

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI WILAYAH GEMPA (*Studi Literatur*)

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

Disusun oleh:

**AAN ROHIMA RAMBE
1907210210P**



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 : Aan Rohima Rambe
NPM : 1907210210P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : Desain Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul Momen
Khusus (SRPMK) Di Wilayah Gempa
Bidang ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 07 Februari 2022

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aan Rohima Rambe
NPM : 1907210210P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : Desain Struktur Komposit Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Di Wilayah Gempa
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, 07 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Rizki Efrida , S.T., M.T

Dosen Pembanding II



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 : Aan Rohima Rambe

Tempat/Tanggal Lahir : Subulussalam, 05 Januari 1998

NPM : 1907210210P

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

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

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama 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, 07 Februari 2022
Saya yang menyatakan,



Aan Rohima Rambe

ABSTRAK

DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI WILAYAH GEMPA (*Studi Literatur*)

Aan Rohima Rambe
1907210210P
Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Pemilihan material merupakan salah satu aspek penting yang digunakan untuk konstruksi suatu bangunan karena diketahui setiap material memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Salah satunya adalah sistem rangka baja dan beton komposit. Struktur komposit memiliki kekakuan lebih besar dari pada struktur non komposit dimana hal tersebut baik untuk bangunan tahan gempa. Dalam tugas akhir ini akan mendesain 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 10,98 m dengan jenis tanah keras (SC), Model 2 memiliki tinggi 23,79 m (6 lantai) bentang 10,98 m dengan jenis tanah batuan keras (SA). Berdasarkan analisis di dapat kesimpulan bahwa dimensi kolom komposit HSS 16x16x500 serta balok WF 24x84 dan Wf 24x103 telah memenuhi syarat dan dapat digunakan. Dari hasil analisa simpangan antar lantai pada struktur komposit SRPMK diperoleh nilai simpangan antar lantai maksimum pada model 1 sebesar 0,384 m dan pada model 2 sebesar 0,295 m, simpangan antar lantai ini lebih kecil dari simpangan izin yaitu sebesar 0,793 m.

Kata kunci : SRPMK, Komposit, Gempa Bumi.

ABSTRACT

COMPOSITE STRUCTURE DESIGN OF SPECIAL MOMENT RESISTANCE FRAME SYSTEM (SRPMK) IN EARTHQUAKE AREAS (literature study)

Aan Rohima Rambe
1907210210P
Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Material selection is one of the important aspects used for the construction of a building because it is known that each material has different characteristics. One of them is a composite steel and concrete frame system. Composite structures have greater rigidity than non-composite structures which are good for earthquake-resistant buildings. In this final project, we will design a 2-dimensional Special Moment Resistant Frame System (SRPMK) composite structure 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) . Based on the analysis, it can be concluded that the dimensions of the HSS 16x16x500 composite column and the WF 24x84 and Wf 24x103 beams have met the requirements and can be used. From the analysis of the deviation between floors in the SRPMK composite structure, the maximum deviation between floors in model 1 is 0.384 m and in model 2 is 0.295 m, the deviation between floors is smaller than the allowable deviation of 0.793 m.

Keywords: SRPMK, Composite, Earthquake.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini Yang berjudul “Desain Struktur Komposit Sistem rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Wilayah Gempa” Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Ibu Rizki Efrida S.T.,M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain,S.T.,M.Sc selaku Dosen Penguji I dan juga selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis
6. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Aripin Rambe dan Ibunda Nurhayati Maria, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Abang, kakak dan adik yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Kepada diri sendiri yang telah mampu melewati segala rintangan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini, kamu hebat.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat - sahabat penulis yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu, yang telah membantu dan memotivasi selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih banyak terdapat kekurangan dan kekhilafan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dimasa yang mendatang.

Medan, 07 Februari 2022

Aan Rohima Rambe

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	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2_TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Gempa Bumi	6
2.3. Sitem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	7
2.4. Struktur Baja Komposit	8
2.5. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1762:2019	9
2.5.1. Gempa Rencana dan Faktorm Keutamaan	10
2.5.2. Klasifikasi Situs dan Parameter	12
2.5.3. Parameter Percepatan Gempa	13
2.5.4. Parameter Percepatan Spektral Desain	15
2.5.5. Spektrum Respons Desain	15
2.5.6. Kategori Desain Seismik	16
2.5.7. Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik	17
	viii

2.5.8. Periode Alami Struktur	18
2.5.9. Gaya Geser Dasar (Base Shear) Seismik	20
2.5.10. Simpangan (Drift) Akibat Gaya Gempa	22
2.9.11. Pengaruh P-Delta	22
2.5.12. Penentuan Prosedur Analisa	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1. Umum	25
3.2. Pemodelan Struktur	26
3.2.1. Data Perencanaan Struktur	26
3.2.2. Konfigurasi Bangunan	26
3.2.3. Dimensi Elemen Balok dan Kolom	29
3.3. Analisa Dinamik Struktur Linear	29
3.3.1. Pembebanan	29
3.3.2. Respons Spektrum Desain	30
3.3.3. Kombinasi Pembebanan	33
3.4. Metode Perhitungan Kuat Perlu Struktur Komposit	34
3.5. Panel Zone	36
3.6. Diagram Interaksi Kolom	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Hasil Model <i>Linear</i>	41
4.2. Hasil Analisa <i>Linear</i>	41
4.2.1 Respon Spektrum Ragam	41
4.2.2 Koreksi Gempa Dasar Nominal	42
4.2.3 Koreksi Faktor Redundansi	42
4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	43
4.2.5 Nilai Simpangan Gedung	43
4.2.6 Pengaruh Efek P - Delta	46
4.2.7 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	46
4.3. Kekuatan Desain Kolom	46
4.3.1 Kekuatan Tekan Desain	46
4.3.2 Kekuatan Tarik Desain	47
4.3.3 Diagram Interaksi Kolom	47
4.4. Hasil Analisa Kekakuan Sambungan Balok Kolom (<i>Panel Zone</i>)	48

BAB 5_KESIMPULAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.	10
Tabel 2.2	Faktor keutamaan gempa.	12
Tabel 2.3	Klasifikasi situs.	12
Tabel 2.4	Koefisien situs, F_a .	14
Tabel 2.5	Koefisien situs, F_v .	14
Tabel 2.6	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.	17
Tabel 2.7	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.	17
Tabel 2.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.	18
Tabel 2.9	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.	19
Tabel 2.10	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x .	19
Tabel 2.11	Prosedur analisa yang diizinkan.	24
Tabel 3.1	Komponen struktural bangunan model 1.	29
Tabel 3.2	Komponen struktural bangunan model 2.	29
Tabel 3.3	Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987.	30
Tabel 3.4	Beban hidup pada lantai dan atap struktur berdasarkan SNI 1727:2013.	30
Tabel 3.5	Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 1.239$ g.	33
Tabel 3.6	Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $SDS = 0.826$ g.	34
Tabel 4.1	Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spectrum output Program Analisa Struktur V_t .	42
Tabel 4.2	Perbandingan nilai V_t dan $C_s.W$.	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Detail sambungan antara kolom komposit dan balok baja (Jeddi dkk, 2016).	9
Gambar 2.2	Spektrum respons desain.	16
Gambar 2.3	Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia.	21
Gambar 3.1	Bagan alur penelitian.	25
Gambar 3.2	a) Denah struktur model 1, b) Proyeksi bangunan model 1.	27
Gambar 3.3	a) Denah struktur model 2, b) Proyeksi bangunan model 2.	28
Gambar 3.4	a) Respon spektrum untuk kelas situs SA, b) Respon spektrum untuk kelas situs SC.	32
Gambar 3.5	Diagram interaksi P-M untuk balok-kolom komposit.	40
Gambar 4.1	Kurva hasil analisis simpangan total lantai (<i>actual drift</i>) model 1.	44
Gambar 4.2	Kurva hasil analisis simpangan total lantai (<i>actual drift</i>) model 2.	44
Gambar 4.3	Kurva hasil analisis simpangan antar lantai (<i>IDR</i>) model 1.	45
Gambar 4.4	kurva hasil analisis simpangan antar lantai (<i>IDR</i>) model 2.	45
Gambar 4.5	Diagram interaksi kolom.	47

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
Kf	= Kekakuan geser dari dua sayap kolom
Kw	= 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
ϵ	= Total tegangan yang terjadi
ϵ_y	= Tegangan pada saat leleh
γ_{wy}	= Regangan leleh pada badan kolom
γ_{fy}	= Regangan leleh pada sayap kolom
μ_p	= Lendutan pada titik plastis
μ_y	= Lendutan pada titik leleh
Δ	= Simpangan antar tingkat desain
Δ_a	= Simpangan antar tingkat yang dizinkan
δ_x	= Defleksi pusat massa di tingkat x
δ_{xe}	= Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastik
θ	= Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
θ_p	= Koefisien Rotasi plastis
θ_{pc}	= Koefisien Rotasi pasca puncak

θ_u	= Rotasi pada batas ultimit
θ_y	= Rotasi pada saat leleh
ρ	= Faktor redundansi struktur
ω	= Kecepatan sudut
Ω_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	= Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
RCA	= <i>Recycled Coarse Aggregate</i>
RCFST	= <i>Recycled Concrete Filled Steel Tube</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SRC	= <i>Steel Reinforced Concrete</i>
SRPMK	= Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
SRSS	= <i>Square Root of the Sum of Square</i>
WF	= <i>Wide Flange</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu daerah rawan gempa, hampir setiap wilayah di Indonesia berpotensi terjadinya gempa. Hal ini dikarenakan Indonesia terletak di tengah cincin api Pasifik yang mana merupakan daerah yang memiliki banyak sesar atau zona rekahan, juga merupakan jalur gempa sabuk *alpine* yang merupakan jalur gempa paling aktif nomor dua di dunia, serta ada tumbukan tiga lempeng benua yaitu lempeng Indo-Australia dari selatan, Eurasia dari utara, dan Pasifik dari timur, dan termasuk punya banyak gunung berapi, Indonesia adalah wilayah paling aktif secara seismik di muka bumi (Anonymous, 2018).

Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Karena itu sistem struktur bangunan yang akan dibangun harus memenuhi serta mengikuti kaidah bangunan tahan gempa sehingga ketika terjadi gempa, struktur yang dibangun dapat bertahan.

Dalam Standar Nasional Indonesia 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, ada 84 macam sistem penahan gempa yang dapat digunakan. Salah satunya adalah sistem rangka baja dan beton komposit di mana penggunaan strukturnya sudah banyak berkembang di berbagai negara maju seperti Jepang dan Cina.

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua atau lebih material berbeda sifat dan karakteristik yang berkerja bersama sama untuk memikul beban yang berkerja pada suatu struktur, dalam hal ini digunakan material baja dan beton. Perbedaan dengan beton bertulang terdapat pada pemikul gaya tariknya. pada struktur beton bertulang, gaya tarik dipikul oleh tulangan baja. Sedangkan pada struktur komposit, gaya tarik dipikul oleh elemen profil baja.. Kelebihan dari struktur komposit yang didapat dalam perencanaan adalah : (1) Penghematan berat struktur oleh baja. (2) Penampang profil balok yang lebih kecil. (3) Peningkatan kekakuan lantai. (4) Panjang bentang tertentu dapat lebih besar. (Salmon, 2009).

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, dan struktur komposit memiliki defleksi yang lebih kecil sebesar 20% hingga 30% dari non-komposit dengan ukuran yang sama. 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. Kelebihan lainnya dari struktur komposit adalah memungkinkannya untuk memiliki struktur yang memiliki tinggi tiap lantai lebih kecil, fakta penting dalam *high rise building*. Dengan mengecilnya tinggi tiap lantai dapat mengurangi tinggi total bangunan, sehingga dapat mengurangi juga biaya dinding, *plumbing*, kabel, lift dan pondasi. Selain itu dengan mengurangi tinggi balok dapat mengurangi biaya untuk tahan api karena pelapisan material tahan api yang harus dilakukan menjadi dapat lebih sedikit (McCormac, 2012).

Sebagai bahan studi perencanaan, stuktur baja beton komposit akan dijadikan struktur utama dalam perencanaan struktur bangunan gedung yaitu pada perencanaan ini di pilih Gedung perkantoran 4 lantai dan 6 lantai. Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis tertarik untuk membuat judul Tugas Akhir dengan judul “Desain Struktur Komposit SRPMK di Wilayah Gempa.”

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa dimensi struktur komposit yang dapat digunakan dalam perencanaan gedung dengan SRPMK di wilayah gempa?
2. Berapa nilai simpangan antar lantai yang disyaratkan oleh SNI 1729:2019?

1.3. Ruang Lingkup

Mengingat luasnya permasalahan dan dengan keterbatasan waktu, maka perlu pembatasan masalah dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah yang ditetapkan yaitu sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:

- a. Struktur Komposit (Baja-Beton) 2 Dimensi dengan sistem pemikul gaya seismiknya Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Bentuk struktur terdiri dari 6 lantai dan 4 lantai yang difungsikan sebagai 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 dianalisa pada batas aman dan 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 dan PPPURG (1987).
 - 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
 - b. PUSKIM PUPR 2019 untuk mendapatkan rekaman gempa.
 4. Parameter yang ditinjau:
 - a. *Linear* adalah semua aspek yang harus dikontrol sesuai dengan SNI 1726:2019

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mendapatkan dimensi struktur komposit yang dapat digunakan dalam perencanaan gedung dengan SRPMK di wilayah gempa.
2. Untuk mendapatkan nilai simpangan antar lantai yang disyaratkan oleh SNI 1729:2019.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari desain 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) bila berada di wilayah gempa.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan baja, analisa struktur baja sistem rangka pemikul momen Khusus (SRPMK), dan konsep tentang kekuatan bangunan komposit terhadap gempa yang terjadi.

BAB 3 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 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diterima penulis agar lebih baik lagi kedepannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pada Bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar dan syarat-syarat/ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur baja, Sistem Pemikul Rangka Momen Khusus (SRPMK), teori gempa, sistem struktur penahan gempa, tata cara 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. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (BMKG). Getaran gempa dapat disebabkan oleh banyak hal antara lain seperti peristiwa vulkanik, yaitu getaran tanah yang disebabkan oleh aktivitas desakan magma ke permukaan bumi atau meletusnya gunung berapi. Gempa yang terjadi akibat aktivitas vulkanik ini disebut gempa vulkanik. Gempa vulkanik terjadi di daerah sekitar aktivitas gunung berapi dan akan menyebabkan mekanisme patahan yang sama dengan gempa tektonik. 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. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka pemikul momen khusus merupakan sistem rangka di mana komponen strukturnya direncanakan mampu memikul lentur akibat gaya dari beban gempa. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan kategori desain seismik D, E, atau F (SNI-2847:2013, 2013).

Menurut Amrullah dkk, (2019) menyebutkan bahwa Ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus sebagai berikut:

1. Persyaratan Gaya

- a. Gaya aksial tekan terfaktor, P_u tidak boleh melebihi $b_w f' c / 10$
- b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3 (Yudo Basuki.2009).

2. Tulangan *Longitudinal*

- a. $0.025b_w d \geq \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d$ atau $1.4b_w d / f_y$
- b. Spasi sengkang $< D/4$ atau 100 mm

3. Tulangan *Tranversal*

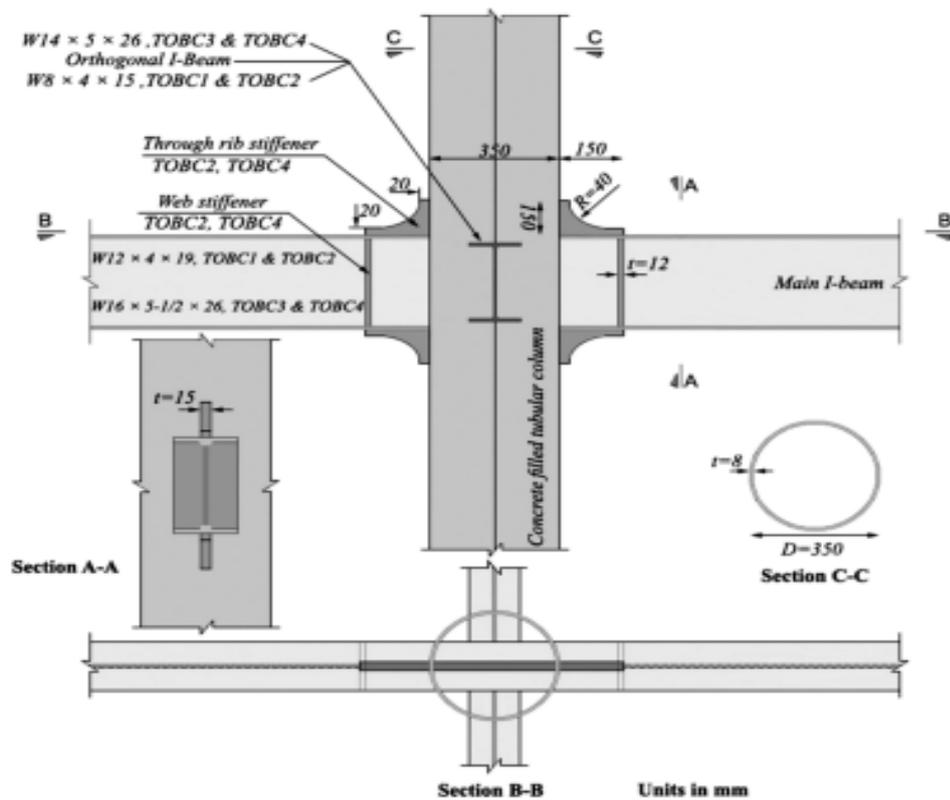
- a. Sengkang pertama harus dipasang ≤ 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum sengkang (S max):
 - $\leq d/4$
 - ≤ 6 Kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
 - 150 mm

- 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.

2.4. Struktur Baja Komposit

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua atau lebih material berbeda sifat dan karakteristik yang berkerja bersama sama untuk memikul beban yang berkerja pada suatu struktur dalam hal ini digunakan material baja dan beton. Struktur komposit baja-beton 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 (Fauzi dkk, 2018).

Penggunaan struktur baja terisi beton (*Concrete filled tube/CFT*) terutama pada elemen kolom ini sering digunakan pada bangunan tinggi. Menurut Lee dkk, 11 (2019) menyebutkan bahwa penggunaan kolom tabung isi beton (*CFT*) dalam tinggi bangunan sering diadopsi karena kelebihanannya pada struktur kinerja tural dan proses konstruksi selama pertemuan kolom beton bertulang nasional (*RC*) di Korea dan Jepang (Yamaguchi dkk, 2008; Kim dkk, 2014; Lee dkk, 2016a). Sistem pelat datar *RC* biasanya digunakan untuk alas-lantai tempat tinggal dan bangunan tinggi untuk mengurangi lantai tinggi dan memungkinkan konstruksi cepat (Lee dkk, 2016b). Contoh detail sambungan antara kolom komposit terisi beton dengan balok baja dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Detail sambungan antara kolom komposit dan balok baja (Jeddi dkk, 2016).

2.5. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1762:2019

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. Di mana terdapat perubahan dalam penentuan koefisien situs F_a dan F_v serta perubahan perubahan nilai SS dan SI yang ada di beberapa kota di Indonesia. Dalam hal ini, tata cara perencanaan bangunan gedung tahan gempa menjadi lebih rasional dan akurat.

2.5.1. Gempa Rencana dan Faktorm Keutamaan

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %.

Tabel 2.1: Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Perumahan- Rumah toko dan rumah kantor- Pasar- Gedung perkantoran- Gedung apartemen/ rumah susun- Pusat perbelanjaan/ mall- Bangunan industry- Fasilitas manufaktur Pabrik-	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Bioskop- Gedung pertemuan- Stadion- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah&unit gawat darurat- Fasilitas penitipan anak- Penjara- Bangunan untuk orang jompo	III

Tabel 2.1: *Lanjutan*

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi - , serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai Tabel 2.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e menurut Tabel 2.1. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.2: Faktor keutamaan gempa.

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1.00
III	1.25
IV	1.50

2.5.2. Klasifikasi Situs dan Parameter

Prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.3, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 2. dibawah ini:

Tabel 2.3: Klasifikasi situs.

Kelas situs	\bar{V}_S (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50

Tabel 2.3: *Lanjutan*

Kelas situs	\bar{V}_S (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik- situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah – Lempung sangat organik dan/atau – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas) $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H – > 35 m dengan $S_u < 50$ kPa		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

2.5.3. Parameter Percepatan Gempa

Parameter SS (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan $S1$ (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0.2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 15 yang tertera dalam SNI 1726-2019 dengan kemungkinan 2 % terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 % dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S1 \leq 0.04g$ dan $SS \leq 0.15 g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A.

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0.2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (Fa) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SMI) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$SMS = Fa \cdot SS \quad (2.1)$$

$$SMI = Fv \cdot S1 \quad (2.2)$$

Dimana:

SS = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek;

S1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Fa = Koefisien situs perioda pendek

Fv = Koefisien situs perioda 1,0 detik

Tabel 2.4: Koefisien situs, Fa.

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T= 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
SC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
SE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
SF	$SS^{(a)}$					

Tabel 2.5: Koefisien situs, Fv.

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
SD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan :

SS^(a) = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs- spesifik.

2.5.4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{Ds} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

2.5.5. Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.10 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SDS;
3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.6)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (2.7)$$

Dimana:

SDS = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

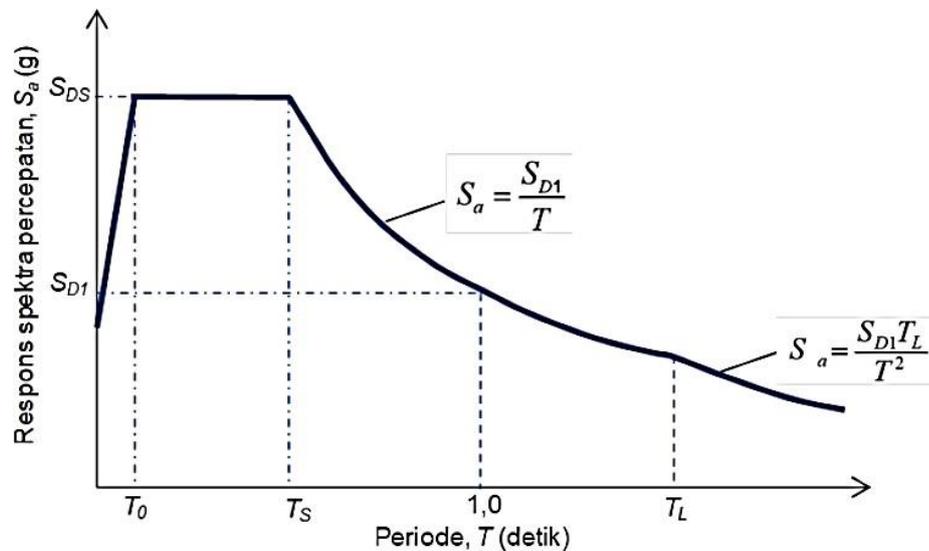
SD1 = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada contoh Gambar 2.6



Gambar 2.2: Spektrum respons desain.

2.5.6. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti prosedur ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, SDS dan $SD1$,

Tabel 2.6: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0.167$	A	A
$0.167 \leq SDS < 0.33$	B	C
$0.33 \leq SDS < 0.50$	C	D
$0.50 \leq SDS$	D	D

Tabel 2.7: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.

Nilai SD1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0.067$	A	A
$0.067 \leq SD1 < 0.133$	B	C
$0.133 \leq SD1 < 0.20$	C	D
$0.20 \leq SD1$	D	D

2.5.7. Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik

Sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang telah ditetapkan pada SNI 1726:2019 Pasal 7.2 struktur penahan beban gempa tentang, setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang telah ditetapkan.

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2 tentang Struktur Penahan Beban Gempa, sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respon (R)
- Faktor kuat lebih sistem (Cd)
- Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Tabel 2.8: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, Cd	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem rangka pemikul momen (Struktur komposit)								
1. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	3.5	TB	TB	TI	TI	TI
3. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2.5	TB	TI	TI	TI	TI

Catatan :

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diizinkan.

2.5.8. Perioda 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).

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2 tentang Penentuan Perioda, perioda struktur fundamental (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisa yang teruji. Perioda struktur fundamental memiliki nilai batas minimum dan batas maksimum. Nilai-nilai tersebut ditentukan dalam persamaan dibawah ini :

- Periode fundamental pendekatan (T_a):

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.8)$$

- Periode fundamental pendekatan minimum ($T_a \text{ min}$) :

$$T_a \text{ min} = C_t \cdot h^x \quad (2.9)$$

- Periode fundamental pendekatan maksimum ($T_a \text{ maks}$) :

$$T_a \text{ maks} = C_u \cdot T_a \text{ min} \quad (2.10)$$

Dimana:

$T_a \text{ min}$ = Nilai batas bawah periode bangunan

$T_a \text{ maks}$ = Nilai batas atas periode bangunan

h_n = Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.9

X = Ditentukan dari Tabel 2.10

C_t = Ditentukan dari Tabel 2.10

Tabel 2.9: Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Tabel 2.10: Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x .

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100% gaya seismic yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismic:		
• Rangka baja pemikul momen	0.0724	0.8
• Rangka beton pemikul momen	0.0466	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0.75

Tabel 2.10: Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x . (Lanjutan)

Tipe struktur	C_t	x
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0.75

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m:

$$T_a = 0.1N \quad (2.11)$$

Dimana: N = jumlah tingkat

2.5.9. Gaya Geser Dasar (Base Shear) Seismik

Gaya geser dasar seismik, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W \quad (2.12)$$

Dimana :

C_s = Koefisien respon seismik yang ditentukan

W = Berat seismik efektif

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1, untuk mendapatkan koefisien C_s digunakan persamaan-persamaan yang terdapat pada persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (2.13) tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk $T \leq T_L$, maka C_s max adalah:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.14)$$

Untuk $T \leq T_L$, maka C_s max adalah:

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.15)$$

Dan nilai C_s minimum di buat dalam persamaam berikut :

$$C_s \min = 0.044 SDS.I_e \geq 0.01 \quad (2.16)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0.6 g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s \min = \frac{0.5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.17)$$

Dimana:

SDS = Parameter percepatan respon spektrum desain untuk perioda pendek 0.2 detik

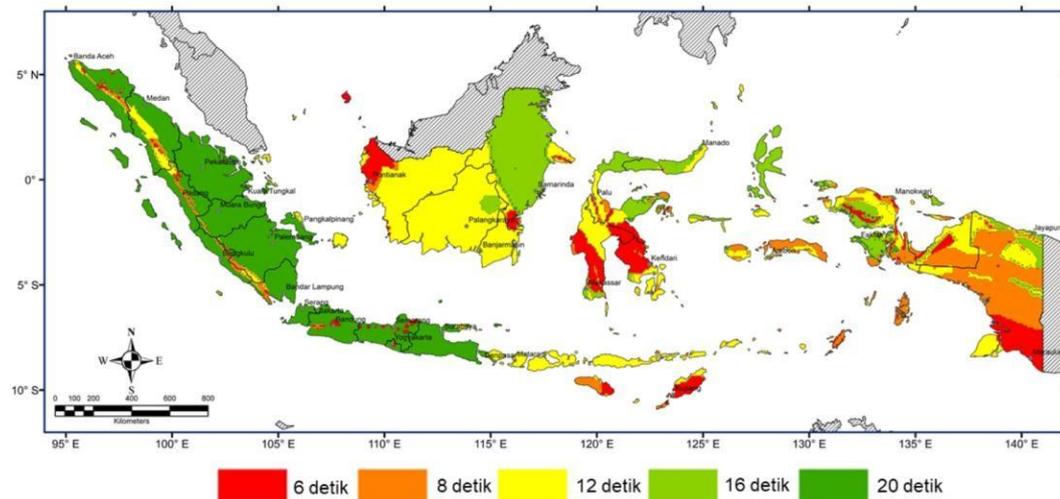
S_1 = Parameter percepatan respon spektrum desain untuk perioda 1 detik

R = Faktor modifikasi respon

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.4

T = Perioda fundamental struktur (detik)

T_L = Peta transisi periode panjang



Gambar 2.3: Peta transisi periode panjang, T_L , wilayah Indonesia.

Nilai C_s hasil hitungan yang didapatkan tidak perlu melebihi nilai C_s maksimum dan juga tidak perlu kurang dari nilai C_s minimum. Sedangkan sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 lebih besar dari 0.6 g maka C_s harus tidak kurang dari nilai C_s minimum tambahan.

2.5.10. Simpangan (Drift) Akibat Gaya Gempa

Simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar 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. Kenyaman manusia (*human comfort*), sewaktu terjadi gempa bumi dan sesudah bangunan mengalami gerakan gempa.

Sementara itu Richard N. White (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).

2.9.11. Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak

perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0.10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (2.18)$$

Dimana :

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung, faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ = simpangan antar tingkat desain seperti didefinisikan dalam SNI 1726:2019, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat dan $x - 1$ (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x, (mm)

C_d = faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (2.19)$$

Dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat dan $x - 1$. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1.0.

Jika koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0.10 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{max} , faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisis rasional. Sebagai alternatif, diizinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan $1.0/(1 - \theta)$. Jika θ lebih besar dari θ_{max} , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

Jika pengaruh P-delta disertakan dalam analisis otomatis, persamaan (2.19) tetap harus dipenuhi, akan tetapi, nilai θ yang dihitung dari persamaan (2.18) menggunakan hasil analisis P-delta diizinkan dibagi dengan $(1 + \theta)$ sebelum diperiksa dengan persamaan (2.19).

2.5.12. Penentuan Prosedur Analisa

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7, analisa struktur yang disyaratkan harus terdiri dari salah satu tipe yang diijinkan dalam Tabel 2.11 dibawah ini, berdasarkan pada kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis, dan keteraturan, atau dengan persetujuan pemberi ijin yang mempunyai kuasa hukum, sebuah prosedur alternatif yang diterima secara umum diijinkan digunakan. Prosedur analisa yang dipilih harus dilengkapi sesuai dengan persyaratan dari pasal yang terkait.

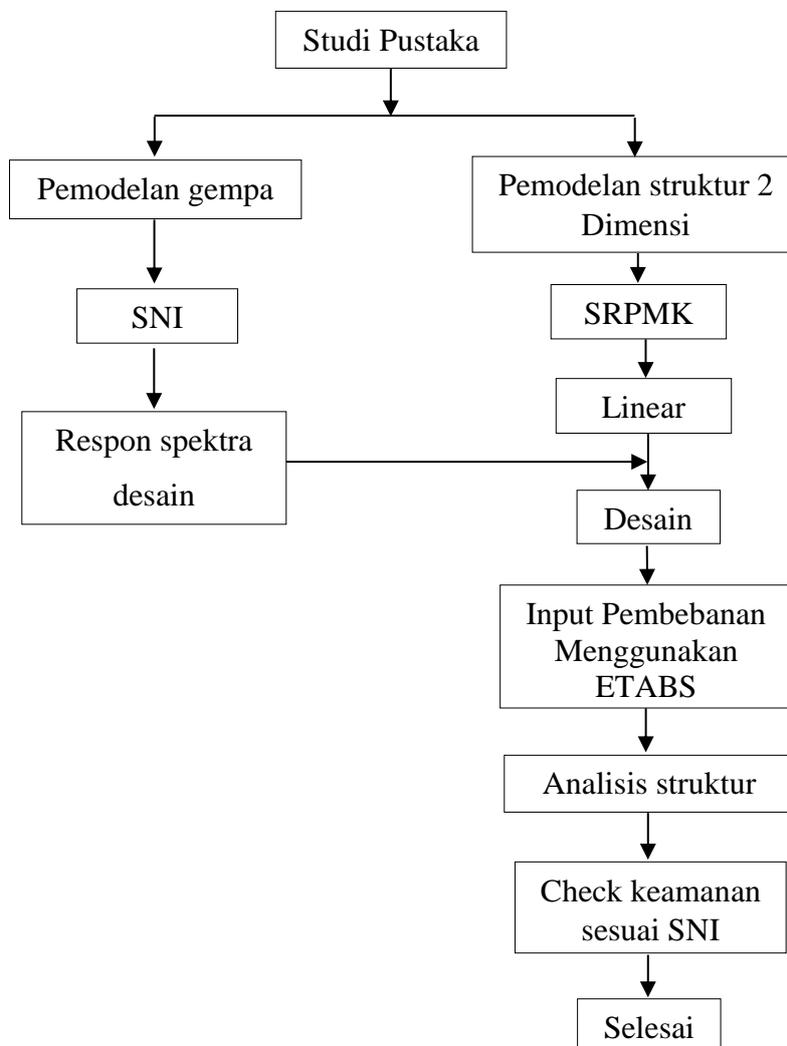
Tabel 2.11: Prosedur analisa yang diizinkan.

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisa gaya lateral ekivalen pasal	Analisa spectrum respons ragam pasal	Prosedur espons riwayat waktu seismik
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan strukturan dengan ketinggian melebihi 48.8 m dan $T < 3,5 T_s$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidaberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Umum

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 2 model, setiap modelnya menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Kedua model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (Response Spectrum Analysis) dengan menggunakan Program Analisa Struktur untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa. Diperiksa (*Dicheck*) keamanannya Sesuai SNI. 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 kedua 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

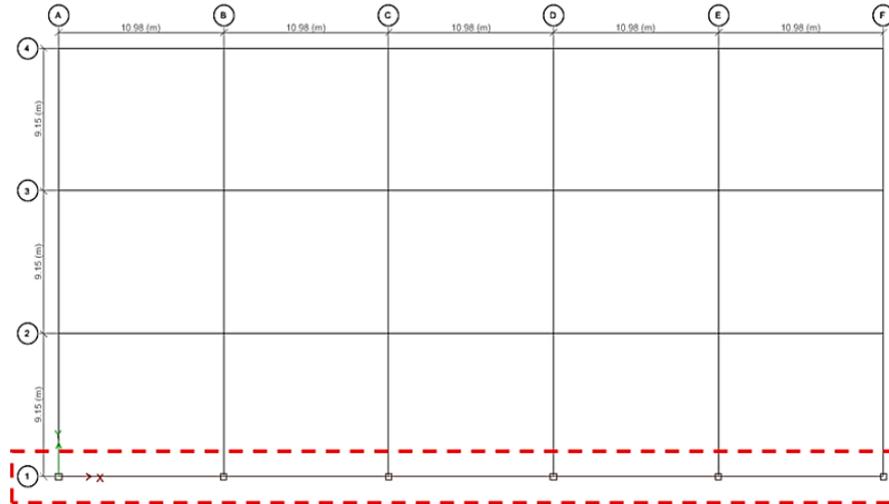
Pada tugas akhir ini, direncanakan struktur bangunan dengan material baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan berbentuk simetri. Adapun bentuk pemodelan yang digunakan adalah:

1. Model 1

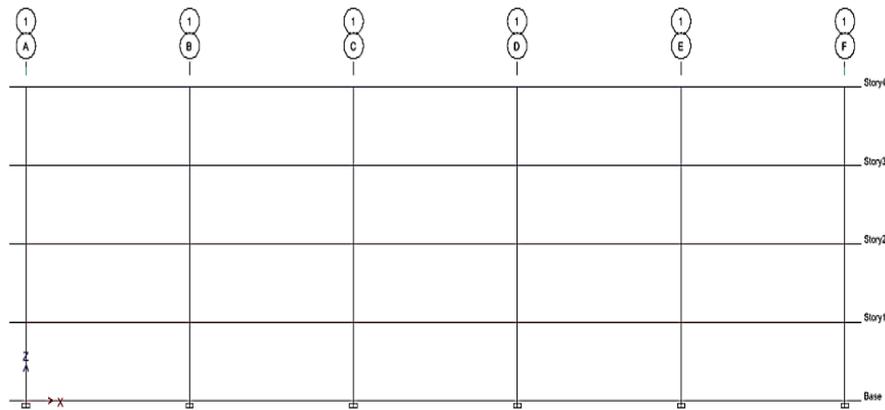
Bangunan 4 lantai bentang 10,98 m SRPMK pada bagian luar dan Sitem Rangka Pemikul Gravitasi pada bagian dalam (Gambar 3.2).

2. Model 2

Bangunan 6 bentang 10,98 m lantai SRPMK pada bagian luar dan Sitem Rangka Pemikul Gravitasi pada bagian dalam (Gambar 3.3).

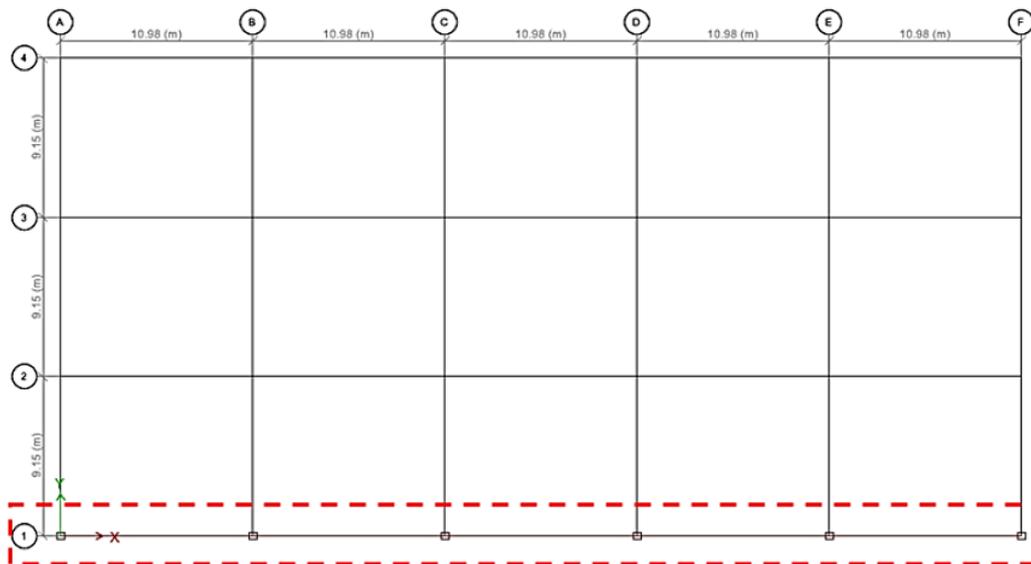


(a)

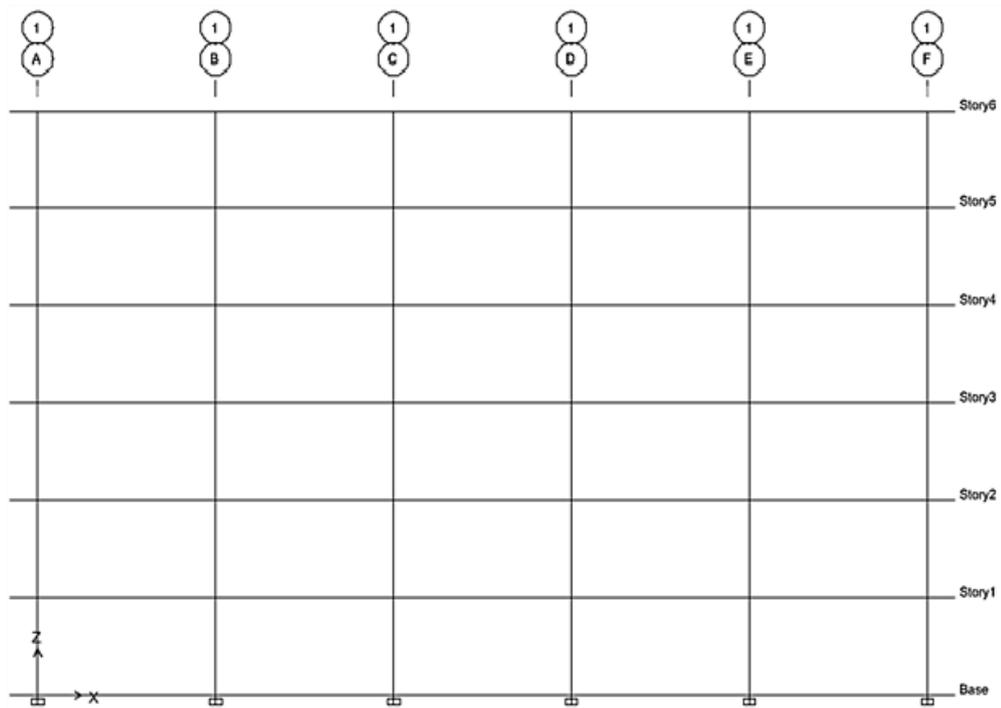


(b)

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



(a)



(b)

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

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 1.

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior (inchi)	Kolom Eksterior (inchi)	Balok (inchi)
4 Lantai (10.980 m)	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			W24×84

Tabel 3.2: Komponen struktural bangunan model 2.

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior (inchi)	Kolom Eksterior (inchi)	Balok (inchi)
6 Lantai (10.980 m)	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			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 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3: Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987.

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

Tabel 3.4: 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 ²
Kantor	1 KN/m ²
Koridor di atas lantai pertama	1 KN/m ²
Atap	1 KN/m ²

3.3.2. Respons Spektrum Desain

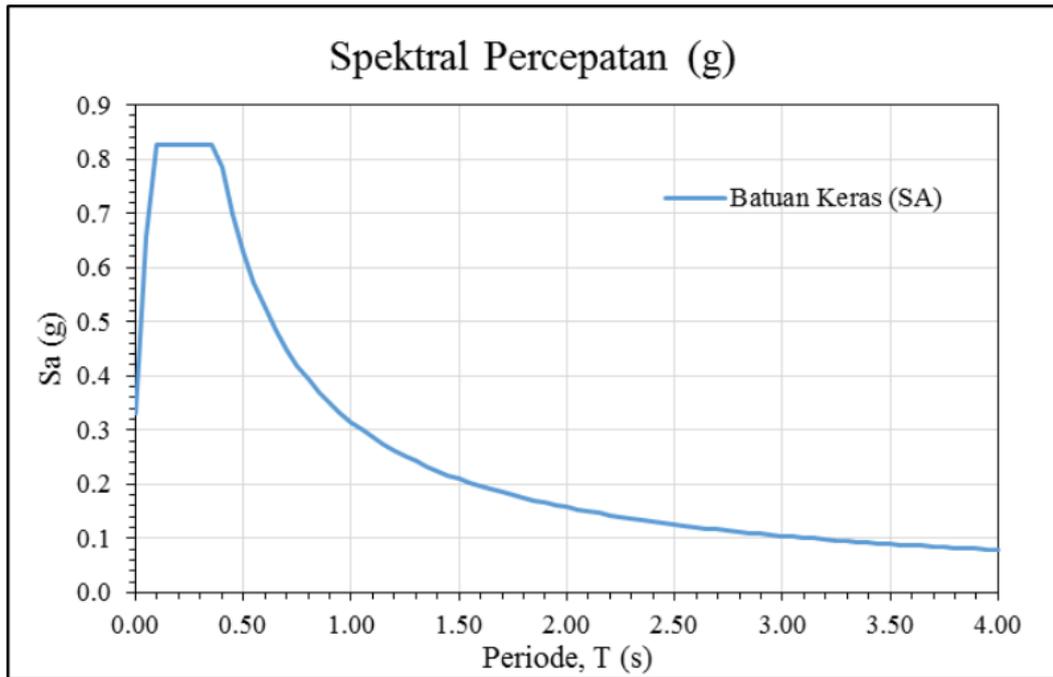
Data desain spektra dalam penelitian ini didapat dari PUSKIM PUPR 2019-2020. Dari website tersebut maka akan didapatkan koefisien atau nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut yaitu:

Nama Kota	= Banda Aceh (P)
Kelas Situs	= SA - Batuan Keras
S_s	= 1.549100 g
S_1	= 0.589700 g
T_L	= 14 detik
F_a	= 0.8000
F_v	= 0.8000
$SM_s = F_a.SS$	= 1.239

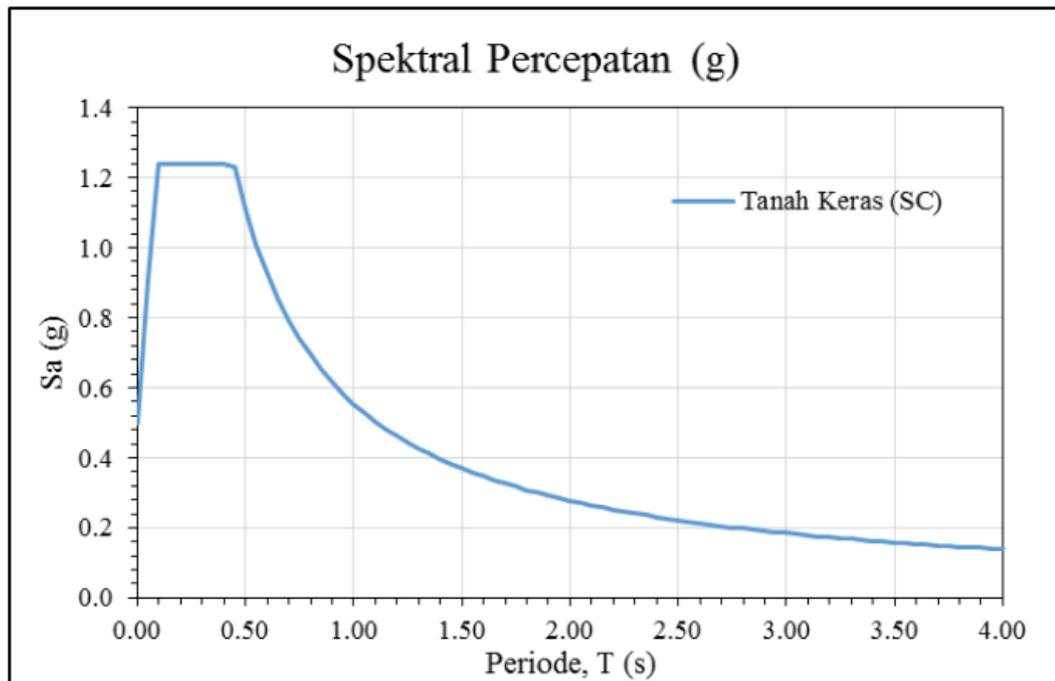
$$\begin{aligned}
SM_1 &= F_v \cdot S_1 &= 0.472 \\
S_{DS} &= 2/3 SMS &= 0.826 \\
S_{D1} &= 2/3 SM1 &= 0.315 \\
T_0 &= 0.2 SD1/SDS &= 0.076 \\
T_s &= SD1/SDS &= 0.381
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Nama Kota} &= \text{Banda Aceh (P)} \\
\text{Kelas Situs} &= \text{SC - Tanah Keras} \\
S_s &= 1.549100 \text{ g} \\
S_1 &= 0.589700 \text{ g} \\
T_L &= 14 \text{ detik} \\
F_a &= 1.200 \\
F_v &= 1.410 \\
SM_s &= F_a \cdot S_s &= 1.859 \\
SM_1 &= F_v \cdot S_1 &= 0.832 \\
S_{DS} &= 2/3 SMS &= 1.239 \\
S_{D1} &= 2/3 SM1 &= 0.554 \\
T_0 &= 0.2 SD1/SDS &= 0.089 \\
T_s &= SD1/SDS &= 0.447
\end{aligned}$$

Respon spektrum untuk periode max (T_{max}) 4 detik diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.5. Respons spektrum untuk kelas situs SA digunakan untuk bangunan model 1. Sedangkan respons spektrum untuk kelas situs SC digunakan untuk bangunan model 2.



(a)



(b)

Gambar 3.4: a) Respon spektrum untuk kelas situs SA, b) Respon spektrum untuk kelas situs SC.

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 3.5 dan Tabel 3.6.

Tabel 3.5: Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726:2019 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 1.239$ g.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EX)
Kombinasi 1	1.4	-	-	-
Kombinasi 2	1.2	1.6	-	-
	(1.2 + 0.2 SDS)DL + 1.0 LL + ρ ($\pm 30\%$ QEx $\pm 100\%$ QEy)			
Kombinasi 3	1.448	1	0.390	1.300
Kombinasi 4	1.448	1	-0.390	-1.300
	(1.2 + 0.2 SDS)DL + 1.0 LL + ρ ($\pm 100\%$ 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 SDS)DL + ρ ($\pm 30\%$ QEx $\pm 100\%$ QEy)			
Kombinasi 7	0.652	-	0.390	1.300
Kombinasi 8	0.652	-	-0.390	-1.300
	(0.9 - 0.2 SDS)DL + ρ ($\pm 100\%$ 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 3.6: 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, E_{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, τ_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:

$$\text{Kuat tekan desain} = \phi_c \cdot P_n \quad (3.1)$$

$$\text{Dengan } \phi_c = 0.75$$

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

$$\text{Dengan } \Omega_c = 2.00$$

2. Kekuatan Tarik

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

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

Dimana :

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

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

A_g = Luas penampang bruto komponen struktur (mm^2)

3. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur positif desain, $\phi_b M_n$, dan kekuatan lentur positif yang diizinkan, M_n/Ω_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. 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:

$$K_f = 2 \frac{12E_s I_f}{(d_b - t_{bf})^2} \quad (3.6)$$

Dimana :

$$I_f = 2 \frac{b_c t_f^3}{12} \quad (3.7)$$

Kekakuan geser dari dua badan kolom (K_w) adalah:

$$K_w = 2 (d_c - 2t_f) t_w G_s \quad (3.8)$$

Kekakuan geser (K_{sl}) 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)

$$K_{s1} = K_f + K_w \quad (3.9)$$

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

$$V_{wy} = 2(d_c - 2t_f)t_w\tau_{sy} \quad (3.10)$$

$$V_{wy} = 2(d_c - 2t_f)t_w \left(\frac{F_y}{\sqrt{3}}\right) \quad (3.11)$$

$$\gamma_{wy} = \frac{V_{wy}}{K_w} \quad (3.12)$$

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

$$V_{fy} = \frac{4M_{fy}}{(d_b - t_{bf})} \quad (3.13)$$

$$V_{fy} = \frac{4\left(\frac{b_c t_f^2 F_y}{6}\right)}{(d_b - t_{bf})} \quad (3.14)$$

$$\gamma_{fy} = \frac{V_{fy}}{K_f} \quad (3.15)$$

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 (γ_{fy}) untuk sayap kolom.

$$V_{su} = V_{wy} + V_{fy} \quad (3.16)$$

2. Inti beton

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

$$\tau_{cu} = \sqrt{\left[\frac{f'_c}{11} + \frac{9(f_{cp} + f_{ct})}{22}\right]^2 - \left(\frac{f_{cp} + f_{ct}}{2}\right)^2} \quad (3.17)$$

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

$$K_c = G_c A_c \quad (3.18)$$

$$V_{cu} = \tau_{cu} A_c \quad (3.19)$$

2. 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:

$$K = K_{s1} + K_c \quad (3.15)$$

$$V_y = V_{sy} + V_{cu} \quad (3.16)$$

$$V_u = V_{wy} + V_{fy} + V_{cu} \quad (3.20)$$

3.6. Diagram Interaksi Kolom

Selain kekuatan aksial yang tersedia, kekuatan lentur juga perlu dihitung. Spesifikasi AISC 2005 mengadopsi distribusi tegangan plastis 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 3.5.

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 = bidang bentuk baja

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

b. Titik (B)

$$P_B = 0$$

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

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

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

c. Titik (C)

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

$$M_C = M_B$$

d. Titik (D)

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

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

Z_s = modulus penampang plastik sumbu y penuh dari bentuk baja

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

e. Titik (E)

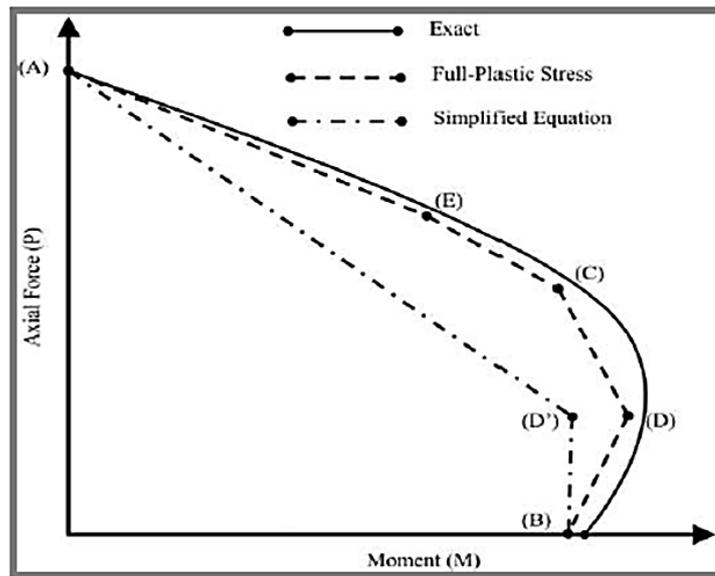
$$P_E = \frac{1}{2} (0.85 f'_c) A_c + 0.85 f'_c h_1 h_2 + 4 F_y t_w h_E$$

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

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

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

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



Gambar 3.5: Diagram interaksi P-M untuk balok-kolom komposit.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model *Linear*

Pada Bab ini akan dibahas beberapa hasil analisa *linier* 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.

4.2. Hasil Analisa *Linear*

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:

- 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

Nilai gaya geser lantai (story shear) perlu dikoreksi dengan nilai gaya geser dasar (base shear). Koreksi untuk setiap gaya geser lantai yang memenuhi atau tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.6.

4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai V dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4.2. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat berdasarkan pasal 7.9.1.4.1 SNI 1796:2019, yaitu:

$$\text{Syarat : } V_t \geq C_s \cdot W$$

Tabel 4.2: Perbandingan nilai V_t dan $C_s \cdot W$

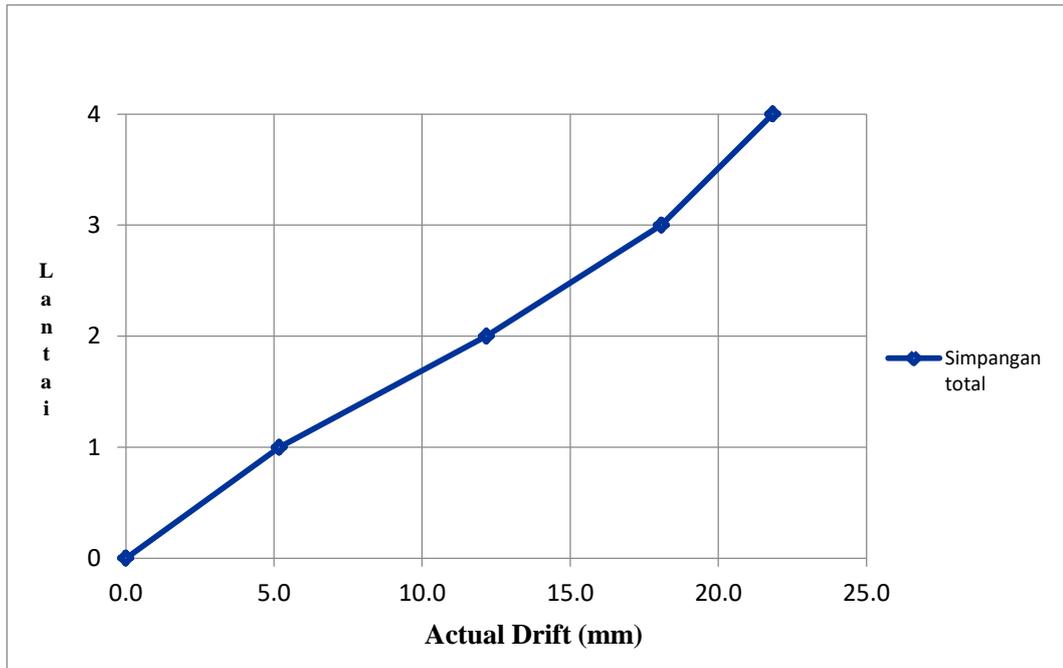
Struktur	Arah Gempa	V_t (KN)	$W \cdot C_s$	Cek
Model 1	Gempa X (R=8)	576.078	474.204	Ok
Model 2	Gempa X (R=8)	417.035	297.692	Ok

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

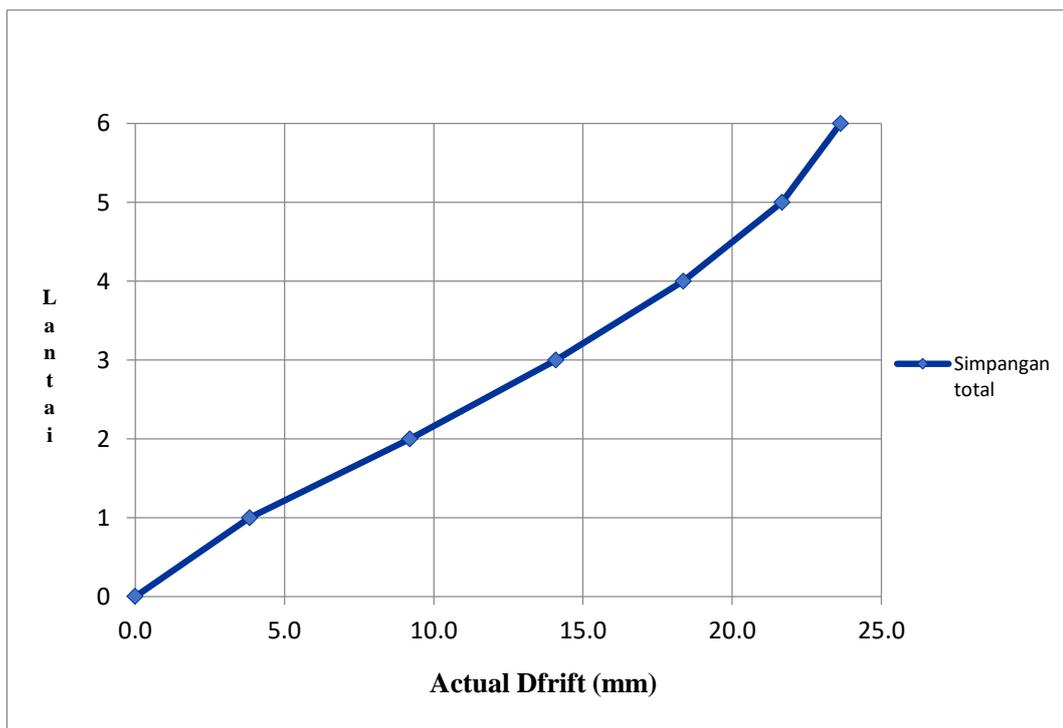
4.2.5 Nilai Simpangan Gedung

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. Pada Gambar 4.1 sampai 4.4 Menunjukkan beberapa kurva hasil analisis simpangan total lantai (*actual drift*) dan simpangan antar lantai (*IDR*).

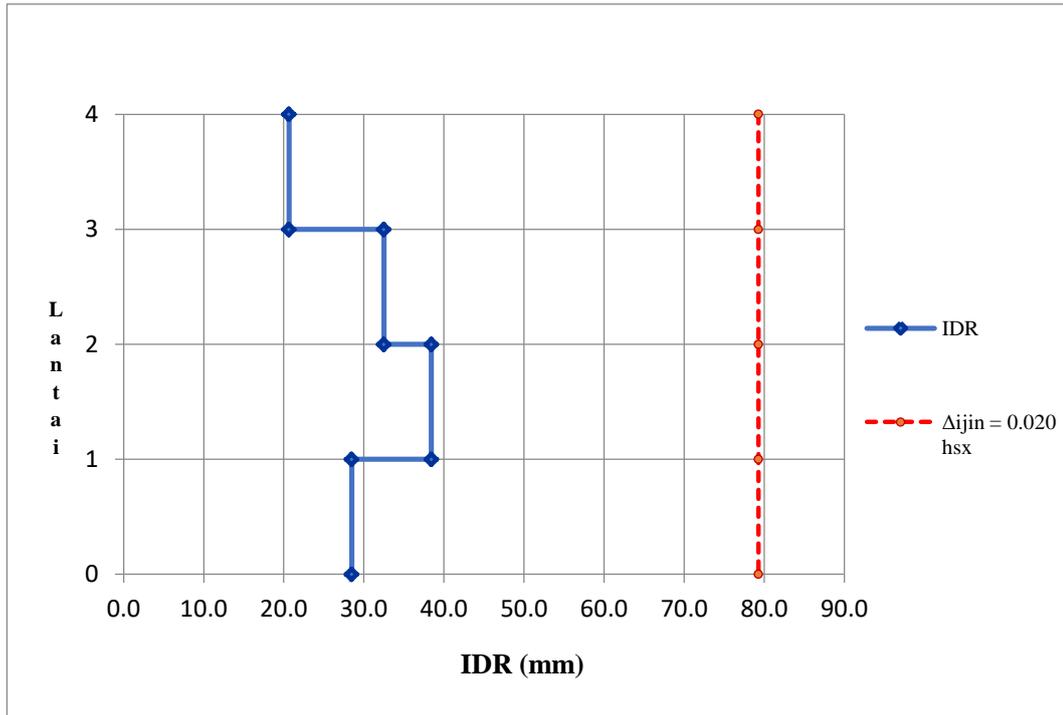
Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A7.



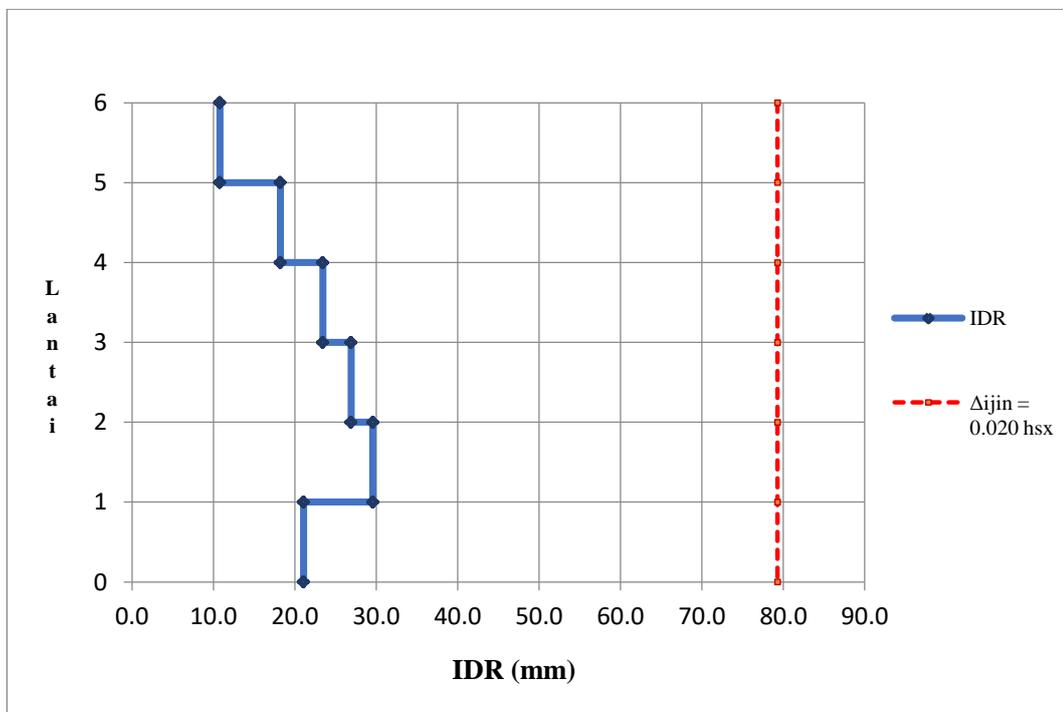
Gambar 4.1: Kurva hasil analisis simpangan total lantai (*actual drift*) model 1.



Gambar 4.2: Kurva hasil analisis simpangan total lantai (*actual drift*) model 2.



Gambar 4.3: Kurva hasil analisis simpangan antar lantai (*IDR*) Model 1.



Gambar 4.4: kurva hasil analisis simpangan antar lantai (*IDR*) Model 2.

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. Kekuatan Desain Kolom

4.3.1 Kekuatan Tekan Desain

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. Nilai $\phi_c P_n$ yang diperoleh dari tipe kolom HSS 16 x 16 x 500 adalah 8054.637 KN. Sedangkan Nilai kapasitas (P_u) pada model 1 adalah 470.5294 KN dan Nilai kapasitas (P_u) pada model 2 adalah 796.2829 KN.

Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A11.

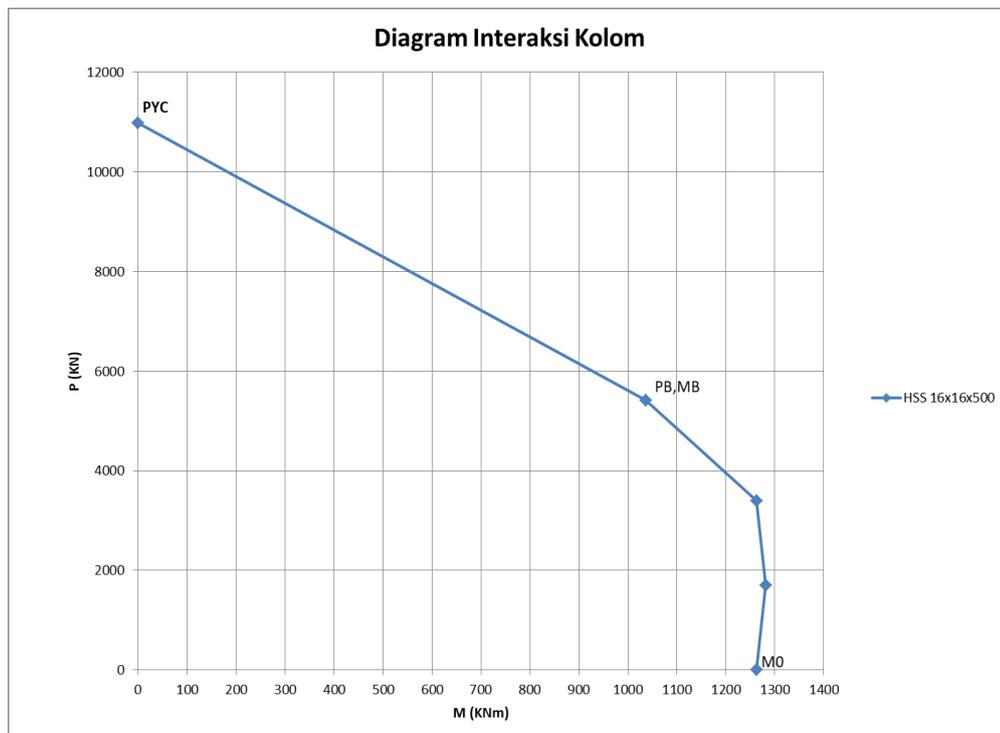
4.3.2 Kekuatan Tarik Desain

Kekuatan tarik tersedia komponen struktur komposit terisi beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh. Nilai $\phi_t P_o$ yang diperoleh dari tipe kolom HSS 16 x 16 x 500 adalah 6821.086 KN. Sedangkan Nilai kapasitas (P_u) pada model 1 adalah 1606.358 KN dan Nilai kapasitas (P_u) pada model 2 adalah 2398.654 KN.

Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A12.

4.3.3 Diagram Interaksi Kolom

Berikut adalah diagram interaksi kolom dari kolom yang ditinjau.



Gambar 4.5: Diagram interaksi kolom.

Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A.13.

4.4. Hasil Analisa Kekakuan Sambungan Balok Kolom (*Panel Zone*)

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. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A.14.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi pada struktur komposit sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) di wilayah gempa yang telah direncanakan dapat disimpulkan bahwa :

1. Diperoleh hasil desain dengan menggunakan profil kolom komposit HSS 16x16x500 serta balok WF 24x84 dan WF 24x103.
2. Dari hasil analisa simpangan antar lantai pada struktur komposit SRPMK yang disyaratkan oleh SNI 1729:2019, Pada model 1 diperoleh nilai simpangan antar lantai maksimum sebesar 0,384 m dan pada model 2 sebesar 0,295 m , simpangan ini lebih kecil dari simpangan antar lantai izin yaitu sebesar 0,793 m.

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 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., Bagio, T. H., Tistogondo, J. (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
- Fauzi, M. Z., Wahyuni, E., Suswanto, B. (2018). *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Brooklyn Alam Sutera Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris*. 07, D6-D11.
- Hu, J. W. (2016). *Smart Connection System Design and Seismic Analysis*. CRC Press/Balkema
- Is, Syafridal., Zardi, M., Mahathir, N. (2019). *Desain Ulang Balok dan kolom Komposit*. 5, 76-86.
- Jeddi, M. Z., Sulong, N. H. R., & Khanouki, M. M. A. (2016). *Seismic performance of new though rib stiffener beam connection to concrete filled steel tubular columns: An experimental study*. *Engineering Structure*.
- Munawar, I. A., Tata A., Togubu, J. (2018). *Modifikasi Desain Menggunakan Struktur Baja Dengan Kolom Komposit Pada Gedung Pasar Modern Ternate*. 08, 23-31.
- Nasution, A. E., Ayu, S. R., & Sucitra, W. (2020). *Desain Elemen Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*. 1, 1-16.
- Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : PUSTAKA PELAJAR.
- Tubuh, K. D. K., dkk. (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.



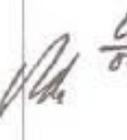
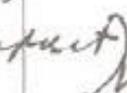
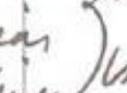
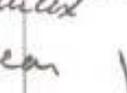
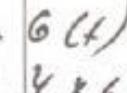
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UMSU
Siaga | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : AAN ROHIMA RAMBE
NPM : 1907210210P
JUDUL : "DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI WILAYAH GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaikan tinjauan pustaka! - perbaikan metode penelitian	 16/02/21
		all proposal! Serimas!	 18/02/21
		- Buat bab 3 - Buat model komposit sepmk	 07/03/21
		- perbaikan Model linear komposit - perbaikan Bab 3	 27/03/21
		- Cek hasil model 4 tt linear - lanjutkan model 6 tt linear	 13/04/21
		- Buat Graph hasil linear - perbaikan Model linear 6 tt	 07/05/21
		- Cek hasil model komposit 4 x 6 tt - perbaikan Bab 3 - lanjutkan ke Bab 4	 18/06/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

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

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : AAN ROHIMA RAMBE
NPM : 1907210210P
JUDUL : "DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DI WILAYAH GEMPA"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
-		lanjutan ke model nonlinier	<i>[Signature]</i> 30/06/21
-		perbaiki Bab 4	
-		Cek model komposit 4H nonlinier	<i>[Signature]</i> 17/07/21
-		lanjutan ke model 6H nonlinier	<i>[Signature]</i>
-		perbaiki model 4H	
-		lanjutan ke model 6H	<i>[Signature]</i> 08/08/21
-		Buat Grafik & Tabel hasil	<i>[Signature]</i> 28/08/21
-		tambahkan ke Bab 4	
-		Buat kesimpulan k Dapt Pustaka	<i>[Signature]</i> 16/09/21
-		perbaiki Grafik	
-		perbaiki kesimpulan	
-		perbaiki Dapt pustaka (6)	<i>[Signature]</i> 05/10/21
-		perbaiki Grafik	
-		perbaiki kesimpulan	<i>[Signature]</i> 20/10/21

all the seminar hasil *[Signature]* 30/10/21

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

[Signature]
 (Ade Faisal, S.T.,M.Sc.,PhD)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama lengkap : Aan Rohima Rambe

Tempat tanggal lahir : Subulussalam, 05 Januari 1998

Jenis kelamin : Perempuan

Alamat : Jl.BB Jalal, Desa Subulussalam , Kecamatan
Simpang Kiri,Kota Subulussalam, Aceh.

Agama : Islam

Nama Ayah : Aripin Rambe, SH.

Nama Ibu : Nurhayati Maria, SH.

No. HP : 082166575453

Email : Aanrohima1@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 02 Subulussalam 2003 - 2009
2. MTSs Al-Mansuriah 2009 - 2012
3. SMA Negeri 01 Simpang Kiri 2012 – 2015
4. Politeknik Negeri Medan 2015 – 2018
5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2019 – Selesai