

## **TUGAS AKHIR**

# **KINERJA GEMPA STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI INDONESIA (Studi Literatur)**

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

**Disusun Oleh:**

**FAHMAWITA SARI  
1907210180P**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fahmawita Sari

NPM : 1907210180P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Kinerja Gempa Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul  
Momen Khusus (SRPMK) Di Indonesia

Bidang ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 08 Februari 2022

Dosen Pembimbing



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

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fahmawita Sari  
NPM : 1907210180P  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul skripsi : Kinerja Gempa Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul  
Momen Khusus (SRPMK) Di Indonesia  
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

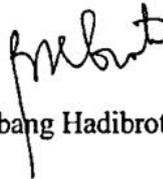
Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



Bambang Hadibroto, S.T., M.T



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

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fahmawita Sari

Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 14 Mei 1997

NPM : 1907210180P

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Kinerja Gempa Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Di Indonesia”,

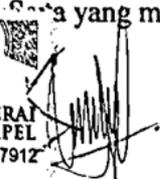
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

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

Medan, 08 Februari 2022

Saya yang menyatakan,

  
Fahmawita Sari

METERAI TEMPEL  
97BEAJX738347912

## ABSTRAK

### KINERJA GEMPA STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI INDONESIA

(*Studi Literatur*)

Fahmawita Sari

1907210180P

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

Gempa bumi merupakan fenomena bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, hal ini mengakibatkan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terjadi gempa khususnya Kota Banda Aceh. Oleh karena itu diperlukan desain khusus untuk bangunan di Indonesia yang mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Salah satunya adalah sistem rangka baja dan beton komposit dimana penggunaan strukturnya sudah banyak berkembang di berbagai negara maju. Struktur komposit memiliki kekakuan lebih besar dari pada struktur non komposit. Dalam tugas akhir ini akan mengevaluasi struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) 2 dimensi pada 2 model struktur yang difungsikan sebagai bangunan perkantoran yang terdapat di daerah Banda Aceh. Model 1 memiliki tinggi 15,86 m (4 lantai) bentang 54,9 m dengan jenis tanah keras (SC), Model 2 memiliki tinggi 23,79 m (6 lantai) bentang 54,9 m dengan jenis tanah batuan keras (SA). Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi, dengan alat bantu *software* Program Analisa Struktur dan RUAUMOKO versi 04. Pada struktur bangunan akan dikenakan respon gempa tunggal yaitu gempa tanpa *pulse*. Hasilnya menunjukkan bahwa model 1 memiliki simpangan *inter story drift* dan *top displacement* terbesar baik analisis secara linier maupun non linier karena dipengaruhi oleh nilai perioda, berat bangunan itu sendiri, dan jenis tanahnya.

Kata kunci: Gempa bumi, *no pulse*, SRPMK, komposit.

## **ABSTRACT**

### ***EARTHQUAKES PERFORMANCE OF COMPOSITE STRUCTURAL OF SPECIAL MOMENT RESISTANCE FRAME SYSTEMS (SRPMK) IN INDONESIA (Literature Study)***

Fahmawita Sari  
1907210180P  
Ade Faisal, S.T, M.Sc., PhD

*Earthquake is a phenomenon of shaking the ground surface due to the sudden release of energy as a result of the breaking/slipping of rock masses in the earth's crust. The greater the energy released, the stronger the earthquake that occurs. Indonesia is located at the confluence of three tectonic plates, this has resulted in Indonesia being an earthquake-prone area, especially the city of Banda Aceh. Therefore, a special design is needed for buildings in Indonesia that are able to withstand the earthquake forces that occur. One of them is a steel and concrete composite frame system where the use of the structure has been widely developed in various developed countries. Composite structures have greater rigidity than non-composite structures. In this final project, we will evaluate the composite structure of the 2-dimensional Special Moment Resistant Frame System (SRPMK) on 2 structural models that function as office buildings in the Banda Aceh area. Model 1 has a height of 15.86 m (4 floors) span 10.98 m with hard soil type (SC), Model 2 has a height of 23.79 m (6 floors) span 10.98 m with hard rock soil type (SA) . The analysis used is Spectrum Response as the design stage and Linear and Nonlinear Time History Response as the evaluation stage, with the help of the Structural Analysis Program software and RUAUMOKO version 04. The building structure will be subject to a single earthquake response, namely an earthquake without a pulse. The results show that model 1 has the largest inter-story drift and top displacement analysis, both linear and non-linear because it is influenced by the period value, the weight of the building itself, and the type of soil.*

*Keywords: Earthquake, no pulse, SRPMK, composite.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kinerja Gempa Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Di Indonesia” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Fakhmudin dan Ibunda Yusmaini, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kakak penulis Erliza Rizky dan Abang Fakhrizal Ahmad yang selalu memotivasi dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu, yang telah membantu dan memotivasi penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 08 Februari 2022

Fahmawita Sari

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Teori Gempa	6
2.3 <i>Ground Motion</i> (Getaran Tanah)	7
2.4 Struktur Komposit	7
2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	9
2.6 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019	9
2.7 Getaran Tanah Akibat Gempa	10
2.8 Respons Simpangan	11
2.9 Kinerja Gempa Struktur Komposit	12

BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Umum	14
3.2 Pemodelan Struktur	15
3.2.1 Data Perencanaan Struktur	15
3.2.2 Konfigurasi Bangunan	16
3.2.3 Dimensi Elemen Balok dan Kolom	17
3.3 Analisa Dinamik Struktur Linear	18
3.3.1 Pembebanan	18
3.3.2 Respons Spektrum Desain	19
3.3.3 Kombinasi Pembebanan	21
3.4 Metode Perhitungan Kuat Perlu Struktur Komposit	23
3.5 Analisa Dinamik Struktur Nonlinear	24
3.5.1 <i>Ground motion Records</i> (Data rekaman gempa)	24
3.5.2 Analisis Respons Riwayat Waktu	26
3.5.3 Momen Leleh ( $M_y$ )	27
3.5.4 Kapasitas Rotasi ( $\theta_p$ )	28
3.5.5 Rotasi Leleh ( $\theta_y$ )	28
3.5.6 Panel Zone	28
3.5.7 Diagram Interaksi Kolom	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Model Linier dan Non Linier	33
4.2 Hasil Analisa Linier	33
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	33
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	34
4.2.3 Koreksi Faktor Redudansi	34
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	35
4.2.5 Nilai Simpangan Gedung	35
4.2.6 Pengaruh Efek P-Delta	35
4.2.7 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak ( <i>Soft Story</i> )	36
4.3 Hasil Analisa Non Linier	36

BAB 5 KESIMPULAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen Struktural Bangunan	18
Tabel 3.2 Berat Material Konstruksi Berdasarkan PPPURG 1987	18
Tabel 3.3 Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2013	19
Tabel 3.4 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$ , $S_{DS} = 1.239$ g	21
Tabel 3.5 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$ , $S_{DS} = 0.826$ g	22
Tabel 3.6 Data Rekaman Getaran Gempa Tanpa Pulse dari PEER NGA	25
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 $v_t$ .	34
Tabel 4.2 Nilai $V_t$ arah X	35
Tabel 4.3 Nilai simpangan atap ( <i>top displacement</i> ) pada analisa linear	39
Tabel 4.4 Nilai simpangan atap ( <i>top displacement</i> ) pada analisa nonlinear	40
Tabel 4.5 Nilai rasio simpangan atap ( <i>top displacement</i> )	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Penampang Untuk Sistem Kolom Komposit (Hu, 2016)	7
Gambar 2.2 Tipikal kecepatan dan perpindahan rekaman gempa: a) <i>far-fault</i> , b) <i>near-fault (forward directivity)</i> , dan c) <i>near-fault (fling-step)</i> (Kalkan dan Kunnath, 2006)	10
Gambar 2.3 Denah Bangunan (a) Tipe C dan (b) Tipe U (Hidayah, 2018)	12
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	14
Gambar 3.2 a) Denah struktur model 1 , b) Proyeksi bangunan model 1 (Etabs, 2016)	16
Gambar 3.3 a) Denah struktur model 2 , b) Proyeksi bangunan model 2 (Etabs, 2016)	17
Gambar 3.4 Respon spektrum untuk kelas situs SC (Puskim, 2019)	20
Gambar 3.5 Respons spektrum untuk kelas situs SA (Puskim, 2019)	21
Gambar 3.6 Diagram interaksi P-M untuk balok-kolom komposit (Hu, 2016)	33
Gambar 4.1 Nilai <i>inter story drift</i> untuk struktur komposit SRPMK model 1 untuk analisa linear	37
Gambar 4.2 Nilai <i>inter story drift</i> untuk struktur komposit SRPMK model 2 untuk analisa linear	37
Gambar 4.3 Nilai <i>inter story drift</i> untuk struktur komposit SRPMK model 1 untuk nonlinear	38
Gambar 4.4 Nilai <i>inter story drift</i> untuk struktur komposit SRPMK model 2 untuk nonlinear	38

## DAFTAR NOTASI

$C_d$	= Faktor pembesaran simpangan lateral
$C_s$	= Koefisien respons seismik
$C_u$	= Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
$DL$	= Beban mati, termasuk SIDL
$E$	= Pengaruh beban seismik horizontal dan vertikal
$E$	= Modulus elastisitas
$E_h$	= Pengaruh gaya seismik horizontal
$E_v$	= Pengaruh gaya seismik vertikal
$E_x$	= Beban gempa arah x
$E_y$	= Beban gempa arah y
$F$	= Frekuensi Struktur
$F_a$	= Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0.2 detik
$F_{PGA}$	= Nilai Koefisien situs untuk PGA
$F_v$	= Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
$g$	= Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$h$	= Tinggi rata-rata Struktur diukur dari dasar hingga level atap
$h_n$	= Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
$h_{sx}$	= Tinggi tingkat di bawah level-x
$I$	= Momen Inersia kolom/balok
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
$K_f$	= Kekakuan geser dari dua sayap kolom
$K_w$	= Kekakuan geser dari dua badan kolom
$l$	= Panjang kolom/balok
$LL$	= Beban hidup
$M_c$	= Momen puncak
$M_u$	= Momen ultimit
$M_y$	= Momen leleh
$P$	= Gaya aksial kolom

$PGA$	= Nilai PGA dibatuan dasar (SB) mengacu pada peta gempa
$Q_E$	= Pengaruh gaya seismik horizontal dari V
$R$	= Faktor Koefisien modifikasi respon
$S_1$	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
$S_a$	= Respons spektra percepatan
$S_{D1}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
$S_{DS}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
$S_S$	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
$T$	= Periode fundamental bangunan
$T_a$	= Periode fundamental pendekatan
$T_{a_{maksimum}}$	= Nilai batas atas periode bangunan
$T_{a_{minimum}}$	= Nilai batas bawah periode bangunan
$V$	= Gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekuivalen
$V_t$	= Gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respon yang telah dilakukan
$V_{wy}$	= Kekuatan geser leleh pada badan kolom
$V_{fy}$	= Kekuatan geser leleh pada sayap kolom
$V_{su}$	= Kekuatan geser ultimate
$W$	= Berat seismik efektif bangunan
$\epsilon$	= Total tegangan yang terjadi
$\epsilon_y$	= Tegangan pada saat leleh
$\gamma_{wy}$	= Regangan leleh pada badan kolom
$\gamma_{fy}$	= Regangan leleh pada sayap kolom
$\mu_p$	= Lendutan pada titik plastis
$\mu_y$	= Lendutan pada titik leleh
$\Delta$	= Simpangan antar tingkat desain
$\Delta_a$	= Simpangan antar tingkat yang dizinkan
$\delta_x$	= Defleksi pusat massa di tingkat x
$\delta_{xe}$	= Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastik

$\theta$	= Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
$\theta_p$	= Koefisien Rotasi plastis
$\theta_{pc}$	= Koefisien Rotasi pasca puncak
$\theta_u$	= Rotasi pada batas ultimit
$\theta_y$	= Rotasi pada saat leleh
$\rho$	= Faktor redundansi struktur
$\omega$	= Kecepatan sudut
$\Omega_0$	= Faktor kuat lebih sistem

## DAFTAR SINGKATAN

CFT	= <i>Concrete filled tube</i>
CQC	= <i>Complete Quadratic Combination</i>
HSS	= <i>Hollow structural Section</i>
PEER	= <i>Pacific Earthquake Engineering Research</i>
PGA	= <i>Peak Ground Acceleration</i>
PPPURG	= <i>Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung</i>
RCA	= <i>Recycled Coarse Aggregate</i>
RCFST	= <i>Recycled Concrete Filled Steel Tube</i>
SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>
SRC	= <i>Steel Reinforced Concrete</i>
SRPMK	= <i>Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus</i>
SRSS	= <i>Square Root of the Sum of Square</i>
WF	= <i>Wide Flange</i>
LRFD	= <i>Load and Resistance Factor Design</i>
ASD	= <i>Allowable Strength Design</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan infrastruktur yang meliputi bangunan gedung, jalan, jembatan, bangunan air dan sarana lainnya, perlu dilakukan perencanaan struktur yang baik untuk mengatasi permasalahan struktur yang timbul akibat bencana alam, seperti halnya gempa. Beberapa gempa besar yang terjadi dalam 10 tahun terakhir dan mengakibatkan kehilangan jiwa serta kerugian material yang mempengaruhi sektor ekonomi dan pembangunan. Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Pengertian tersebut sekaligus menjawab mengapa permukaan tanah menjadi bergetar, yaitu akibat energi gempa yang merambat dari pusat gempa kesegala arah. Sebagaimana diketahui bahwa suatu kekuatan akan terkandung dalam suatu energi, artinya energi gempa akan menghasilkan suatu kekuatan yang dalam hal ini adalah getaran tanah (Pawiradikromo, 2012).

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Hal ini mengakibatkan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terjadi gempa, oleh karena itu diperlukan desain khusus untuk bangunan di Indonesia yang mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Salah satunya adalah sistem rangka baja dan beton komposit dimana penggunaan strukturnya sudah banyak berkembang di berbagai negara maju seperti Jepang dan Cina.

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Aksi komposit timbul bila dua struktural pemikul beban seperti konstruksi lantai beton dan balok baja penyangga disambung secara integral dan melendut secara satu kesatuan. Perbedaan dengan beton bertulang terdapat pada pemikul gaya tariknya, pada struktur beton bertulang, gaya tarik dipikul oleh tulangan baja. Sedangkan pada komposit, gaya tarik, dipikul oleh elemen profil baja. Perencanaan komposit memiliki beberapa

keuntungan seperti: (1) Penghematan berat baja (2) Penampang balok baja dapat lebih rendah (3) Kekakuan lantai meningkat (4) Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (5) Kapasitas pemikul beban meningkat. Lebih lanjut penggunaan struktur komposit memungkinkan pemanfaatan karakteristik dasar masing-masing bahan secara optimal, sehingga dengan penampang yang lebih kecil, mampu memikul beban serta dengan bentang yang sama dengan beton bertulang biasa. Struktur komposit memiliki kekakuan lebih besar dari pada struktur non komposit. Selanjutnya struktur komposit dapat menahan beban lebih besar sekitar 33% sampai 50% atau lebih dari beban yang dapat ditahan oleh balok baja profil bila bekerja sendiri sebagai non-komposit (Tubuh K, Sukrawa, dan Susila, 2017).

Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi kinerja suatu bangunan struktur komposit dengan memperhitungkan gaya gempa di Indonesia yang didesain berdasarkan SNI 1729:2020 untuk spesifikasi struktur kompositnya, sedangkan untuk aturan desain gempa menggunakan SNI 1726:2019. Struktur komposit yang digunakan adalah balok-kolom komposit yang menggunakan kombinasi pelat beton dan profil baja yang akan bekerja sebagai satu kesatuan, kemudian pada kolom digunakan profil baja yang terbungkus dengan struktur beton.

Sebagai bahan studi penelitian, stuktur baja beton komposit akan dijadikan struktur utama dalam perencanaan struktur bangunan gedung yaitu pada perencanaan ini dipilih Gedung perkantoran 4 lantai dan 6 lantai. Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis tertarik untuk membuat judul Tugas Akhir dengan judul “Kinerja Gempa Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Di Indonesia”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah gaya gempa akan memberikan pengaruh simpangan pada struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus berdasarkan analisa linier?
2. Apakah gaya gempa akan memberikan pengaruh simpangan pada struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus berdasarkan analisa nonlinier?

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
  - a. Struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) 2 dimensi pada 6 lantai dan 4 lantai yang difungsikan sebagai bangunan perkantoran yang terdapat di daerah Banda Aceh dengan jenis tanah batuan keras (SA) dan tanah keras (SC)
  - b. Struktur dengan dimensi kolom dan balok yang hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur komposit, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
  - a. Tata cara perencanaan bangunan gedung baja struktural berdasarkan SNI 1729:2020.
  - b. Tata cara perencanaan beton struktural untuk bangunan gedung berdasarkan SNI 2847:2019.
  - c. Spesifikasi baja tulangan beton berdasarkan SNI 2052:2017.
  - d. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung berdasarkan SNI 1727:2013.
  - e. Beban gempa untuk gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2019
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
  - a. Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Respon Spektrum Linear).
  - b. PEER NGA, dan PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
  - c. SEISMOSIGNAL, untuk mengubah ground motion menjadi Respon Spektrum.
  - d. MATLAB versi 07, untuk menskalakan groundmotion.
  - e. RUAOMOKO2D versi 04, untuk menganalisa tahap evaluasi (Analisa Riwayat Waktu Non-linear) yang hanya ditinjau secara 2 dimensi.

4. Parameter yang ditinjau
  - a. Linear adalah semua aspek yang harus dikontrol sesuai dengan SNI 1726:2019, simpangan atap dan simpangan antar tingkat.
  - b. Nonlinear : - Simpangan atap dan;  
- Simpangan antar tingkat

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui simpangan pada struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus akibat gempa berdasarkan analisa linier.
2. Untuk mengetahui simpangan pada struktur komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus akibat gempa berdasarkan analisa nonlinier.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari hasil perencanaan pada pemodelan Struktur Komposit dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung komposit dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan bagaimana kinerja gempa pada bangunan struktur komposit tersebut di Indonesia.

#### **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 komposit, analisa struktur komposit sistem rangka

pemikul momen khusus (SRPMK), dan konsep tentang kekuatan bangunan komposit terhadap gempa yang terjadi.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metode penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan komposit dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur.

### 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**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Pada Bab ini akan dibahas mengenai tinjauan studi dari penelitian sebelumnya dan syarat-syarat atau ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur komposit, teori gempa, sistem struktur penahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019 dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlukan dalam tugas akhir ini.

#### **2.2 Teori Gempa**

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Pengertian tersebut sekaligus menjawab mengapa permukaan tanah menjadi bergetar, yaitu akibat energi gempa yang merambat dari pusat gempa ke segala arah. Sebagaimana diketahui bahwa suatu kekuatan akan terkandung dalam suatu energi, artinya energi gempa akan menghasilkan suatu kekuatan yang dalam hal ini adalah getaran tanah (Pawiradikromo, 2012).

Gerakan atau getaran tanah yang terjadi akibat gempa disebabkan oleh terlepasnya timbunan energi yang tersimpan di dalam bumi secara tiba-tiba. Energi yang terlepas ini dapat berbentuk energi potensial, energi kinetik, energi kimia, atau energi regangan elastis. Pada umumnya gempa-gempa yang merusak lebih banyak diakibatkan oleh terlepasnya energi regangan elastis di dalam batuan (*rock*) di bawah permukaan bumi. Energi gempa ini merambat ke segala arah. dan juga ke permukaan tanah sebagai gelombang gempa (*seismic wave*), sehingga akan menyebabkan permukaan bumi bergetar. Sifat merusak dari suatu gempa tergantung dari besarnya magnitude dan lamanya gempa, serta banyaknya getaran yang terjadi. Perencanaan konfigurasi struktur bangunan dan jenis material yang digunakan pada konstruksi bangunan, juga akan berpengaruh terhadap banyaknya kerusakan struktur bangunan.

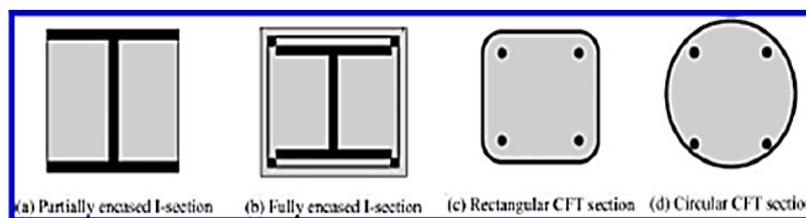
### 2.3 Ground Motion (Getaran Tanah)

Menurut Pawirodikromo, (2012) pada umumnya pengertian gerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah, sekaligus menjadi parameter utama. Gerakan tanah dengan makna seperti itu dimaksudkan sebagai terjemahan atas istilah *ground motions* yaitu suatu istilah yang populer dalam teknik gempa. Istilah tersebut kadang-kadang juga disebut *strong motions* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada respons-respons tanah yang lain. Selain percepatan tanah (*ground acceleration*), maka kecepatan gerakan (*ground velocity*) dan simpangan tanah (*ground displacement*) sangat umum dipakai sebagai sebutan tentang *ground motions*.

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.

### 2.4 Struktur Komposit

Dalam struktur komposit baja-beton, keunggulan dua material dapat ditambahkan sementara kerugiannya dapat dikompensasikan dengan efek komposit. Dua sistem banyak digunakan pada anggota vertikal konstruksi komposit: diperkuat baja beton (SRC), di mana bagian baja terbungkus beton, dan tabung berisi beton (CFT). Penampang melintang tipikal untuk kolom komposit diilustrasikan dalam Gambar 2.8 (Hu, 2016).



Gambar 2.1: Jenis Penampang Untuk Sistem Kolom Komposit (Hu, 2016).

Sambungan yang dikembangkan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menghubungkan kolom CFT dengan balok baja *I-shape* sehingga hanya sistem kolom CFT yang akan dipertimbangkan. Kode desain yang berlaku saat ini, Spesifikasi AISC 2005 (Spesifikasi AISC 2005) mencakup pedoman desain untuk kolom komposit yang terdiri dari bentuk baja struktural yang digulung atau dibangun, pipa atau penampang baja berongga (HSS) dan beton struktural yang bekerja bersama sebagai member komposit. Untuk memenuhi syarat sebagai kolom CFT komposit, batas berikut yang tercantum dalam Spesifikasi AISC 2005 harus dipenuhi:

- Luas penampang HSS harus paling sedikit 1 persen dari total penampang komposit.
- Rasio lebar-tebal maksimum untuk HSS persegi panjang harus sama atau kurang dari  $2.26 \sqrt{E/F_y}$
- Rasio diameter-ketebalan maksimum untuk HSS melingkar yang diisi dengan beton harus kurang dari atau sama dengan  $0.15E/F_y$ . Rasio yang lebih tinggi diterima ketika penggunaannya diverifikasi dengan pengujian atau analisis.

Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , untuk kolom CFT komposit yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas tekuk lentur berdasarkan rasio kelangsingan. Kekuatan tarik desain,  $\phi_t P_n$ , untuk kolom komposit yang diisi harus ditentukan untuk keadaan batas leleh, dengan mengabaikan kekuatan tarik beton.

Selain kekuatan aksial yang tersedia, kekuatan lentur juga perlu dihitung. Spesifikasi AISC 2005 mengadopsi distribusi tegangan plastik penuh berdasarkan asumsi regangan linier di seluruh bagian dan perilaku material elasto-plastik yang sempurna. Dengan asumsi sederhana ini, kekuatan nominal dapat diperkirakan dengan mengasumsikan bahwa baja telah mencapai tegangan leleh baik di bawah tegangan atau kompresi dan bahwa beton telah mencapai kekuatan penghancur saat tekan.

## 2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Dalam penelitian Amrullah, Bagio dan Tistogondo, (2019) menyimpulkan bahwa sistem rangka pemikul momen khusus adalah komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul lentur. Adapun ketentuan sistem rangka pemikul momen khusus, yaitu :

### 1. Persyaratan Gaya

- a. Gaya aksial tekan terfaktor,  $P_u$  tidak boleh melebihi  $A_g f'_c / 10$ .
- b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.

### 2. Tulangan Longitudinal

- a.  $0,025 b_w d \geq \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$  atau  $1,4 b_w d / f_y$
- b. Spasi sengkang  $< d / 4$  atau 100 mm.

### 3. Tulangan Transversal

- a. Sengkang pertama harus dipasang  $\leq 50$  mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum sengkang (S max) :
  - $\leq d / 4$
  - $\leq 6$  kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
  - 150 mm
- b. Sengkang pada daerah lebih dari dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan pada kedua sisi dari suatu penampang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  sepanjang bentang komponen struktur.

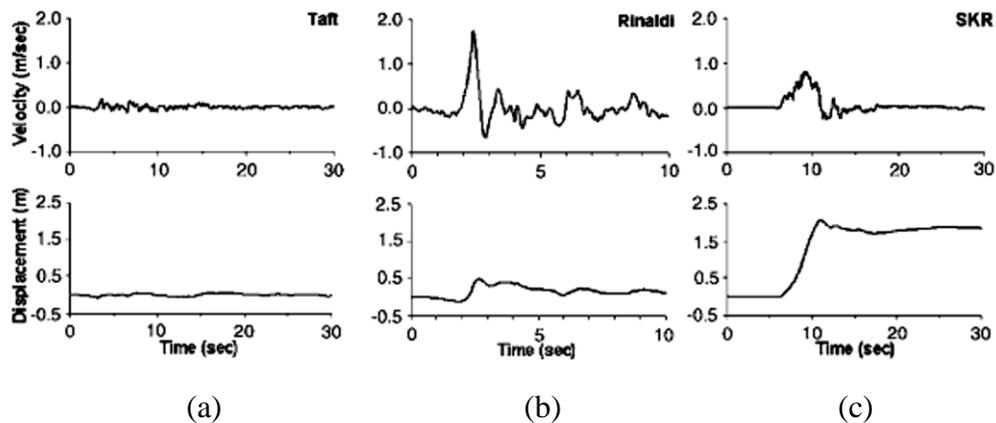
## 2.6 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

Perencanaan suatu konstruksi gedung harus memperhatikan aspek kegempaan, terutama di Indonesia karena merupakan salah satu daerah dengan zona gempa yang tinggi. Aspek kegempaan tersebut dianalisis berdasarkan peraturan yang berlaku di negara tersebut dan Indonesia memiliki peraturan sendiri dan peta gempanya. Peraturan yang digunakan pada penelitian ini ialah SNI 1726:2019 yang merupakan revisi dari SNI 03-1726-2012. Dimana terdapat perubahan dalam penentuan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  serta perubahan perubahan

nilai SS dan S1 yang ada di beberapa kota di Indonesia. Dalam hal ini, tata cara perencanaan bangunan gedung tahan gempa menjadi lebih rasional dan akurat.

## 2.7 Getaran Tanah Akibat Gempa

Karakteristik getaran tanah akibat gempa, seperti efek *pulse*, sangat mempengaruhi respon struktur. Efek *pulse* ialah salah satu jenis efek pada getaran yang dimiliki oleh getaran gempa dekat (*near-fault*), yang ditandai dengan adanya efek lonjakan yang bersifat monotonik. Efek lainnya yang dimiliki oleh getaran gempa dekat adalah efek *fling step*, dimana simpangan yang terjadi jauh dari titik nol setelah terjadinya sebuah lonjakan simpangan yang besar. Gambar 2.2 (a) dan Gambar 2.2 (b) menjelaskan bagaimana karakteristik getaran gempa dengan dan tanpa efek *pulse*, sedangkan Gambar 2.2 (c) menjelaskan getaran gempa dekat yang mengandung efek *fling step*.



Gambar 2.2: Tipikal kecepatan dan perpindahan rekaman gempa: a) *far-fault*, b) *near-fault (forward directivity)*, dan c) *near-fault (fling-step)* (Kalkan dan Kunnath, 2006).

Rekaman gempa pada *far-field* pada prinsipnya berbeda dengan gempa *nearfield* dikarenakan energi gempa yang merambat pada jarak yang jauh maka terdapat waktu yang cukup bagi media tanah untuk menyerap sebagian energi gempa. Semakin jauh gelombang merambat maka semakin besar energi gelombang gempa yang diserap oleh media tanah. Perubahan respon tanah (percepatan, kecepatan dan perpindahan) setelah gelombang gempa merambat pada jarak atau durasi tertentu disebut atenuasi.

Pada umumnya gempa jauh (*far-field*) memiliki percepatan yang lebih kecil, frekuensi yang lebih rendah, impulsif, fluktuatif, respons tanah/batuan dan redaman yang kecil. Karena *ground motion acceleration history*,  $A$  mempunyai frekuensi getaran yang lebih tinggi daripada *velocity* maka *ground acceleration* beraturunasi lebih cepat daripada *ground velocity*,  $V$ . Dengan kondisi seperti ini maka gempa jarak jauh mempunyai  $A/V$  rasio yang lebih rendah daripada gempa jarak-jarak dekat (Kalkan dan Kunnath, 2006).

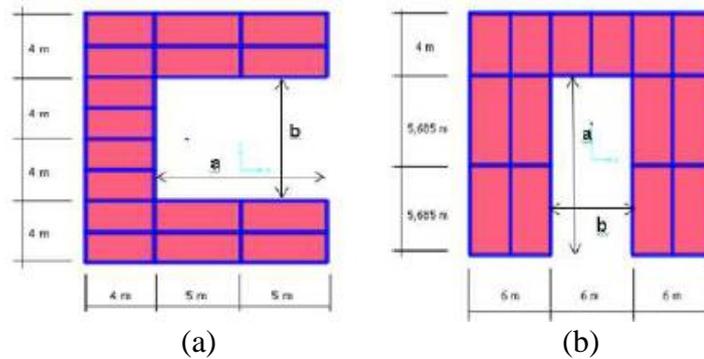
Dalam penelitian Faisal, Hutaeruk dan Tarigan, (2015) disimpulkan bahwa getaran gempa *pulse* memberikan efek berupa simpangan yang lebih besar secara umum dibandingkan dengan getaran gempa tanpa *pulse*. Untuk kapasitas rotasi plastis yang sama dan pada eksentrisitas yang sama, simpangan di sisi fleksibel selalu lebih besar dibandingkan simpangan pada sisi kaku.

## 2.8 Respons Simpangan

Dalam penelitian Hidayah dan Mughni, (2018) disimpulkan bahwa dalam perencanaan struktur gedung, bentuk bangunan memiliki pengaruh terhadap kemampuan bangunan menahan gaya lateral akibat gempa, salah satu indikasi yang menyatakan bangunan tersebut aman terhadap gempa adalah simpangan bangunan, dimana simpangan yang terjadi ( $\Delta$ ) harus lebih kecil dari simpangan ijin ( $\Delta_a$ ). Dalam penelitiannya mengenai analisis struktur gedung bentuk C dan U menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2012 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi perbedaan simpangan struktur dari kedua bentuk bangunan meskipun memiliki salah satu momen inersia yang sama.
2. Posisi *shearwall* mempengaruhi pola simpangan dari kedua struktur tersebut.
3. Letak posisi *shearwall* untuk kedua bentuk bangunan ternyata memiliki lokasi yang berbeda.
4. Bentuk bangunan C memiliki ketahanan terhadap gempa lebih baik dibanding dengan bangunan bentuk U ditinjau dari simpangan struktur, periode getar struktur, *point displacement*, torsi dan gaya geser dasar struktur akibat gempa.

- Meskipun bangunan bentuk C memiliki ketahanan gempa lebih baik, tetapi bangunan bentuk C membutuhkan volume shearwall lebih besar dibanding bangunan bentuk U.



Gambar 2.3: Denah Bangunan (a) Tipe C dan (b) Tipe U (Hidayah, 2018).

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).

## 2.9 Kinerja Gempa Struktur Komposit

Dalam penelitian Li dan Inada, (2017) kapasitas beban lateral spesimen kolom CFT penampang berbentuk kotak I 14-CFT-0,3 yang elemen bajanya dipasang pada keliling luar sejauh mungkin lebih besar dari pada spesimen kolom SRC konvensional 14-SRC- 0.3. Selanjutnya kekuatan lentur yang dihitung dari 14-CFT-0,3 lebih tinggi dari pada 14-SRC-0,3. Telah diverifikasi bahwa spesimen kolom CFT penampang berbentuk kotak yang diusulkan menunjukkan respons yang lebih baik daripada spesimen kolom SRC konvensional, dengan berfokus pada kapasitas beban lateral eksperimental dan kekuatan lentur yang dihitung. Sebagai akibatnya, dapat juga disimpulkan bahwa kinerja gempa kolom CFT penampang berbentuk kotak I yang diusulkan lebih baik dari atau sama dengan

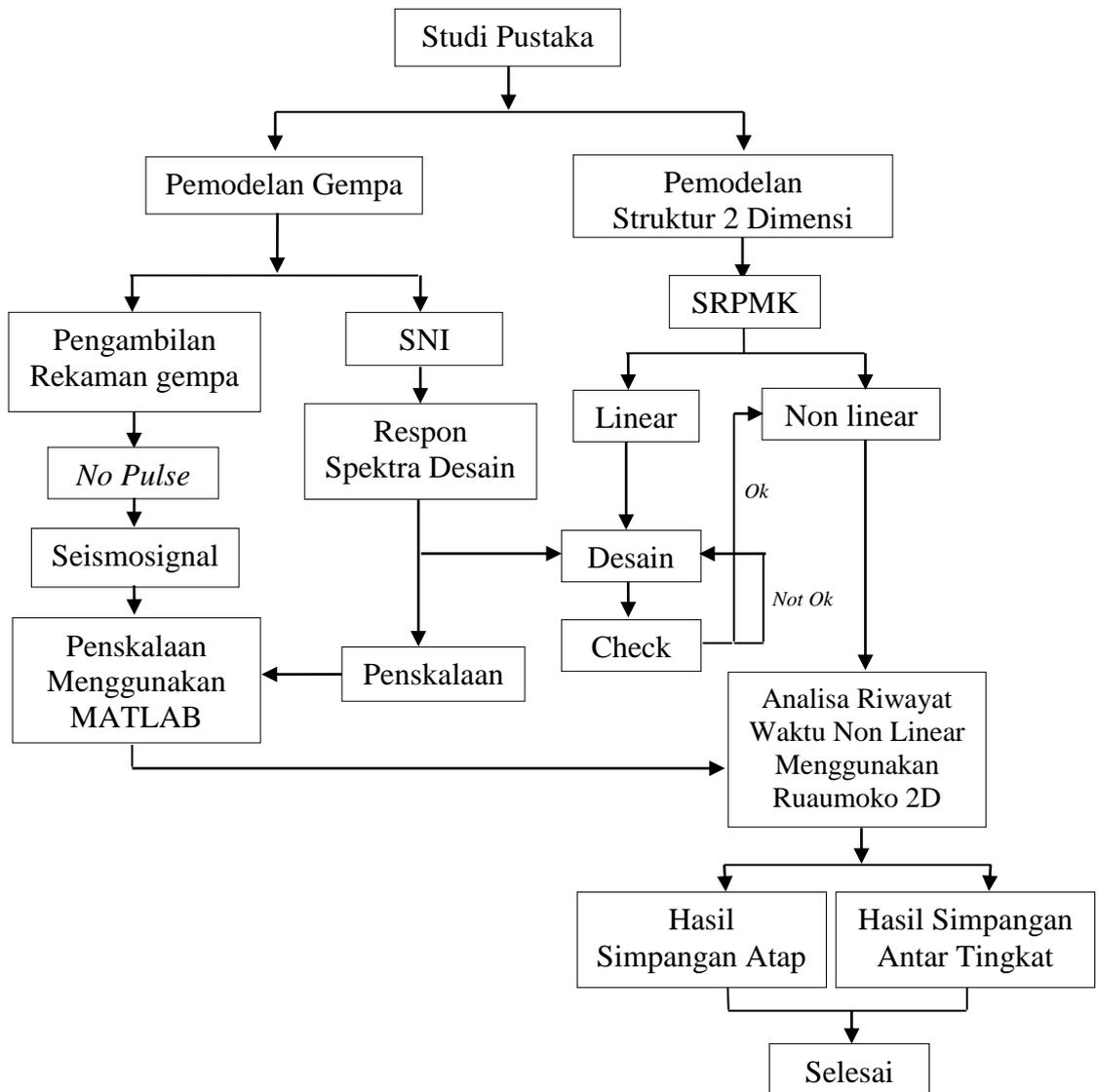
kinerja gempa kolom SRC konvensional. Dan, dianggap bahwa ada kemungkinan kolom CFT penampang berbentuk kotak I yang diusulkan dapat diterapkan pada mega-kolom gedung bertingkat super di masa mendatang.

Sedangkan menurut penelitian Judd dan Pakwan, (2018) konsep sistem CFT ganda mengandalkan sistem penahan gaya lateral primer untuk memasok kekuatan lateral utama, sementara kekuatan dan ketahanan lateral tambahan disediakan oleh kolom CFT. Untuk mengeksplorasi kelayakan konsep, kinerja seismik bangunan konvensional perkantoran 1 lantai, 2 lantai, dan 4 lantai yang diprediksi, dengan rangka momen baja perimeter dan kolom gravitasi sayap lebar, dibandingkan dengan kinerja bangunan yang sama. tetapi menggunakan kolom HSS persegi yang diisi dengan beton tidak bertulang. Analisis memperkirakan bahwa, dibandingkan dengan bangunan konvensional, bangunan dengan sistem CFT ganda memiliki kerentanan 20–83% lebih rendah terhadap keruntuhan seismik, tergantung pada kekuatan dan daktilitas kerangka momen primer, orientasi kolom sayap lebar di bangunan konvensional, dan jumlah cerita. Penggunaan kolom CFT berkekuatan tinggi, tebal, atau sedikit lebih besar tidak secara signifikan meningkatkan keamanan keruntuhan. Bangunan dengan sistem CFT ganda umumnya memiliki kinerja gempa yang lebih baik, tergantung pada desain rangka momen, jumlah lantai, dan intensitas getaran tanah. Bangunan dengan sistem CFT ganda memiliki biaya perbaikan 45% lebih rendah, waktu perbaikan lebih pendek hingga 64%, dan kemungkinan lebih rendah bahwa bangunan tersebut dianggap tidak aman.

**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Umum**

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



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 2 model struktur komposit dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Model bangunan tersebut dianalisa secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan metode Analisa Respon Spektrum serta Analisa Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan software RUAUMOKO versi 04, untuk mendapatkan nilai simpangan atap (*top displacement*) dan simpangan antar tingkat (*inter story drift*) ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

## **3.2 Pemodelan Struktur**

### **3.2.1 Data Perencanaan Struktur**

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

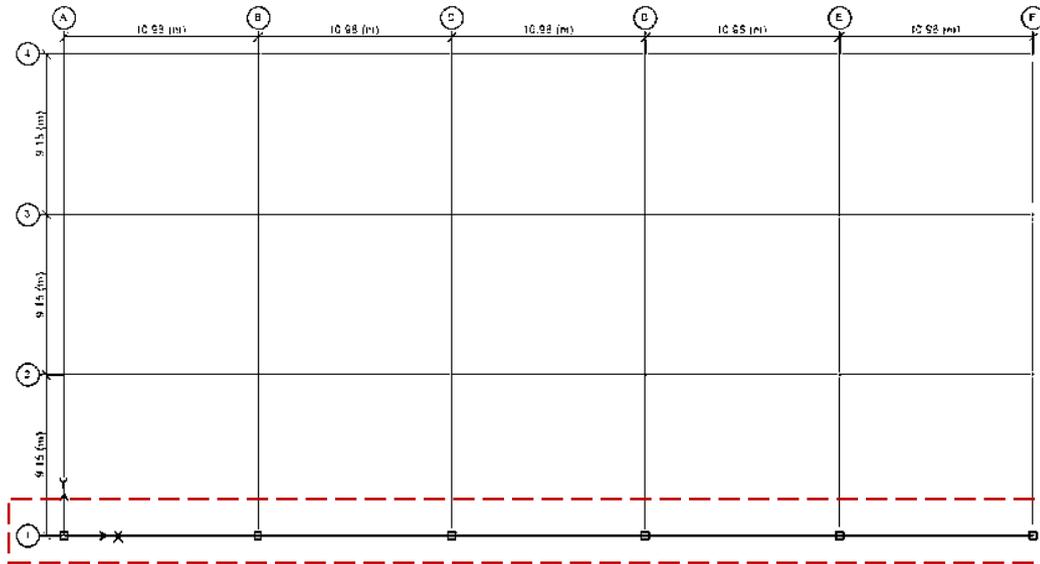
1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Banda Aceh.
3. Klasifikasi situs batuan keras (SA) dan tanah keras (SC).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
5. Jenis portal struktur gedung adalah struktur baja komposit (*Concrete Filled Tubes/CFT*)
6. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) yang digunakan: 27.56 MPa
7. Mutu baja profil yang digunakan adalah ASTM A572-Gr.50
  - a. Kuat leleh minimum ( $f_y$ ): 378.95 Mpa
  - b. Kuat tarik minimum ( $f_u$ ): 502.97 Mpa

### **3.2.2 Konfigurasi Bangunan**

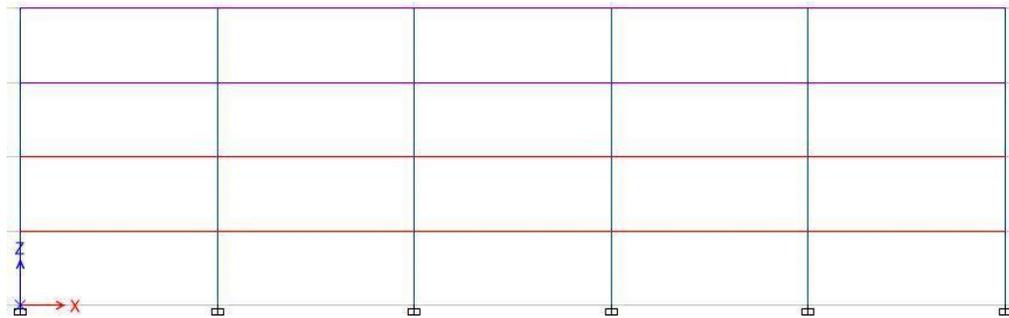
Pada tugas akhir ini, direncanakan struktur bangunan dengan material baja komposit dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan berbentuk simetri. Adapun bentuk pemodelan yang digunakan adalah:

1. Model 1: Bangunan 4 lantai dengan lebar bentang 54.9 meter dan untuk tinggi bangunan lantai tipikal dan base sama yaitu 3.965 meter.

2. Model 2: Bangunan 6 lantai dengan lebar bentang 54.9 meter dan untuk tinggi bangunan lantai tipikal dan base sama yaitu 3.965 meter.

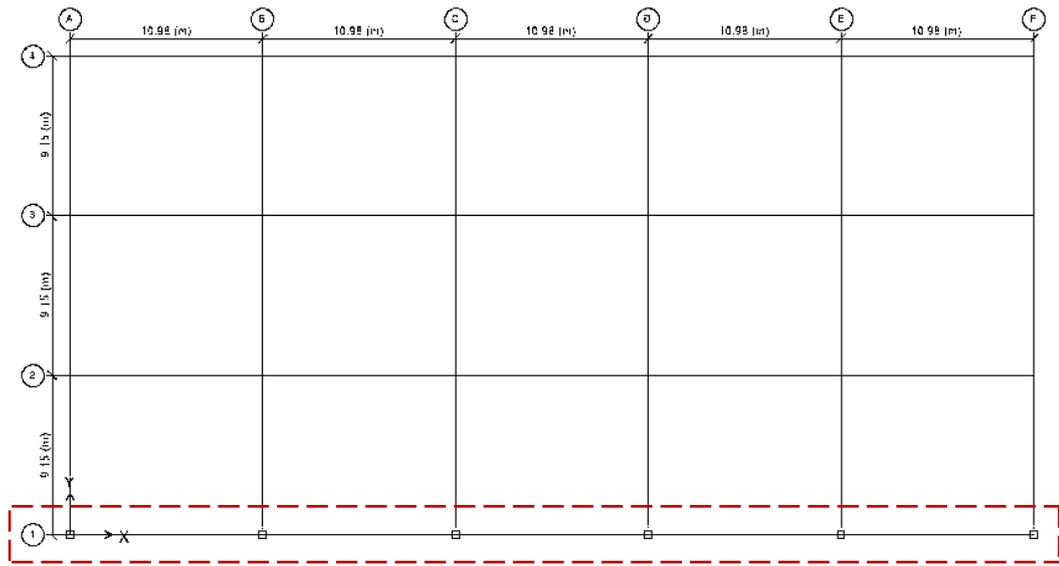


(a)

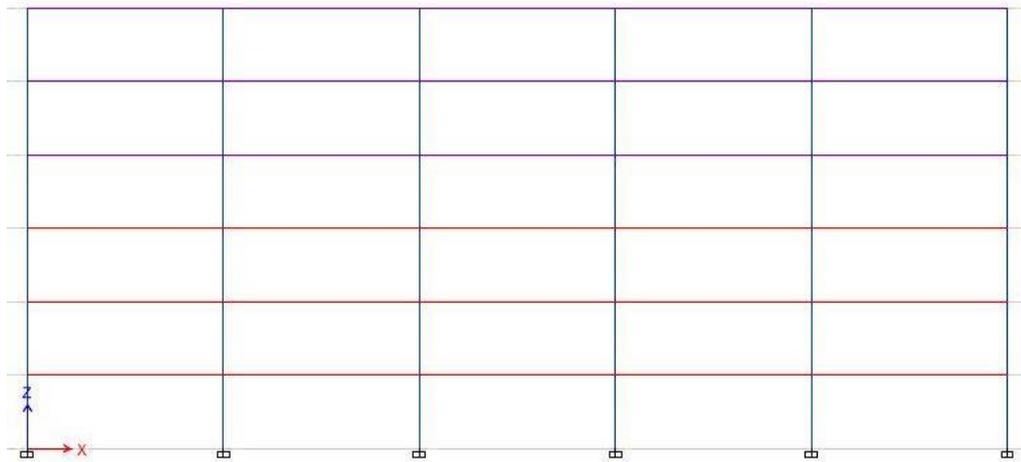


(b)

Gambar 3.2: a) Denah struktur model 1, b) Proyeksi bangunan model 1 (Etabs, 2016).



(a)



(b)

Gambar 3.3: a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2 (Etabs, 2016).

### 3.2.3 Dimensi Elemen Balok dan Kolom

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)
4 Lantai (5@10.98m)	Base	HSS16×16×500	HSS16×16×500	
	1	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×103
	2	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×103
	3	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×84
	4 (roof)			W24×84
6 Lantai (5@10.98m)	Base	HSS16×16×500	HSS16×16×500	
	1	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×103
	2	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×103
	3	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×103
	4	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×84
	5	HSS16×16×500	HSS16×16×500	W24×84
	6 (roof)			W24×84

### 3.3 Analisa Dinamik Struktur Linear

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

#### 3.3.1 Pembebanan

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan diambil dari PPPURG (1987) dan SNI 1727:2013 yang telah disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan. Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan komponen material bangunan. Nilai beban hidup dan beban mati yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2: Berat Material Konstruksi Berdasarkan PPPURG 1987.

Beban Mati	Besarnya Beban
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Plafon dan penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
Adukan /cm dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
Pasangan bata setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari keramik	24 kg/m <sup>2</sup>

Tabel 3.3: Beban Hidup Pada Lantai dan Atap Struktur Berdasarkan SNI 1727:2013.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama	4.79 KN/m <sup>2</sup>
Kantor	2.40 KN/m <sup>2</sup>
Koridor di atas lantai pertama	3.83 KN/m <sup>2</sup>
Atap	1 KN/m <sup>2</sup>

Selanjutnya nilai-nilai tersebut dihitung dan diakumulasikan sesuai dengan luas bangunan pada masing-masing tingkat/lantai yang kemudian digunakan sebagai input dalam pemodelan Program Analisa Struktur.

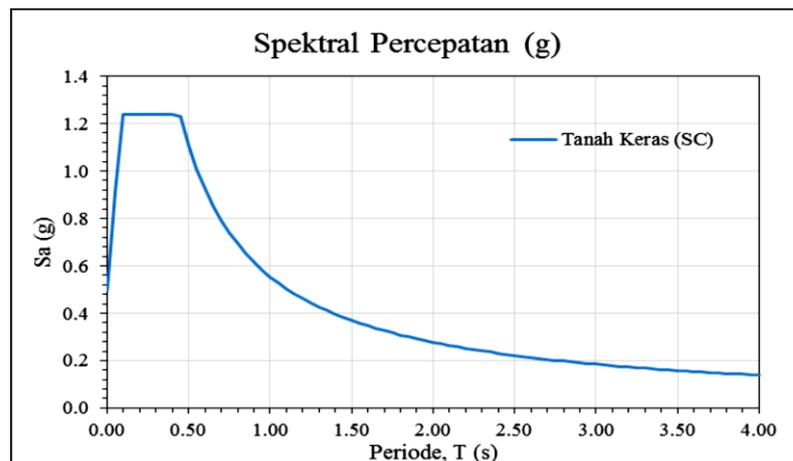
### 3.3.2 Respons Spektrum Desain

Data desain spektra dalam penelitian ini didapat dari PUSKIM PUPR 2019-2020. Dari website tersebut maka akan didapatkan koefisien atau nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut yaitu:

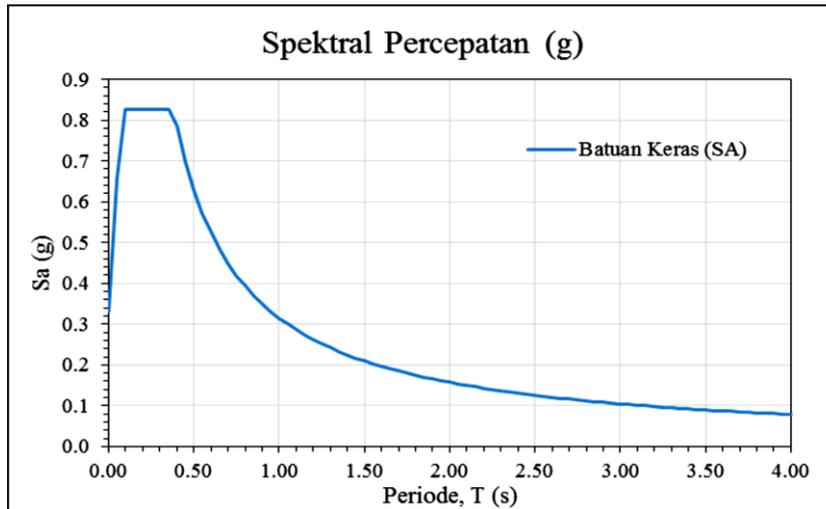
Nama Kota	: Banda Aceh
Kelas Situs	: SC – Tanah Keras
SS	: 1.549100 g
S1	: 0.589700 g
TL	: 14 s
Fa	: 1.200
Fv	: 1.410
SMS = Fa.SS	: 1.859 g
SM1 = Fv.S1	: 0.832 g
SDS = 2/3 SMS	: 1.239 g
SD1 = 2/3 SM1	: 0.554 g
T0 = 0.2 SD1/SDS	: 0.089 s
TS = SD1/SDS	: 0.447 s
Nama Kota	: Banda Aceh
Kelas Situs	: SA – Batuan Keras

SS	: 1.549100 g
S1	: 0.589700 g
TL	: 14 s
Fa	: 0.800
Fv	: 0.800
SMS = Fa.SS	: 1.239 g
SM1 = Fv.S1	: 0.472 g
SDS = 2/3 SMS	: 0.826 g
SD1 = 2/3 SM1	: 0.315 g
T0 = 0.2 SD1/SDS	: 0.076 s
TS = SD1/SDS	: 0.381 s

Respon spektrum untuk periode max ( $T_{max}$ ) 4 detik diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.4. Respons spektrum untuk kelas situs SC digunakan untuk bangunan model 1. Sedangkan respons spektrum untuk kelas situs SA digunakan untuk bangunan model 2. Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Analisis Dinamik Struktur Linear dengan Metode Respon Spektrum pada pemodelan menggunakan Program Analisa Struktur.



Gambar 3.4: Respon spektrum untuk kelas situs SC (Puskim, 2019).



Gambar 3.5: Respons spektrum untuk kelas situs SA (Puskim, 2019).

### 3.3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 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  $S_{DS} = 1.239$  g untuk kelas situs SC dan  $S_{DS} = 0.826$  untuk kelas situs SA. Untuk nilai yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4: Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai  $\rho = 1.3$ ,  $S_{DS} = 1.239$  g.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien ( $E_x$ )	Koefisien ( $E_y$ )
Kombinasi 1	1.4	-	-	-
Kombinasi 2	1.2	1.6	-	-
	$(1.2 + 0.2 S_{DS})DL + 1.0 LL + \rho (\pm 30\% QEx \pm 100\% QEy)$			
Kombinasi 3	1.448	1	0.390	1.300
Kombinasi 4	1.448	1	-0.390	-1.300

Tabel 3.4: Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai  $\rho = 1.3$ ,  $S_{DS} = 1.239$  g (lanjutan).

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien ( $E_x$ )	Koefisien ( $E_y$ )
	$(1.2 + 0.2 S_{DS})DL + 1.0 LL + \rho (\pm 100\% QEx \pm 30\% QEy)$			
Kombinasi 5	1.448	1	1.300	0.390
Kombinasi 6	1.448	1	-1.300	-0.390
	$(0.9 - 0.2 S_{DS})DL + \rho (\pm 30\% QEx \pm 100\% QEy)$			
Kombinasi 7	0.652	-	0.390	1.300
Kombinasi 8	0.652	-	-0.390	-1.300
	$(0.9 - 0.2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% QEx \pm 30\% QEy)$			
Kombinasi 9	0.652	-	1.300	0.390
Kombinasi 10	0.652	-	-1.300	-0.390
Kombinasi Envelope	Nilai absolute dari seluruh kombinasi			

Tabel 3.5: Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai  $\rho = 1.3$ ,  $S_{DS} = 0.826$  g.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien ( $E_x$ )	Koefisien ( $E_y$ )
Kombinasi 1	1.4			
Kombinasi 2	1.2	1.6		
	$(1.2 + 0.2 S_{DS})DL + 1.0 LL + \rho (\pm 30\% QEx \pm 100\% QEy)$			
Kombinasi 3	1.365	1	0.390	1.300
Kombinasi 4	1.365	1	-0.390	-1.300
	$(1.2 + 0.2 S_{DS})DL + 1.0 LL + \rho (\pm 100\% QEx \pm 30\% QEy)$			
Kombinasi 5	1.365	1	1.300	0.390
Kombinasi 6	1.365	1	-1.300	-0.390
	$(0.9 - 0.2 S_{DS})DL + \rho (\pm 30\% QEx \pm 100\% QEy)$			
Kombinasi 7	0.735		0.390	1.300
Kombinasi 8	0.735		-0.390	-1.300
	$(0.9 - 0.2 S_{DS})DL + \rho (\pm 100\% QEx \pm 30\% QEy)$			
Kombinasi 9	0.735		1.300	0.390
Kombinasi 10	0.735		-1.300	-0.390
Kombinasi Envelope	Nilai absolute dari seluruh kombinasi			

Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 10 yaitu kombinasi dengan tipe linear add, sementara Kombinasi Maximum adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi linear add, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun joint tergantung dari posisi bebannya).

### **3.4 Metode Perhitungan Kuat Perlu Struktur Komposit**

Untuk desain dengan metode analisis langsung, kekuatan perlu komponen struktur komposit terbungkus beton dan komponen struktur komposit terisi beton harus ditentukan dengan menggunakan ketentuan Pasal C2 SNI 1729:2020 dan persyaratan berikut ini:

1. Kekakuan lentur nominal komponen struktur yang memikul tekan neto harus diambil sebagai kekakuan efektif penampang komposit,  $EI_{eff}$ , seperti dijelaskan dalam Pasal I2 SNI 1729:2020 atau subbab 2.10.3.
2. Kekakuan aksial nominal komponen struktur yang memikul tekan neto harus diambil sebagai penjumlahan kekakuan aksial elastis setiap komponen.
3. Kekakuan komponen struktur yang memikul tarik neto harus diambil sebagai kekakuan komponen struktur baja telanjang sesuai dengan Bab C SNI 1729:2020.
4. Parameter reduksi kekakuan,  $\tau_b$ , harus diambil sebesar 0.8.

Nilai kekakuan yang sesuai untuk perhitungan defleksi dan untuk penggunaan metode panjang efektif dibahas dalam penjelasan. Sedangkan gaya aksial yang dihitung terdiri dari kekuatan tekan, tarik dan tekan.

#### **1. Kekuatan Tekan**

Kekuatan tekan desain dan kekuatan tekan izin pada komponen struktur komposit terisi beton yang dibebani secara aksial simetris ganda harus ditentukan untuk keadaan batas tekuk lentur yang didasarkan atas kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan desain} = \phi_c.Pn \quad (3.1)$$

Dengan  $\phi_c=0.75$

$$\text{Kuat tekan izin} = Pn/\Omega_c \quad (3.2)$$

Dengan  $\Omega_c=2.00$

## 2. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik tersedia komponen struktur komposit terisi beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$\phi_t.Pn = F_y.A_s + F_{ysr}.A_{sr} \quad (3.3)$$

Dimana :

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_b = 1.67 \text{ (ASD)}$$

$$A_g = \text{Luas penampang bruto komponen struktur (mm}^2\text{)}$$

## 3. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur positif desain,  $\phi_b M_n$ , dan kekuatan lentur positif yang diizinkan,  $M_n/\Omega_b$ , harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$\text{Kuat lentur positif desain} = \phi_b.M_n \quad (3.4)$$

Dengan  $\phi_b = 0.90$  (LRFD)

$$\text{Kuat lentur positif izin} = M_n/\phi_b \quad (3.5)$$

Dengan  $\Omega_b = 1.67$  (ASD)

## 3.5 Analisa Dinamik Struktur Nonlinear

### 3.5.1 *Ground motion Records* (Data rekaman gempa)

Data rekaman gempa diperoleh dari website resmi *Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*. Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Station*, *Date*, dan *Magnitude* agar terdapat korelasi antara data gempa yang diambil dari website tersebut dengan data gempa dari bangunan yang direncanakan.

Data rekaman gempa yang diambil sebanyak 20 rekaman gempa yaitu data rekaman gempa tanpa *pulse* dengan jarak epicentral diatas 20 km yang diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Data Rekaman Getaran Gempa Tanpa Pulse dari PEER NGA.

No	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun	Magnitude
1	Northridge-01	1994	Beverly Hills - 12520 Mulhol	6.69
2	Northridge-01	1994	Arleta - Nordhoff Fire Sta	6.69
3	Northridge-01	1994	Big Tujunga_ Angeles Nat F	6.69
4	Northridge-01	1994	Burbank - Howard Rd.	6.69
5	Northridge-01	1994	Downey - Co Maint Bldg	6.69
6	Northridge-01	1994	Hollywood - Willoughby Ave	6.69
7	Northridge-01	1994	LA - Baldwin Hills	6.69
8	Northridge-01	1994	LA - Century City CC North	6.69
9	Northridge-01	1994	LA - City Terrace	6.69
10	Northridge-01	1994	LA - Hollywood Stor FF	6.69
11	Northridge-01	1994	LA - N Faring Rd	6.69
12	Northridge-01	1994	LA - Obregon Park	6.69
13	Northridge-01	1994	LA - Wonderland Ave	6.69
14	Northridge-01	1994	La Crescenta - New York	6.69
15	Northridge-01	1994	Moorpark - Fire Sta	6.69
16	Northridge-01	1994	Northridge - 17645 Saticoy St	6.69
17	Northridge-01	1994	Santa Monica City Hall	6.69
18	Northridge-04	1994	Pacoima Kagel Canyon	5.93
19	Northridge-04	1994	Moorpark - Fire Sta	5.93
20	Northridge-01	1994	Simi Valley - Katherine Rd	6.69

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 sedang), Selain itu, rentang periode 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.

### 3.5.2 Analisis Respons Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2019 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. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada Tabel 3.6.
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.
- c. Kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia. Respon spektrum akan diskalakan terhadap periode gedung, Kemudian nilai skala akan digunakan untuk penskalaan rekaman gempa yang diambil dari PEER NGA.
- d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan software MATLAB, rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal.

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

$\theta_p$  : Koefisien rotasi plastis

$\theta_y$  : Koefisien rotasi leleh

$\theta_c$  : Koefisien rotasi kapasitas plastis

$\theta_{pc}$  : Koefisien rotasi *post-capping*

$\theta_u$  : Koefisien rotasi ultimit

$\mu\theta c$  : Daktilitas rotasi kapasitas plastis

$r$  : Rasio kekakuan *post-yield*

### 3.5.3 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 ketiga sistem yang direncanakan.

Penampang komposit terisi beton harus diklasifikasikan sebagai tekuk lokal. Kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ) dengan nilai  $\phi_b = 0.90$  (LFRD) komponen struktur komposit terisi beton seperti yang dijelaskan pada subbab 3.4 harus ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (3.6)$$

Dimana:

$M_p$  = momen sehubungan dengan distribusi tegangan plastis di penampang komposit, kip-in. (N-mm)

2. Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (3.7)$$

Dimana:

$\lambda, \lambda_p, \lambda_r$  = rasio kelangsingan yang ditentukan di tabel II.1b SNI 1729:2020

$M_y$  = momen leleh sehubungan dengan leleh sayap tarik dan leleh pertama sayap tekan, kip-in. (Nmm). Kapasitas pada saat leleh pertama harus dihitung dengan asumsi distribusi tegangan elastis linier dengan tegangan tekan beton maksimum dibatasi sampai  $0,70f'_c$  dan tegangan baja maksimum dibatasi sampai  $F_y$ .

3 Untuk penampang langsing

$M_n$ , harus ditentukan sebagai momen leleh pertama. Tegangan sayap tekan harus dibatasi sampai tegangan tekuk lokal,  $F_{cr}$ , yang ditentukan dengan menggunakan Persamaan I2-10 atau Persamaan I2-11 SNI 1729:2020. Distribusi tegangan beton harus elastis linier dengan tegangan tekan maksimum yang dibatasi sampai  $0,70f'_c$ .

#### 3.5.4 Kapasitas Rotasi ( $\theta_p$ )

a. Kapasitas rotasi plastis ( $\theta_p$ )

Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dalam tugas akhir ini nilai  $\theta_p$  yang digunakan adalah kapasitas rendah yaitu 0.04.

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

Pada pemodelan nonlinear ini memilih  $\theta_{pc} = 0.06$  berdasarkan rata-rata Zareian dan studi Krawinkler (2009), sedangkan  $M_c/M_y = 1.13$  berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

#### 3.5.5 Rotasi Leleh ( $\theta_y$ )

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktalitas yang dibutuhkan sebagai input dalam software RUAUMOKO2D versi 04. Nilai rotasi sendi plastis tersebut untuk semua *frame* (balok-kolom) pada struktur gedung yang direncanakan. Nilai  $\theta_y$  untuk semua frame dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

#### 3.5.6 Panel Zone

Zona panel (Panel Zone) pada struktur komposit yang digunakan dalam penelitian ini adalah struktur komposit dari tabung baja (Steel tube) dan inti beton. Secara umum, kekuatan geser zona panel struktur komposit dapat dihitung sebagai superposisi dari kekuatan geser komponen baja dan beton (Hu, 2016). Persamaan teoritis untuk model mekanika ini dibuat dengan menggunakan kontribusi kekakuan geser dari kedua material.

1. Tabung baja

Dua sayap kolom yang dikenakan gaya geser dapat dimodelkan sebagai kolom dengan dukungan tetap menahan deformasi lentur. Kekakuan geser dari dua sayap kolom ( $K_f$ ) adalah:

$$K_f = 2 \frac{12E_s I_f}{(d_b - t_{bf})^2} \quad (3.8)$$

Dimana:

$$I_f = 2 \frac{b_c t_f^3}{12} \quad (3.9)$$

Kekakuan geser dari dua badan kolom ( $K_w$ ) adalah:

$$K_w = 2 (d_c - 2t_f) t_w G_s \quad (3.10)$$

Kekakuan geser ( $K_{s1}$ ) dari tabung baja persegi panjang pada zona panel adalah super-posisi kekakuan geser dari badan kolom ( $K_w$ ) dan kekakuan geser dari sayap kolom ( $K_f$ )

$$K_{s1} = K_f + K_w \quad (3.11)$$

Kuat geser leleh yang dihasilkan ( $V_{wy}$ ) dan regangan leleh ( $\gamma_{wy}$ ) pada badan kolom adalah sebagai berikut:

$$V_{wy} = 2 (d_c - 2t_f) t_w \tau_{sy} \quad (3.12)$$

$$V_{wy} = 2 (d_c - 2t_f) t_w \left( \frac{F_y}{\sqrt{3}} \right) \quad (3.13)$$

$$\gamma_{wy} = \frac{V_{wy}}{K_w} \quad (3.14)$$

Kuat geser leleh yang dihasilkan ( $V_{fy}$ ) dan regangan leleh ( $\gamma_{fy}$ ) pada sayap kolom adalah sebagai berikut:

$$V_{fy} = \frac{4M_{fy}}{(d_b - t_{bf})} \quad (3.15)$$

$$V_{fy} = \frac{4 \left( \frac{b_c t_f^2 F_y}{6} \right)}{(d_b - t_{bf})} \quad (3.16)$$

$$\gamma_{fy} = \frac{V_{fy}}{K_f} \quad (3.17)$$

Kekuatan geser ultimate ( $V_{su}$ ) dari zona panel adalah penjumlahan dari gaya geser dari badan kolom dan sayap kolom saat regangan geser panel zona tiba di regangan leleh ( $\gamma_{fy}$ ) untuk sayap kolom.

$$V_{su} = V_{wy} + V_{fy} \quad (3.18)$$

## 2. Inti beton

Kriteria kegagalan Mohr-Coulomb digunakan untuk memperkirakan kekuatan geser ultimate dari beton. Tegangan geser ultimit ( $\tau_{cu}$ ) beton di zona panel dapat ditentukan sebagai:

$$\tau_{cu} = \sqrt{\left[\frac{f'_c}{11} + \frac{9(f_{cp}+f_{ct})}{22}\right]^2 - \left(\frac{f_{cp}+f_{ct}}{2}\right)^2} \quad (3.19)$$

Regangan geser ultimit yang sesuai dari beton di zona panel adalah:

$$K_c = G_c A_c \quad (3.20)$$

$$V_{cu} = \tau_{cu} A_c \quad (3.21)$$

## 3. Kombinasi tabung baja dan inti beton

Tabung baja di zona panel dibagi secara struktural menjadi badan (*web*) dan sayap (*flange*). Regangan dan kekuatan di mana badan baja meleleh didefinisikan sebagai regangan geser leleh dan kekuatan zona panel, sedangkan regangan dan kekuatan pada sayap baja meleleh didefinisikan sebagai regangan geser ultimit dan kekuatan zona panel. Untuk zona panel struktur komposit, kekakuan geser ( $K$ ), kuat geser leleh ( $V_y$ ), dan kekuatan geser ultimate ( $V_u$ ) adalah penjumlahan dari tabung baja dan inti beton sebagai berikut:

$$K = K_{s1} + K_c \quad (3.22)$$

$$V_y = V_{sy} + V_{cu} \quad (3.23)$$

$$V_u = V_{wy} + V_{fy} + V_{cu} \quad (3.24)$$

### 3.5.7 Diagram Interaksi Kolom

Selain kekuatan aksial yang tersedia, kekuatan lentur juga perlu dihitung. Spesifikasi AISC 2005 mengadopsi distribusi tegangan plastik penuh berdasarkan

asumsi regangan linier di seluruh bagian dan perilaku material elasto-plastik yang sempurna. Dengan asumsi sederhana ini, kekuatan nominal dapat diperkirakan dengan mengasumsikan bahwa baja telah mencapai tegangan leleh baik di bawah tegangan atau kompresi dan bahwa beton telah mencapai kekuatan penghancur saat tekan.

Diagram interaksi P-M yang diilustrasikan pada Gambar 3.5 untuk penampang komposit didasarkan pada distribusi tegangan plastis penuh dan dapat didekati dengan interpolasi linier konservatif antara lima titik (Galambos, 1998). Titik (A) dan (B) masing-masing berhubungan dengan kekuatan aksial penghancuran dan kekuatan lentur penampang. Titik (C) ditambahkan ke posisi sumbu netral plastis (PNA) yang sama dari yang sesuai dengan Titik (B) tetapi di sisi lain dari garis tengah, sehingga mengandung kapasitas lentur yang sama dengan Titik (B) dan besarnya sama ketahanan aksial dari beton saja. Untuk Titik (D), PNA terletak di garis tengah. Akibatnya, titik ini sesuai dengan kekuatan lentur maksimum dan setengah dari kekuatan aksial yang ditentukan untuk Titik (C). Titik (E) adalah titik arbitrer tambahan untuk lebih menggambarkan kelengkungan diagram interaksi pada beban aksial tinggi. Kelima poin tersebut dapat dengan mudah dihitung. Untuk desain, interpolasi bilinear yang disederhanakan dapat digunakan antara Titik (A), (C), dan (B) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.

Persamaan untuk 5 titik spesifik dalam diagram interaksi P-M.

a. Titik (A)

$$P_A = A_s F_y + A_c (0.85 f'_c)$$

$$M_A = 0$$

$$A_s = \text{bidang bentuk baja}$$

$$A_c = h_1 h_2 - 0.858 r_i^2$$

b. Titik (B)

$$P_B = 0$$

$$M_B = M_D - Z_{sn} F_y - 1/2 Z_{cn} (0.85 f'_c)$$

$$Z_{sn} = 2 t_w h_n^2$$

$$h_n = \frac{0.85f'_c A_c}{2[0.85f'_c h_1 + 4t_w F_y]} \leq \frac{h_2}{2}$$

c. Titik (C)

$$P_C = A_c (0.85f'_c)$$

$$M_C = M_B$$

d. Titik (D)

$$P_D = \frac{0.85f'_c A_c}{2}$$

$$M_D = Z_s F_y + 1/2 Z_c (0.85f'_c c)$$

$Z_s$  = modulus penampang plastik sumbu y penuh dari bentuk baja

$$Z_c = \frac{h_1 h_2}{4} - 0.192r_i^3$$

e. Titik (E)

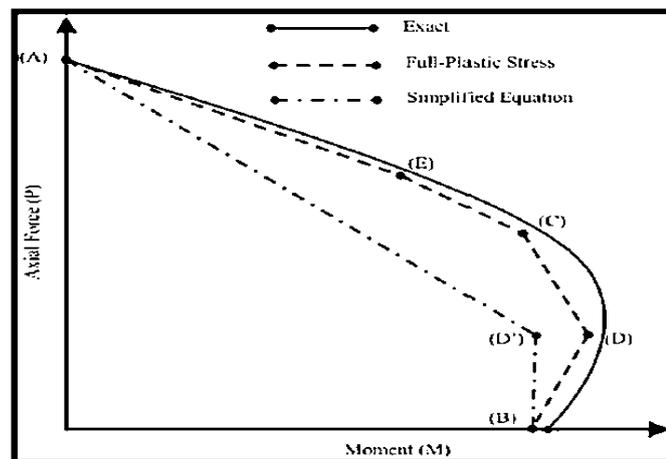
$$P_E = \frac{1}{2} (0.85f'_c) A_c + 0.85f'_c h_1 h_2 + 4F_y t_w h_E$$

$$M_E = M_{max} - \Delta M_E$$

$$Z_{sE} = bh_E^2 - Z_{cE} \quad z_{cE} = h_1 h_E^2$$

$$\Delta M_E = Z_{sE} F_y + 1/2 Z_{cE} (0.85f'_c c)$$

$$h_E = \frac{h_n}{2} + \frac{d}{4}$$



Gambar 3.6: Diagram interaksi P-M untuk balok-kolom komposit (Hu, 2016).

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Model Linier Dan Non Linier**

Pada Bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linier dan non linier oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan dua jenis 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 Linier**

##### **4.2.1 Respon Spektrum Ragam**

Berdasarkan SNI 1726:2019, 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

- a. Model 1 dengan nilai  $R = 8$ , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%.
- b. Model 2 dengan nilai  $R = 8$ , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15%

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A3.

#### 4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1, apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan  $V/V_t$ , dimana  $V$  adalah gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung sesuai pasal ini dan 0, dan  $V_t$  adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

$$\text{Faktor skala} = 100\% V/V_t = V/V_t \geq 1$$

Dimana :

$V$  = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

$V_t$  = gaya geser dasar dari hasil analisis 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)
Model 1	Gempa X (R=8)	474.204	576.078
Model 2	Gempa X (R=8)	297.692	417.035

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka nilai faktor skala harus lebih besar dari 1 atau sama dengan 1.

$$\text{Syarat} : \frac{V_t}{V} \geq 100\%$$

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A5.

#### 4.2.3 Koreksi Gaya Geser Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.4.2, nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada Lampiran A6.

#### 4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

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

Syarat :  $V_t \geq V$  atau  $V_t \geq W.C_s$  Nilai  $V_t$  pada sb. X dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Nilai  $V_t$  arah X.

Struktur	Arah Gempa	$V_t$ (KN)	$W.C_s$	Cek
Model 1	Gempa X (R=8)	576.078	474.204	Ok
Model 2	Gempa X (R=8)	417.035	297.692	Ok

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

#### 4.2.5 Nilai Simpangan Gedung

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat. Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A7.

#### 4.2.6 Pengaruh Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.7, 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 A8.

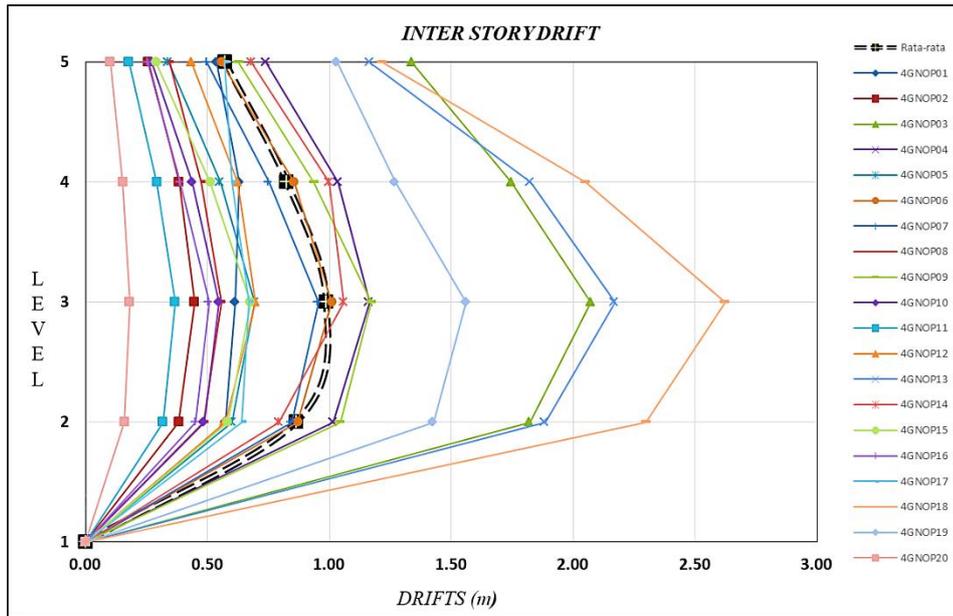
#### **4.2.7 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)**

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, 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*.

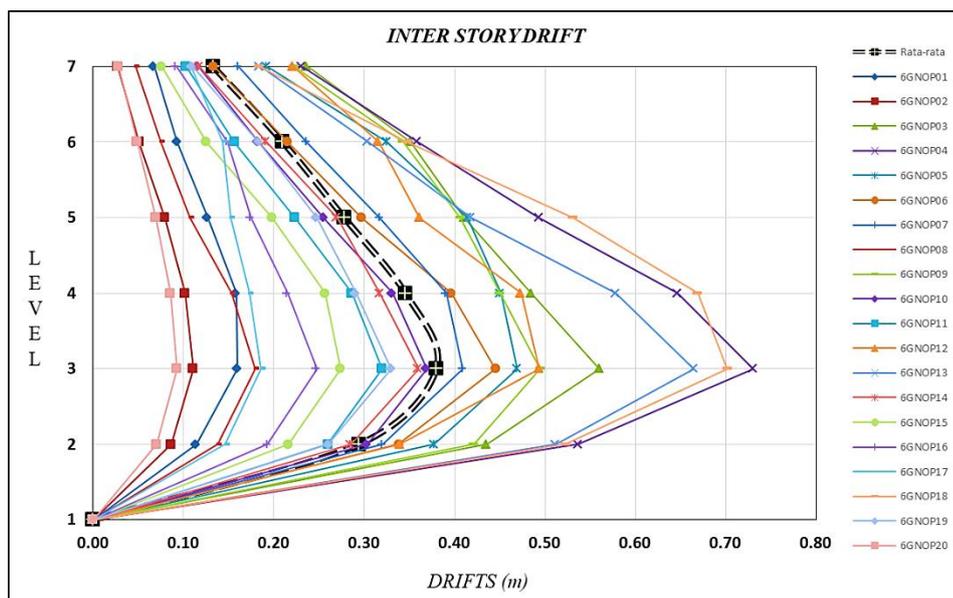
Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A9.

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

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur komposit yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan beberapa rekaman gempa *no pulse* atau yang biasa disebut gempa regular, dan perioda struktur bangunan. Perbedaan nilai perioda didapat dari kedua jenis model yang telah didesain. Setiap model struktur akan diambil data *inter story drift* dan *top displacement* setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada gambar 4.1 sampai 4.4 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *interstory drift* beberapa rekaman gempa *no pulse*. Pada grafik *inter story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa *ground motion* dan nilai rata-rata nya. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil analisa linear untuk mendapatkan berapa rasio untuk simpangan atap (*top displacement*).

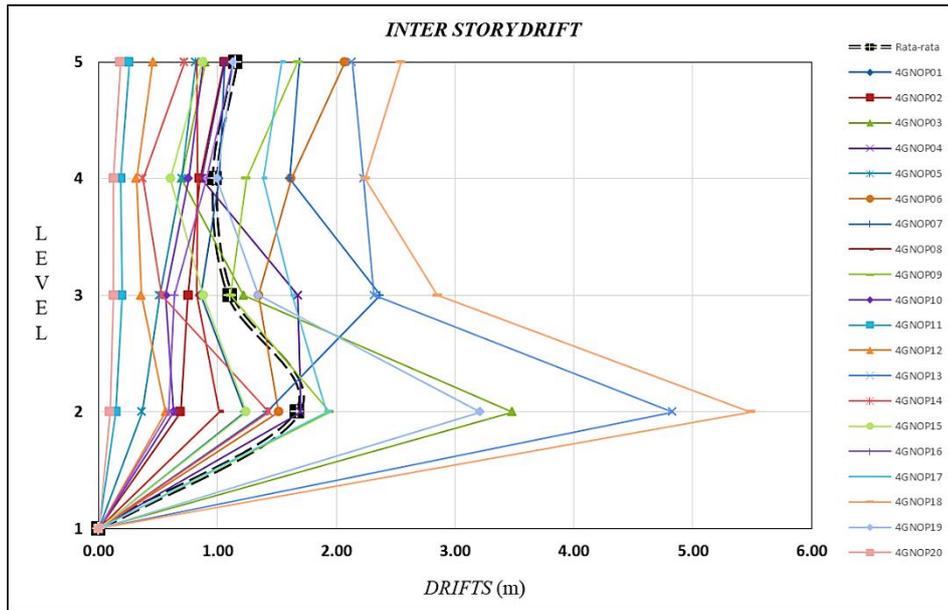


Gambar 4.1: Nilai *inter story drift* untuk struktur komposit SRPMK model 1 untuk linear.

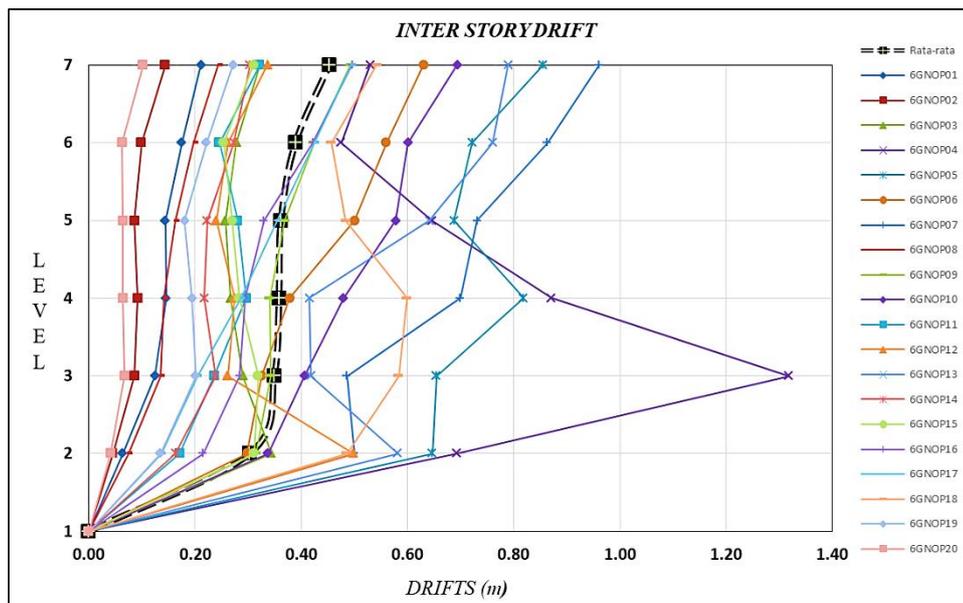


Gambar 4.2: Nilai *inter story drift* untuk struktur komposit SRPMK model 2 untuk linear.

Dari kedua grafik di atas pada hasil analisa linear, di dapat nilai maksimum dari rata-rata *inter story drift* terhadap 20 rekaman gempa untuk model 1 adalah sebesar 0.987 m. Dan nilai maksimum dari rata-rata *inter story drift* terhadap 20 rekaman gempa untuk model 2 adalah sebesar 0.379 m.



Gambar 4.3: Nilai *inter story drift* untuk struktur komposit SRPMK model 1 untuk analisa nonlinear.



Gambar 4.4: Nilai *inter story drift* untuk struktur komposit SRPMK model 2 untuk analisa nonlinear.

Dari kedua grafik di atas pada hasil analisa nonlinear, di dapat nilai maksimum dari rata-rata *inter story drift* terhadap 20 rekaman gempa untuk model 1 adalah sebesar 1.675 m. Dan nilai maksimum dari rata-rata *inter story drift* terhadap 20 rekaman gempa untuk model 2 adalah sebesar 0.453 m.

Tabel 4.3: Nilai simpangan atap (*top displacement*) pada analisa linear.

<i>Ground Motion</i>	<i>Displacement (m)</i>	
	Model 1	Model 2
GNOP01	2.102	0.686
GNOP02	1.452	0.452
GNOP03	6.389	2.081
GNOP04	3.718	2.716
GNOP05	2.179	2.007
GNOP06	3.224	1.680
GNOP07	3.015	1.737
GNOP08	1.709	0.670
GNOP09	3.535	1.889
GNOP10	1.743	1.469
GNOP11	1.136	1.248
GNOP12	2.326	1.920
GNOP13	6.998	2.571
GNOP14	3.474	1.452
GNOP15	2.043	1.100
GNOP16	1.572	0.983
GNOP17	2.090	0.748
GNOP18	8.191	2.945
GNOP19	4.840	1.342
GNOP20	0.570	0.374
Rata-Rata	3.115	1.503

Tabel 4.4: Nilai simpangan atap (*top displacement*) pada analisa nonlinear.

<i>Ground Motion</i>	<i>Displacement (m)</i>	
	Model 1	Model 2
GNOP01	3.447	0.629
GNOP02	2.594	0.296
GNOP03	4.141	1.008
GNOP04	5.043	4.453
GNOP05	2.214	3.917
GNOP06	5.356	2.171
GNOP07	7.003	3.414
GNOP08	3.224	0.735
GNOP09	3.334	1.812
GNOP10	1.958	2.676
GNOP11	0.605	0.900
GNOP12	1.036	1.043
GNOP13	7.511	2.748
GNOP14	2.074	1.230
GNOP15	3.379	1.245
GNOP16	2.444	1.337
GNOP17	6.234	1.542
GNOP18	8.548	2.018
GNOP19	4.714	0.792
GNOP20	0.390	0.193
Rata-Rata	3.762	1.708

Tabel 4.5: Nilai rasio simpangan atap (*top displacement*).

Model	Linear	Nonlinear	Rasio
Model 1	3.115	3.762	0.828
Model 2	1.503	1.708	0.879

Pada Tabel 4.3 sampai pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari simpangan atap (*top displacement*) pada 2 model yang digunakan. Dapat dilihat dalam Tabel 4.5 bahwa rasio terbesar dengan membandingkan nilai analisa linear dengan analisa nonlinear terdapat pada model 2 untuk gedung 6 lantai dengan bentang 10.98 m dengan nilai rasio sebesar 0.879.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil studi ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai maksimum untuk simpangan antar lantai dalam analisa linier terjadi pada struktur model 1 sebesar 0.987 m. Dan nilai maksimum untuk simpangan atap dalam analisa linier juga terjadi pada struktur model 1 sebesar 3.115 m.
2. Nilai maksimum untuk simpangan antar lantai dalam analisa nonlinear terjadi pada struktur model 1, yaitu sebesar 1.675 m. Dan nilai maksimum untuk simpangan atap juga terjadi pada struktur model 1, yaitu sebesar 3.762 m. Nilai rasio terbesar yang didapat dengan membandingkan nilai simpangan atap pada analisa linear dengan analisa nonlinear yang terjadi pada struktur model 2.

#### **5.2 Saran**

1. Dalam Tugas Akhir ini, dimensi balok kolom yang ekonomis diabaikan. Lebih baik untuk penganalisaan selanjutnya komponen tersebut direncanakan agar data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Dalam Tugas Akhir ini, jika terdapat hasil yang kurang sesuai pada analisa linier dan nonlinier diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
3. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, W., Tony, H. B., dan Julistyana, T. (2019). *Desain perencanaan struktur Gedung 38 lantai dengan sistem Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)*, 1 (April 2019). 18-23.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2019)*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847:2019)*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 1729:2020)*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Faisal, A., Denny, M. H., dan Johannes, T. (2015). *Pengaruh Getaran Gempa Yang Mengandung Efek Pulse Dan Tanpa Pulse Pada Struktur Tidak Simetris Sebidang*, 146 (November 2015). 98-104.
- Feng, P., Shi, C., and Tao, Y. (2018). *Seismic Performance of Hybrid Columns of Concrete-Filled Square Steel Tube with FRP-Confined Concrete Core*, 22 (Juli 2018). 1-15.
- Hidayah, W. S., dan Hidayat, M. (2018). *Studi Analisis Simpangan Pada Konstruksi Dengan Titik Pusat Massa Berada Di Luar Bangunan Akibat Respons Spektrum Berdasarkan Sni 03-1726-2012*, 007 (Oktober 2018). 1-12.
- Hu, J. W. (2016). *Smart Connection System Design and Seismic Analysis*. CRC Press/Balkema.
- Judd, J. P., and Nipun, P. (2018). *Seismic performance of steel moment frame office buildings with square concrete-filled steel tube gravity columns*, 172 (Juni 2018.) 41–54.
- Kalkan, E., and Sashi, K. K. (2006). *Effects of Fling Step and Forward Directivity on Seismic Response of Buildings*, 22 (Mei 2015) 367-390.
- Li, W., and T. I. (2017). *Seismic Performance of CFT Column with Boxed I-Shaped Section*, 469 (Januari 2017). 1-9.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

Tubuh, K. D. K., Sukrawa, M., Susila, I. G. A. (2017). *Studi perbandingan perilaku dan kinerja struktur baja menggunakan kolom komposit concrete encased dan concrete filled tube, serta non komposit*, 5 (Juli 2017). 111 – 121.



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

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400  
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA : FAHMAWITA SARI**  
**NPM : 1907210180P**  
**JUDUL : "KINERJA GEMPA STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI INDONESIA"**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaikan di Tugasan Mijalah	
		- perbaikan diagram alir	
		- perbaikan metode	16/02/21
		all proposal	
		seminar!	18/02/21
		- Buat Model komposit linear	
		- Perbaiki Bab 2	20/03/21
		- Lanjutkan ke Bab 3	
		- perbaikan model komposit linear 4lt	16/04/21
		- perbaikan Bab 3	
		- Cetak hasil model 4lt	
		- Lanjutkan ke model 6lt linear	30/04/21
		- perbaikan model 6lt linear	
		- perbaikan Bab 3	18/05/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400  
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**LEMBAR ASISTENSI**

**NAMA : FAHMAWITA SARI**  
**NPM : 1907210180P**  
**JUDUL : "KINERJA GEMPA STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI INDONESIA"**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
-		Lanjutan ke Bab 4	Mh. 26/08/21
-		Cek hasil linear Model 4 & 6 Lt	
-		perbaiki ke Bab 4	Mh. 15/08/21
-		lanjutan ke Model nonlinier kompo 4 Lt	
-		perbaiki model nonlinier kompo 4 Lt	Mh. 20/08/21
-		perbaiki bab 4	
-		lanjutan ke model nonlin kompo 6 Lt	Mh. 19/08/21
-		buat Grafik hasil linear	
-		Cek hasil nonlin 4 & 6 Lt	Mh. 09/09/21
-		perbaiki Grafik & Tabel	
-		Buat Urutannya	Mh. 29/09/21
-		perbaiki Grafik & Tabel	
-		perbaiki Urutannya	Mh. 10/10/21
-		Buat Dapt di, pustaka dll	
-		perbaiki Grafik	Mh. 20/10/21
-		perbaiki Urutannya	
		All utk Seminar hasil	Mh. 20/10/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama lengkap : Fahmawita Sari  
Tempat tanggal lahir : Medan, 14 Mei 1997  
Jenis kelamin : Perempuan  
Alamat : JL. Karya Gg. Mesjid No. 4 Kelurahan Karang Berombak  
Agama : Islam  
No. HP : 081264312499  
Email : fahmawatisari14@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 1. TK Swasta Pertiwi Medan                 | Tahun 2002 - 2003    |
| 2. SD Swasta Pertiwi Medan                 | Tahun 2003 - 2009    |
| 3. SMP Negeri 11 Medan                     | Tahun 2009 - 2012    |
| 4. SMA Swasta Dharmawangsa Medan           | Tahun 2012 - 2015    |
| 5. Diploma III Universitas Negeri Medan    | Tahun 2015 - 2018    |
| 6. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2019 - selesai |