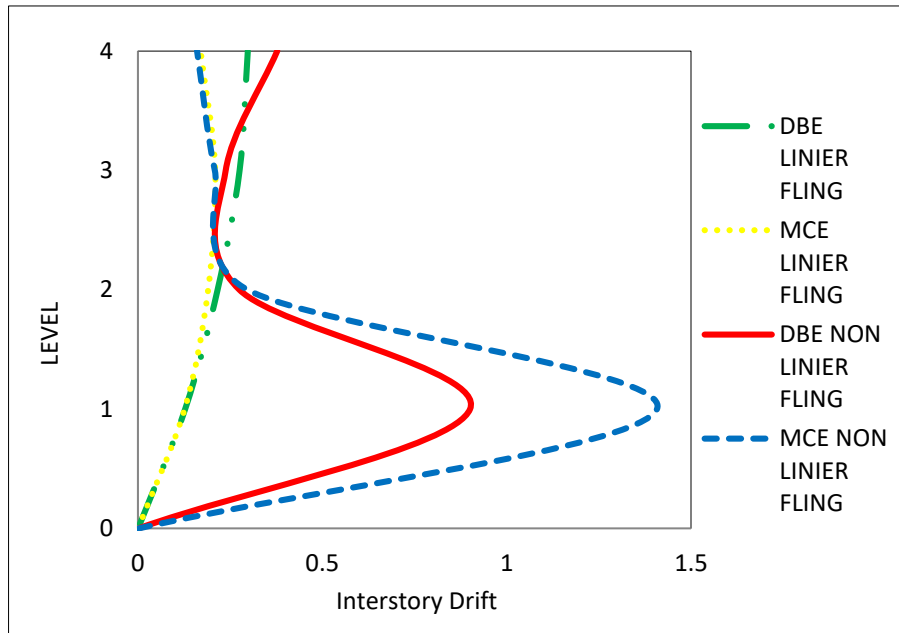
Gambar 4.3: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM baja lantai 4 dengan penskalaan DBE non linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa fling, pulse dan gempa biasa (regular).

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE non linear nilai *interstory drift* terbesar terjadi pada level-level awal (level 1) pada gambar dapat terlihat kenaikan yang cukup besar pada nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, gempa *pulse* dan gempa biasa (regular). Nilai terbesar pada penskalaan DBE non linear terjadi pada gempa *fling*, sedangkan gempa terkecil terjadi pada gempa *pulse*. Pada level-level atas (2-3) terjadi penurunan pada nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, gempa *pulse* dan gempa biasa (regular).

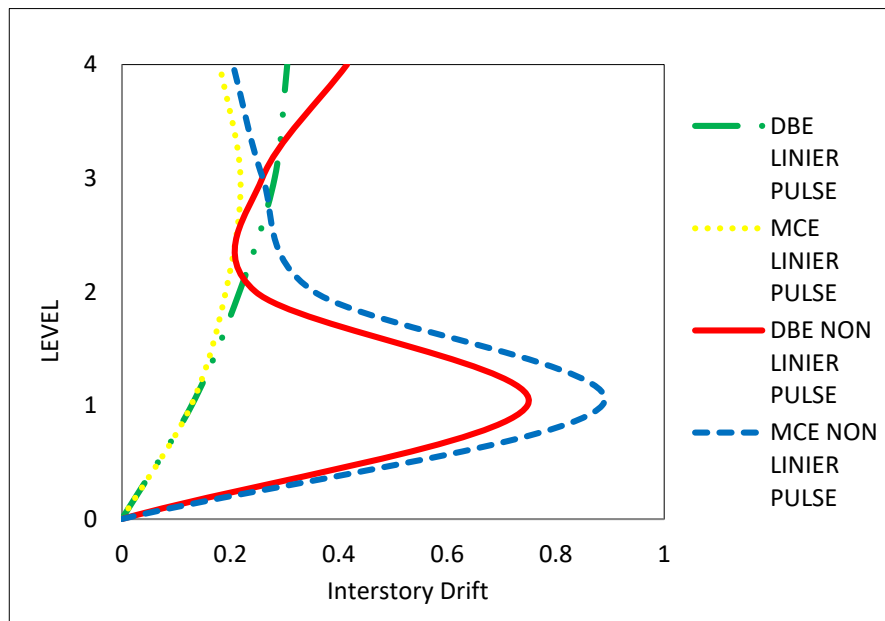


Gambar 4.4: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM baja lantai 4 dengan penskalaan MCE non linear terhadap gempa tunggal dengan jenis gempa *fling*, *pulse* dan gempa biasa (regular).

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE non linear nilai *interstory drift* terbesar terjadi pada level-level awal (level 1) pada gambar dapat terlihat kenaikan yang cukup besar pada nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, gempa *pulse* dan gempa biasa (regular). Nilai terbesar pada penskalaan MCE non linear terjadi pada gempa *fling*, sedangkan gempa terkecil terjadi pada gempa *pulse*. Pada level-level atas (2-4) terjadi penurunan pada nilai *interstory drift* untuk ketiga jenis gempa baik gempa *fling*, gempa *pulse* dan gempa biasa (regular).

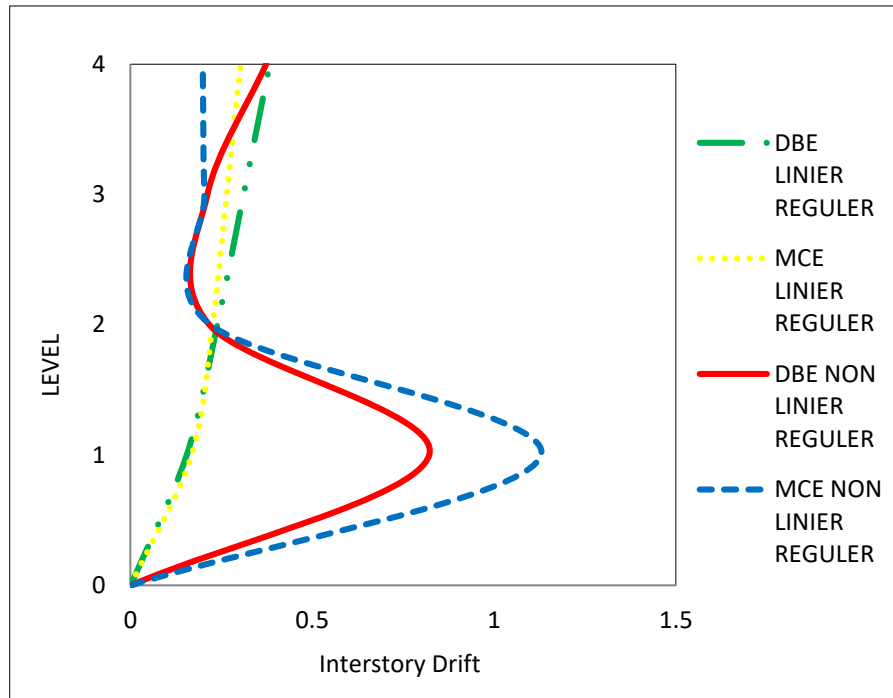


(a)



(b)

Gambar 4.5: Nilai rata-rata *interstory drift* untuk struktur SRPM baja lantai 4 dengan penskalaan DBE linear, MCE linear, DBE non linear dan MCE non linear terhadap gempa : a) *fling* dan b) *pulse*

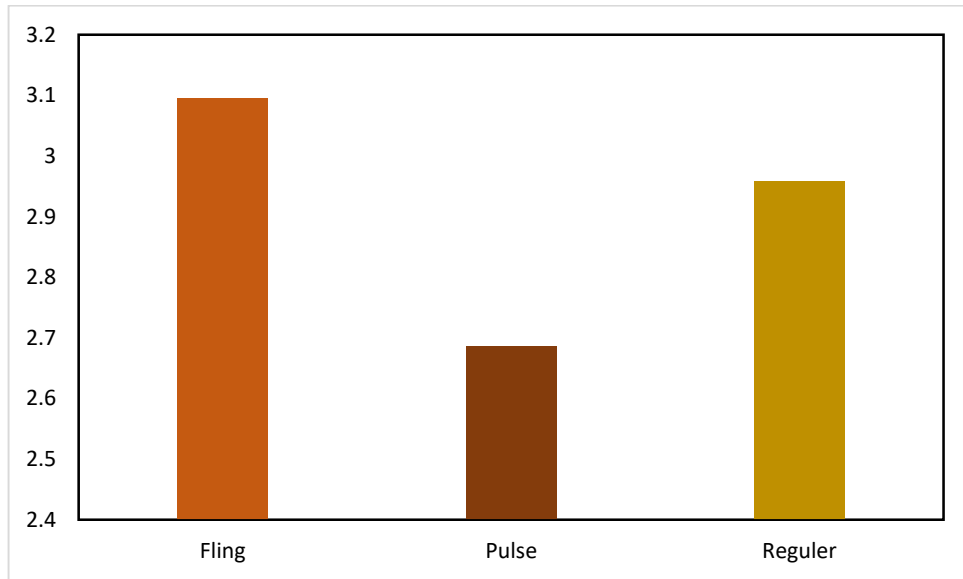


c)

Gambar 4.5 : Lanjutan

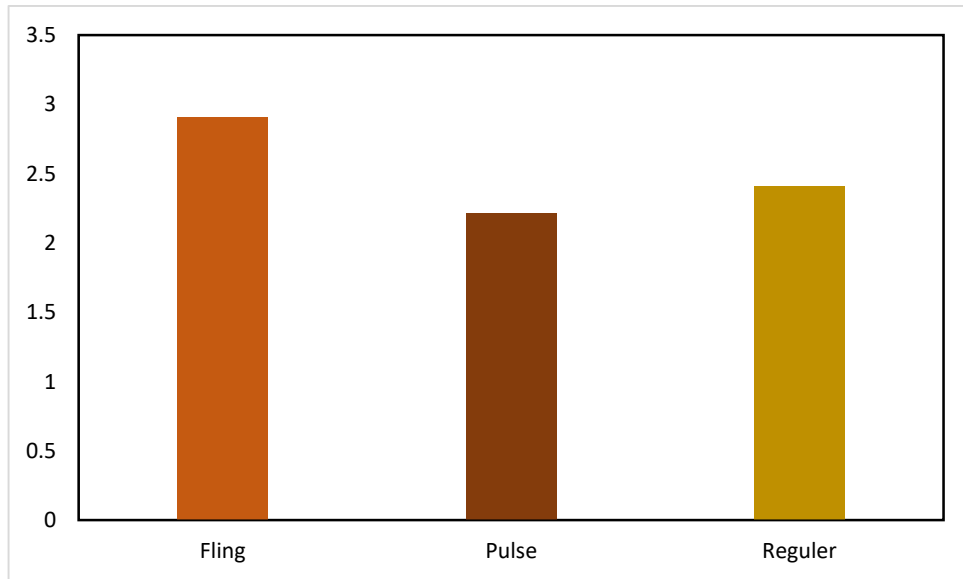
Pada gambar diatas nilai *Interstory Drift* terbesar terjadi pada level-level bawah (level 1), dalam gambar terlihat pada penskalaan MCE non linear baik itu gempa *fling*, *pulse* dan *regular* memiliki kenaikan *interstory drift* yang cukup signifikan, sedangkan nilai terkecil pada gempa *fling*, *pulse*, dan *regular* ialah pada penskalaan DBE linear. Untuk ketiga gambar (a,b, dan c) didapatkan nilai terbesar pada gambar (a) yaitu pada gempa *fling* dengan penskalaan MCE non linear.

4.3.2. Hasil Analisa Simpangan Inelastic



Gambar 4.6: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan DBE linier dan DBE non linier.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan diagram batang hasil analisis simpangan inelastic bahwa rasio simpangan akibat dari gempa *fling* lebih besar dibandingkan dengan gempa *pulse* dan *reguler*. Gempa reguler lebih besar dari pada gempa *pulse* dan dapat disimpulkan bahwa gempa *fling* memiliki nilai rasio simpangan inelastic yang paling besar dan gempa *pulse* memiliki nilai rasio simpangan inelastic yang paling kecil.



Gambar 4.7: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic berdasarkan nilai penskalaan MCE linier dan MCE non linier.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan diagram batang hasil analisis simpangan inelastic bahwa rasio simpangan akibat dari gempa *fling* lebih besar dibandingkan dengan gempa *pulse* dan *reguler*. Gempa reguler lebih besar dari pada gempa *pulse* dan dapat disimpulkan bahwa gempa *fling* memiliki nilai rasio simpangan inelastic yang paling besar dan gempa *pulse* memiliki nilai rasio simpangan inelastic yang paling kecil.

Tabel 4.3: Nilai perbandingan *top displacement* untuk masing- masing gempa

Model	T(s)	<i>Pulse</i>	<i>Fling</i>	<i>Reguler</i>
DBE linier	1,35	100%	97.52568769	100.0998
MCE linier	1,35	100%	97.51909569	100.0962
DBE non linier	1,35	100%	112.3463077	110.2219
MCE non linier	1,35	100%	128.1798283	109.164

Pada tabel 4.4 terdapat beberapa nilai perbandingan *top displacement* untuk ketiga jenis gempa dalam setiap penskalaannya. Besarnya kenaikan yang terjadi dapat dilihat dengan nilai gempa *pulse* sebagai acuan (100%), dalam tabel tersebut nilai *interstory drift* penskalaan MCE non linier < penskalaan DBE linier < penskalaan MCE linier < penskalaan DBE non linier untuk setiap gempa yang dimodelkan terhadap 4 pemodelan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap getaran gempa mengandung *pulse* dan *fling*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa mengandung *pulse* dan *fling* 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 4. Sedangkan pada penskalaan DBE non linier dan MCE non linier nilai simpangan antar tingkat terbesar berada pada lantai rendah.
2. Pada hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa *pulse* dan *fling* 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 linear dan non linear rekaman gempa *fling* memiliki nilai rasio simpangan inelastic paling besar dari rekaman gempa *pulse* dan *regular* yang disebabkan dari nilai scale factor pada masing-masing model. Nilai tersebut didapatkan dari nilai rata-rata simpangan atap yang dimodelkan terhadap 20 rekaman gempa *fling* dan 20 rekaman gempa *pulse* dan 20 rekaman gempa *regular*.

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, 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

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. J., & Widodo, E. (2017). *Karakterisasi Laju Korosi Baja ST 40 Berlapis Polyester Putty dalam Lingkungan Air Payau*. 2(2), 69–76.
- Bock, Y. E. H. U. D. A., Prawirodirdjo, L., Genrich, J. F., Stevens, C. W., McCaffrey, R., Subarya, C., ... & Calais, E. (2003). Crustal motion in Indonesia from global positioning system measurements. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B8).
- ANSI, A. (2005). AISC 358–05 prequalified connections for special and intermediate steel moment frames for seismic applications. *American Institute of Steel Construction Inc., Chicago*.
- ANSI, A. (2012). AISC Seismic Design Manual. *American Institute of Steel Construction Inc., Chicago*.
- Dewobroto, W. (2016). Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain–AISC 2010 Edisi ke-2. *Tanggerang: Penerbit Jurusan Teknik Sipil UPH*.
- Dewobroto, W. (2005). Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa. *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa*, 1–28.
- Eftekhar, G., & Nouri, G. (2018). Seismic Performance Assessment of High-Rise Buildings with Different Lateral Load Resisting Systems Under Near-Field Earthquakes with Fling Step. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 42(4), 361-370.
- Elkady, A., & Lignos, D. G. (2015). Effect of gravity framing on the overstrength and collapse capacity of steel frame buildings with perimeter special moment frames. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(8), 1289-1307.
- Faisal, A. (2019). Perilaku Nonlinear Struktur Gedung Baja Dengan Bentuk Denah L, T Dan U Akibat Gempa. *Progress In Civil Engineering Journal*, 1(1), 63-73.
- Faisal, A., Majid, T. A., & Hatzigeorgiou, G. D. (2013). Investigation of story ductility demands of inelastic concrete frames subjected to repeated earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 44, 42-53.
- Goda, K., & Taylor, C. A. (2012). Effects of aftershocks on peak ductility demand due to strong ground motion records from shallow crustal earthquakes. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(15), 2311-2330.

- Kalkan, E., & Kunnath, S. K. (2006). Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings. *Earthquake spectra*, 22(2), 367-390.
- Khatami, M., Gerami, M., Kheyroddin, A., & Siahpolo, N. (2020). The effect of the mainshock–aftershock on the estimation of the separation gap of regular and irregular adjacent structures with the soft story. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 14(02), 2050008.
- Kurnia dkk. (2014). *baja*.
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4).
- Moestopo, M. (2012). Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa. In *Short Course Seminar Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia (HAKI), Hotel Borubudur, Indonesia*.
- Nugraha, & Fauzy. (2014). *Interval_Konfidensi_Untuk_Satu_Parameter*.
- Pandaleke, R. E., Pangouw, J. D., & Khosama, L. K. (2013). Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok – Kolom Dan Sambungan. *Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok – Kolom Dan Sambungan*, 1(10), 653–663.
- Pawirodikromo, W., 2012, *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar., Yogyakarta
- Putri, F. R., & Permata, A. D. (2016). putri. *Desain Struktur Gedung Apartemen Candiland 21 Lantai*.
- Rizkiani, R. E. (2019). Studi Perbandingan Struktur Gedung Dispenda Kota Samarinda Berdasarkan Sni 03-1726-2002 Dan Sni 03-1726-2012. *Kurva S Jurnal Mahasiswa*, 1(1), 341-353.
- Sianturi, H. L. (2005). *Studi tentang kemungkinan penggunaan polarisasi gelombang S untuk pengecekan penyelesaian mekanisme sumber gempa bumi* (Doctoral dissertation, [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada).
- Salim, M. A., & Siswanto, I. A. B. (2018). *Rekayasa gempa*.
<http://peer.berkeley.edu>.
<http://puskim.pu.go.id>.

<http://strongmotionscenter.org>.

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. Adapun beban gravitasi yang bekerja pada struktur tersebut adalah:

- Beban mati = 90 psf = 4,309 KN/m²
- Beban hidup
 - Pada lantai tipikal = 50 psf = 2,394 KN/m²
 - Pada atap = 20 psf = 0,957 KN/m²
- Beban mati tambahan = 25 psf = 1,197 KN/m²

LAMPIRAN

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 : 4,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 4 m
- Hn : 16,5 m
- Cu : 1,5
- Ct : 0.0724
- x : 0,8

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	0,9025	1,3538	1,6338	1,3538	OK

Berdasarkan Tabel L.1, periode alami struktur yang digunakan adalah batas periode maksimum yaitu 0,64 karena nilai periode pada Program Analisa Struktur lebih besar dari batas maksimum pada model tersebut.

LAMPIRAN

A.3. Modal Participating Mass Ratios

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	1,633858	0,82008	0,82008
Modal	2	0,527713	0,12741	0,94749
Modal	3	0,288361	0,03442	0,98191
Modal	4	0,200648	0,00	0,98191
Modal	5	0,191159	0,00115	0,98307
Modal	6	0,190829	0,01691	0,99998
Modal	7	0,14183	0,00	0,99998
Modal	8	0,141465	1,23E-07	0,99998
Modal	9	0,105218	0,00	0,99998
Modal	10	0,100106	0,00	0,99998
Modal	11	0,091562	0,00	0,99998
Modal	12	0,083336	1,13E-19	0,99998

Tabel L.2: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

Tabel L.3: Hasil selisih persentase nilai perioda

LAMPIRAN

A.4. Berat Sendiri Struktur

Tabel L.5: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur.

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (KN)
4	2492,94
3	2500,17
2	2513,56
1	2519,87
TOTAL	10026,54

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk tersebut adalah 10026,54 KN.

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	67,09	Not ok	Ok
T2-T3	46,37	Not ok	Ok
T3-T4	30,41	Not ok	Ok
T4-T5	4,73	Ok	Not ok
T5-T6	0,17	Ok	Not ok
T6-T7	25,68	Not ok	Ok
T7-T8	0,26	Ok	Not ok
T8-T9	25,62	Not ok	Ok
T9-T10	4,86	Ok	Not ok
T10-T12	8,53	Ok	Not ok
T11-T12	8,98	Ok	Not ok

LAMPIRAN

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

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

❖ Untuk faktor $R=8$, Data struktur:

- S_{D1} : 0,2
- S_{DS} : 0,5
- R : 8,00
- I_e : 1,00
- S_1 : 0,642

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,2}{\left(\frac{8,0}{1}\right)} = 0,0625\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Cs Minimum} &= \frac{0,5 \cdot S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5 \cdot 0,642}{\left(\frac{8,0}{1}\right)} = 0,0401\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5}{1,3538\left(\frac{8,0}{1,0}\right)} = 0,01846\end{aligned}$$

Tabel L.5: Nilai C_s yang digunakan untuk Model 1 ($R=8$).

Arah	C_s Maksimum	C_s Hitungan	C_s Minimum	C_s Digunakan
X	0,0625	0,01846	0,0401	0,01846

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

$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0,01846 \times 178125,46$$

$$V = 3289,28 \text{ KN}$$

✓ 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 0,64 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,07.

Tabel L.6: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 ($R=8$).

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)
4	2522,008	16,5	74483,92	1375,43	1375,43
3	2579,852	12,5	54487,594	1006,17	2381,6
2	2542,6275	8,5	33706,37	622,42	3004,02
1	2511,8675	4,5	15447,58	285,26	3289,28
TOTAL			178125,46		

Berdasarkan Tabel L.6, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk struktur tersebut adalah 3289,28 KN.

LAMPIRAN

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

Tabel L.7: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=8.

<i>Story</i>	V _x	35% V _x <i>base shear</i>	Kontrol
4	1375,43	78,50	Oke
3	2381,6	78,50	Oke
2	3004,02	78,50	Oke
1	3289,28	78,50	Oke
<i>Base</i>	0	0	Oke

LAMPIRAN

A.7. Nilai Simpangan Gedung

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

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
16,5	4	0,01048117	0,037963503	0.08	OK
12,5	3	0,003578715	0,012564134	0.08	OK
8,5	2	0,001294327	0,009427787	0.08	OK
4.5	1	0,00300847	0,016546585	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.7: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

LAMPIRAN

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

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 (%)
4	3533,568905	-	-	-
3	4310,344828	121,98	1436,781609	-
2	6369,426752	147,77	-	-
1	13698,63014	215,07	-	953,42

LAMPIRAN

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

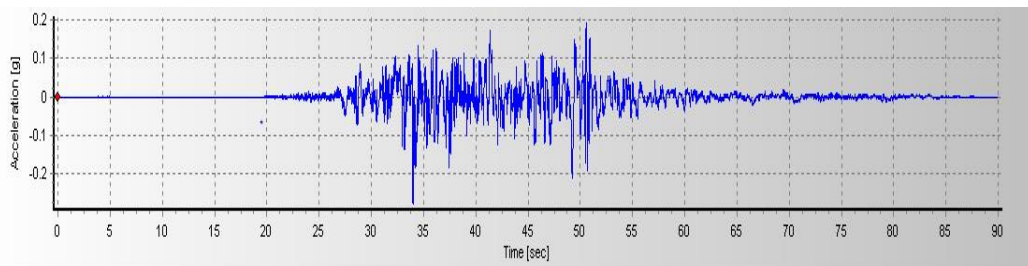
Tabel L.10: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=8).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	V _u	P _u	I _e	C _d	STABILIT Y RATIO	CEK < 1
4	16,5	0,038	1375,43	2524,78	1	5.5	0,0317	OK
3	12,5	0,0126	2381,6	5075,44	1	5.5	0,0122	OK
2	8,5	0,0094	3004,02	7626,1	1	5.5	0,0109	OK
1	4,5	0,0165	3289,27	10176,8	1	5.5	0,0233	OK

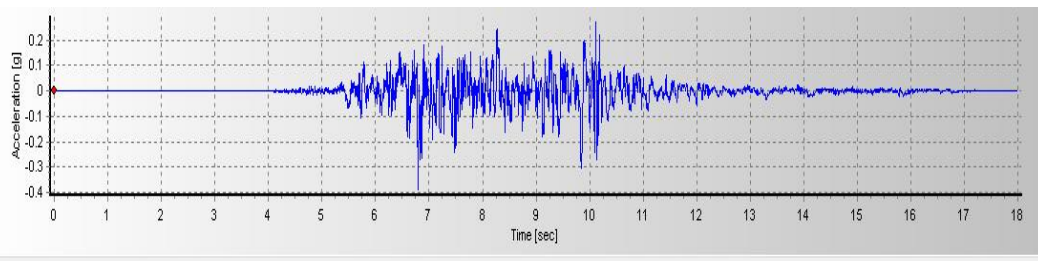
LAMPIRAN

A.10. *Groundmotion* (Rekaman gempa)

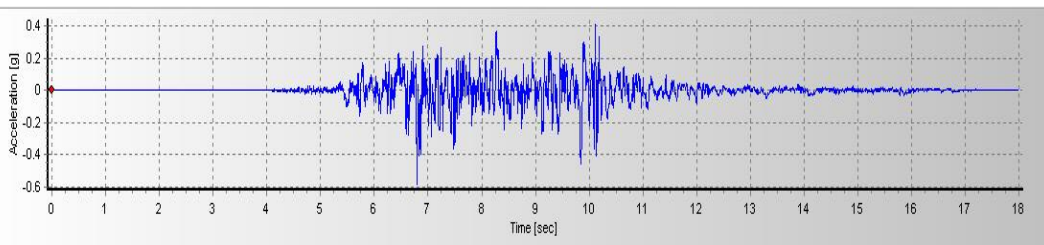
Terdapat dua tipe *groundmotion* yang akan digunakan dalam tugas akhir ini yaitu tipe *groundmotion* baik itu gempa *fling*, *pulse* dan *regular* yang akan diskalakan berdasarkan penskalaan DBE linier, MCE, DBE non linier dan MCE non linier.



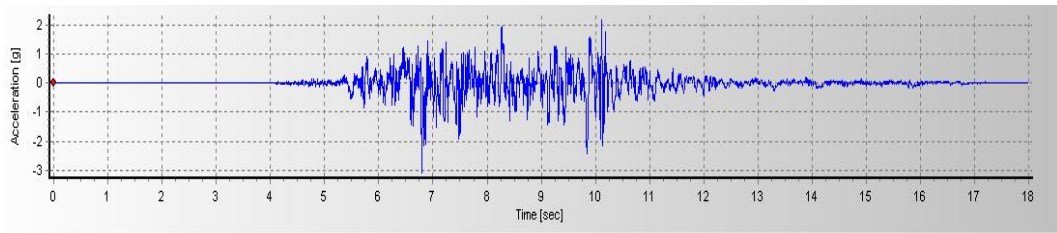
Gambar L.1: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sebelum penskalaan
Ini merupakan gempa mengandung *fling*.



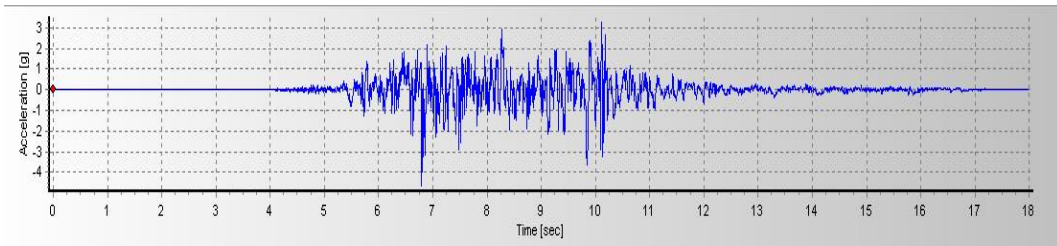
Gambar L.2: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan
DBE linier.



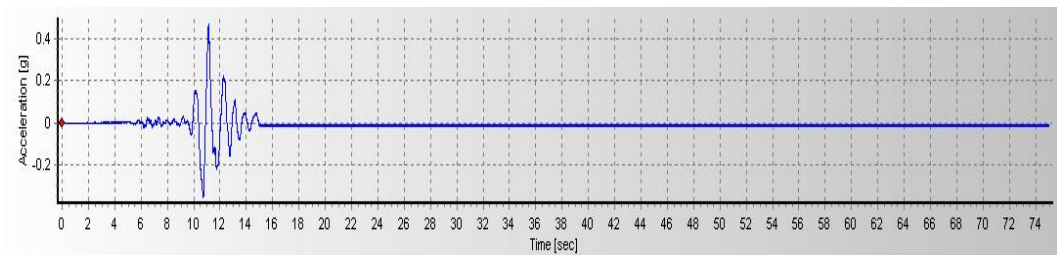
Gambar L.3: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan
MCE linear.



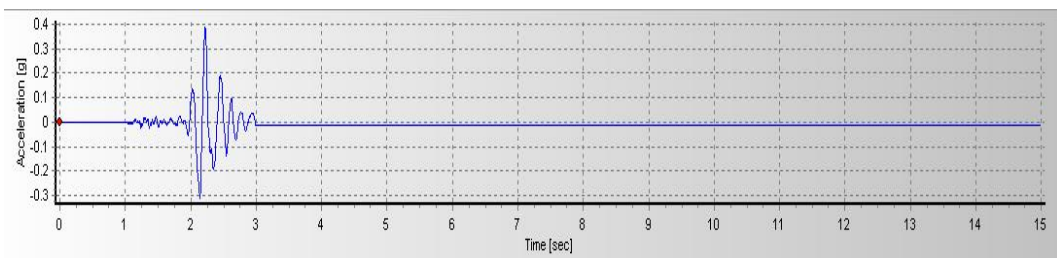
Gambar L.4: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan DBE non linier linier.



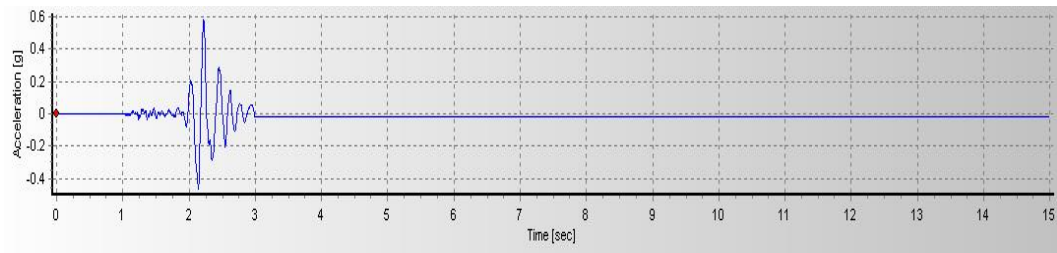
Gambar L.5: Rekaman gempa Chichi Taiwan (TCU049) sesudah penskalaan MCE non linier.



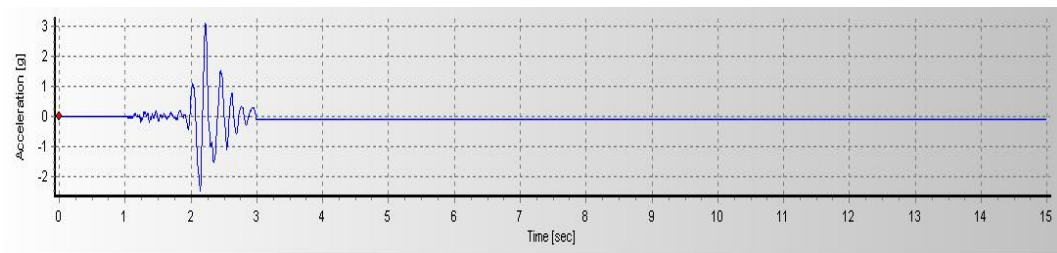
Gambar L.6: Rekaman gempa Chichi Taiwan (Chichi-01) sebelum penskalaan Ini merupakan gempa mengandung *pulse*.



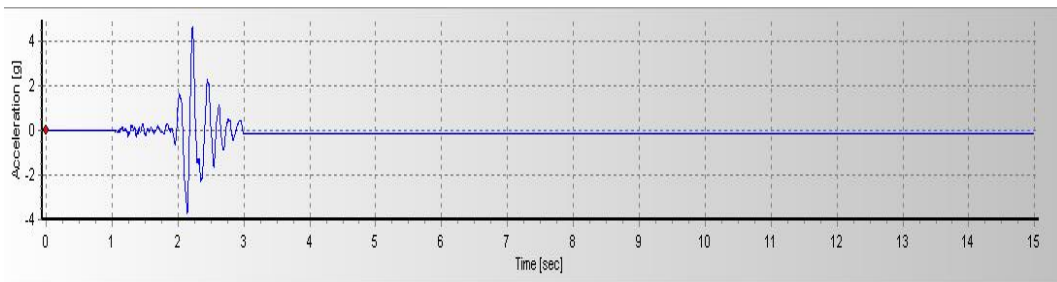
Gambar L.7: Rekaman gempa Chichi Taiwan (Chichi-01) sesudah penskalaan DBE linier.



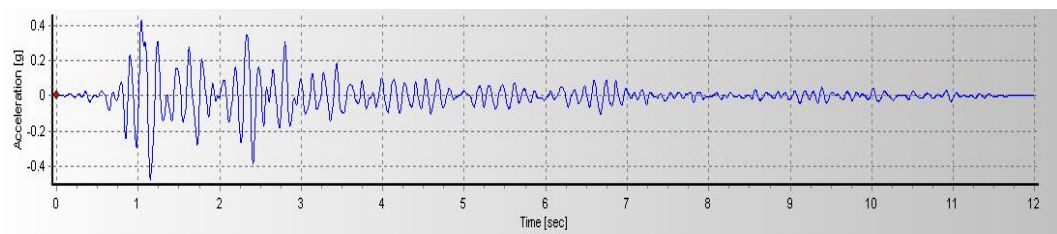
Gambar L.8: Rekaman gempa Chichi Taiwan (Chichi-01) sesudah penskalaan MCE linier.



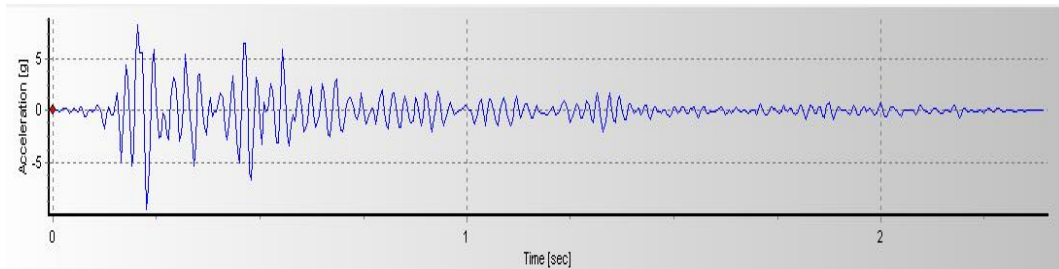
Gambar L.9: Rekaman gempa Chichi Taiwan (Chichi-01) sesudah penskalaan DBE non linier.



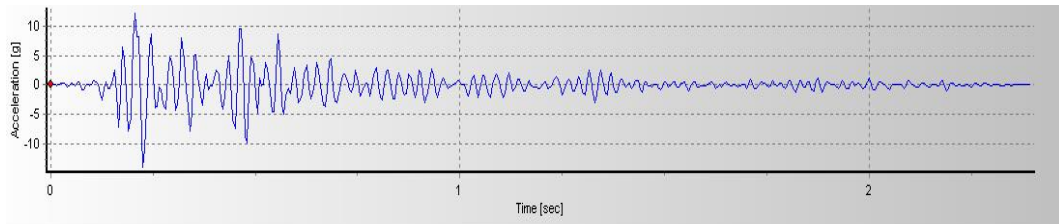
Gambar L.10: Rekaman gempa Chichi Taiwan (Chichi-01) sesudah penskalaan MCE non linier.



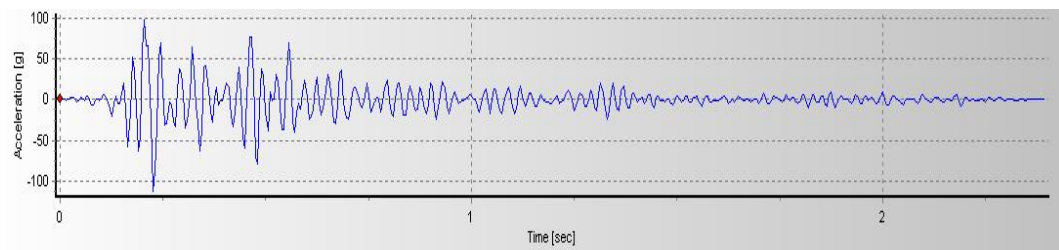
Gambar L.11: Rekaman gempa Umbria Marche sebelum penskalaan Ini merupakan gempa mengandung *regular*.



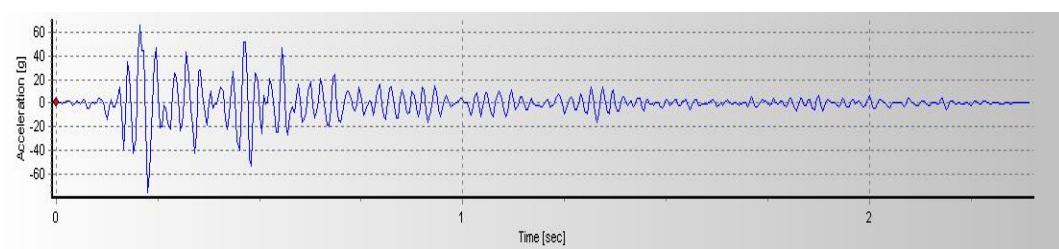
Gambar L.12: Rekaman gempa Umbri Marche sesudah penskalaan DBE linier.



Gambar L.13: Rekaman gempa Umbri Marche sesudah penskalaan MCE linier.



Gambar L.14: Rekaman gempa Umbri Marche sesudah penskalaan DBE non linier.



Gambar L.15: Rekaman gempa Umbri Marche sesudah penskalaan MCE non linier.

LAMPIRAN

A.11. Cek Profil

- Balok (W21 X 73)

Data

A	138,71	cm ²	13871	mm ²
I _x	66600	cm ⁴	666000000	mm ⁴
I _y	2939	cm ⁴	29390000	mm ⁴
r _x	460,305	Cm	46,0305	mm
r _y	219,1	Cm	21,91	mm
S _x	6235	cm ³	6235000	mm ³
S _y	6600	cm ³	6600000	mm ³

Dimensi Profil

d	538	Mm	h	500
bf	211	Mm	h _o	519
tw	11,9	Mm		
tf	19	Mm		

Mutu Baja = F_y 345 MPa

F_u 450 MPa

Sayap

λ_f 5,5526316

Batasan

λ_p 9,149325 Kompak
λ_r 24,07717

Badan

λ_w 42,016807

Batasan

λ_p 90,53016 Kompak
λ_r 137,2399

Analisa Lentur

Kondisi Leleh

$$Z_x = 2824421 \text{ mm}^3$$

$$M_n = M_p = 974425245 \text{ n.mm}$$

$$974,42525 \text{ kN.m}$$

Kondisi Tekuk Torsi Lateral

- Panjang batang saat plastis

$$L_p = 928,45422 \text{ mm} \quad 0,9284542$$

- Panjang Kondisi Residu

$$J = 1245692,5 \text{ mm}^4$$

$$c = 1$$

$$r_{ts} = 34,974398 \text{ mm}$$

$$L_r = 3364,24 \quad 3,364243$$

$$L_p = 0,9284542 \text{ m}$$

$$L_b = 3 \text{ m}$$

$$L_r = 3,3642432 \text{ m}$$

Dengan satu pengekang lateral di tengah

$$M_u = 1848,9719$$

$$L_b/4 = 0,75$$

$$L_b/2 = 1,5$$

$$3L_b/4 = 2,25$$

Analisa Geser

Cek Syarat

h/tw	42,016807		
$2.24*(E/Fy)^{0.5}$	53,932862	oke	
Vn	1325255,4	N	
	1325,2554	KN	
Vu	629,223	KN	
Vu/ØVn	0,4747938	oke	tidak perlu stifner

• Kolom (W21 X 73)

MB	=	-64.32	KN.m		
MA	=	340.55	KN.m	340550000	N.mm
Nu	=	2905.46	KN		
Pgempa	=	20.42	KN		
L	=	4.50	m	4500	mm

Section Properties

Ag	=	195.48	cm ²	19548	mm ²
Ix	=	124900	cm ⁴	1249000000	mm ⁴
Iy	=	4953	cm ⁴	49530000	mm ⁴
rx	=	25.27	cm	252.7	mm
ry	=	5.034	cm	50.34	mm
Sx	=	8700	cm ³	8700000	mm ³
Sy	=	9480	cm ³	9480000	mm ³
d	=	622	mm		
bw	=	229	mm		
tw	=	14	Mm		
tf	=	24.9	Mm		
H	=	572.2	Mm		

Mutu baja	=	Fy = 345 Mpa
		Fu = 450 MPa

1. Efek P-Δ

$$\Delta = 0.004635 \text{ m} \longrightarrow 4.635 \text{ mm}$$

$$H = 20418.75 \text{ N}$$

$$P_{mf} = P_{\text{story}} = P_u = 2905.46 \text{ KN} \longrightarrow 2905460 \text{ N}$$

$$R_m = 0.85$$

$$P_{\text{story}} = 16850420.91 \text{ N}$$

$$B_2 = 1.208351965$$

$$M_r = 411.5042615 \text{ KN.m}$$

$$P_r = 3510.818299 \text{ KN}$$

2. Analisis Kekuatan Nominal Axial Tekan

Sayap	Batas
$\lambda_s = 4.598393574$	$\lambda_f = 13.48321555$ (tidak langsing)

Badan	Batas
$\lambda_w = 40.87142857$	$\lambda_f = 35.87498422$ (langsing)

- Tekuk Lentur

$$k.l / r_{\min} = 89.39213349$$

Batasan :

$$4.71 \cdot (E/F_y)^{0.5} = 113.4034736$$

$$K.L/r_{\min} < 4.71 \cdot (E/F_y)^{0.5}$$

Maka

$$F_{cr} = (0.658^{f_y/f_e}) \cdot f_y$$

$$F_e = 246.7690486 \text{ Mpa}$$

Maka

$$F_{cr} = 192.1703883 \text{ Mpa}$$

$$\phi P_n = F_{cr} \cdot A_g = 3380.892075 \text{ KN}$$

- Tekuk Torsi

$$h_o = 597.1 \text{ mm}$$

$$c_w = 4.41471E+12 \text{ mm}^6$$

$$\begin{aligned}
K_z &= 1 \\
J &= 2903053.481 \text{ mm}^4 \\
G &= 77200 \text{ Mpa} \\
F_e &= 503.6580086 \text{ Mpa} \\
f_y/f_e &= 0.684988611 < 2.25 \\
F_{cr} &= 259.0036607 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

$$\phi P_n = F_{cr} \cdot A_g = 4556.703203 \text{ KN}$$

Ambil ϕP_n minimum

$$\phi P_n = 3380.892075 \text{ KN} \quad \text{diambil dari nilai terkecil}$$

3. Analisis Kondisi Lentur

Sayap		Batas	
$\lambda_s = 4.598393574$		$\lambda_p = 9.149324835$	kompak
		$\lambda_r = 24.07717062$	

Badan		Batas	
$\lambda_w = 40.87142857$		$\lambda_f = 90.53016152$	kompak

- Kondisi Leleh (Yielding)

$$\begin{aligned}
Z_x &= 4550668.85 \text{ mm}^3 \\
M_n = M_p &= 1569980753 \text{ N.mm} \\
\phi M_n = \phi M_p &= 1412.982678 \text{ KN.m}
\end{aligned}$$

- Kondisi Tekuk Torsi Lateral

- Kondisi Tekuk Lokal Sayap Tekan untuk Nonkompak

$$L_b = 4500 \text{ mm} \quad M_n = -640530071.4 \text{ N.mm}$$

$$= -640.5300714 \text{ KN.m}$$

$$L_p = 2133.198793 \text{ mm} \quad \emptyset M_n = -576.4770642 \text{ KN.m}$$

$$C = 1$$

$$R_{ts} = 41.22712741 \text{ mm}$$

$$L_r = 4075.79627 \text{ mm}$$

Kuat Nominal dari profil rencana adalah

$$P_c = \emptyset P_n = 3380.892075 \text{ KN}$$

$$M_c = \emptyset M_n = 1412.982678 \text{ KN.m}$$

Interaksi antara Axial dan lentur pada kolom

$$P_r/P_c = 1.038429569 > 0.2$$

$$P_r/2P_c + (M_{rx}/M_{cx} + M_{ry}/M_{cy})$$

$$0.810445716 < 1 \quad \text{oke}$$



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/1784/II.3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Sipil Pada Tanggal 07 November 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : EGA RISWANDA LUBIS
Npm : 1607210228
Program Studi : TEKNIK Sipil
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : PERBANDINGAN DEFORMASI STRUKTUR SRPM BAJA YANG MENGALAMI GETARAN GEMPA MENGANDUNG PULSE DAN FLING .

Pembimbing -I : Dr. ADE FAISAL

Pembimbing -II

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. Menulis 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, 14 Rabiul Awal 1441 H
11 Nopember 2019 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar ST.MT
NIDN : 0101017202



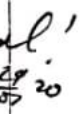
Cc. File



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : EGA RISWANDA LUBIS
NPM : 1607210228
JUDUL : PERBANDINGAN DEFORMASI STRUKTUR SRPM BAJA
YANG MENGALAMI GETARAN GEMPA MENGANDUNG
PULSE DAN FLING

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<ul style="list-style-type: none">- perbaikan Bab 1 & 3- perbaikan Daftar pustaka, list- perbaikan Caption- tambahan info desain balok & kolom	 27/01/20
		<ul style="list-style-type: none">- perbaikan penulisan Bab 1-3- perbaikan teori Desain Balok/Kolom- Daftar isi, pustaka	 28/01/20
		All seminar proposal!	 28/01/20

DOSEN PEMBIMBING

(Dr. ADE FAISAL)



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : EGA RISWANDA LUBIS
NPM : 1607210228
JUDUL : "PERBANDINGAN DEFORMASI STRUKTUR SRPM
BAJA YANG MENGALAMI GETARAN GEMPA
MENGANDUNG PULSE DAN FLING"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- Revisi: Tugasan pd Bab 1	12/02/20
		- Lanjutan ke bab 2	
		- Revisi: metode penelitian	25/03/20
		- Revisi: Bab 2	
		- Model linear dibuat	13/04/20
		- Cek hasil NTHA	
		- Revisi: Bab 2	
		- Lanjutan ke Bab 3	24/05/20
		- Buat model non linear	
		- Revisi: model non linear	
		- Cek hasil NTHA	17/06/20
		- Buat analisis output	
		- Tambahkan model waktu	11/07/20
		- Buat Grafik	
		- Revisi: Grafik sebagai email	
		- Buat bab 4	
		- Revisi: Bab 4	27/08/20
		- Cek hasil analisis	
		- Tambahkan model	15/09/20
		- Cek Grafik & hasil	20/09/20
		- All the seminar keril	04/11/20


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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Ega Riswanda Lubis
Panggilan : Ega
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 20 Agustus 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat Sekarang : Jl. Bersama GG. Sepakat No.15 Medan- Tembung
HP/ Telp.Seluler : 0823 6230 7717

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210228
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kaptan Muchtar Basri BA, No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	Madrasyah Ibtidaiyah Negri Medan	2010
2	SMP	MTs Negri 2 Medan	2013
3	SMA	SMA An- Nizam Medan	2016
4	S1	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2020