

# **SKRIPSI**

## **STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR RANGKA BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**



**KENNARDY WINARDO**  
**NPM : 2016410113**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**AGUSTUS 2020**



# **SKRIPSI**

## **STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR RANGKA BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**



**KENNARDY WINARDO**  
**NPM : 2016410113**

**BANDUNG, 13 AGUSTUS 2020**

**PEMBIMBING**



**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2020**



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Kennardy Winardo

NPM : 2016410113

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: **Studi Perilaku Kinerja Struktur Rangka Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah** adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 5 Agustus 2020



Kennardy Winardo

2016410113



# **STUDI PERILAKU KINERJA STRUKTUR RANGKA BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

**Kennardy Winardo  
NPM: 2016410113**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2020**

## **ABSTRAK**

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak sekali daerah rawan gempa karena merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan lempeng Pasifik. Struktur bangunan tahan gempa sangat diperlukan di wilayah Indonesia yang termasuk dalam daerah gempa aktif. Struktur rangka baja yang dibangun dapat didisain dengan sistem struktur SRPMM maupun sistem struktur SRPMK. Bangunan terdiri dari 2 jenis ketinggian, yaitu 3 lantai dan 6 lantai pada bangunan berbentuk persegi dan berbentuk simetris yang terletak di Kota Bandung diatas tanah sedang (SD) yang berfungsi sebagai gedung perkantoran. Analisis yang dilakukan adalah analisis elastis dan inelastis menggunakan program . Analisis inelastis yang dilakukan adalah analisis riwayat waktu dengan menggunakan tiga percepatan gempa, yaitu El Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T, dan Flores 1992.

Dari hasil analisis elastis, struktur dengan disain SRPMM memiliki ukuran profil baja yang lebih besar dibandingkan struktur dengan disain SRPMK. Dari hasil analisis riwayat waktu diketahui bahwa nilai peralihan lantai maksimum pada lantai paling atas dan rasio simpangan antar lantai maksimum pada lantai bawah yang terjadi pada struktur dengan disain SRPMK lebih besar dibandingkan struktur dengan disain SRPMM. Sendi plastis yang terjadi pada struktur dengan disain SRPMK lebih banyak dibandingkan struktur dengan disain SRPMM. Tingkat kinerja struktur untuk seluruh model adalah *Immediate Occupancy*. Kinerja dari simulasi analisis riwayat waktu pada struktur memenuhi persyaratan dalam SNI 1726:2019.

Kata kunci: SRPMM, SRPMK, analisis riwayat waktu, sendi plastis, tingkat kinerja struktur





# **STUDY OF SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM AND INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM STEEL FRAME STRUCTURE PERFORMANCE**

**Kennardy Winardo**  
**NPM: 2016410113**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018))  
**BANDUNG**  
**JUNI 2020**

## **ABSTRACT**

Indonesia is a country that has a lot of earthquake-prone areas because it is a meeting area of 3 large tectonic plates, namely Indo-Australia, Eurasia, and the Pacific plate. Earthquake resistant building structures are needed in the territory of Indonesia which is included in the active earthquake zone. The steel frame structure that is built can be designed with the Intermediate Moment Bearing Frame System (IMF) structural system or the Special Moment Bearing Frame System (SMF) structural system. The building consists of 2 types of height, namely 3 floors and 6 floors in a square and symmetrical-shaped building located in Bandung on medium land which functions as an office building. The analysis conducted is elastic and inelastic analysis using the program. Inelastic analysis conducted was time history analysis using three earthquake acceleration, namely El Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 B-T, and Flores 1992.

From the results of elastic analysis, structures with IMF designs have a larger steel profile size compared to structures with SMF designs. From the results of the time history analysis it is known that the maximum floor transition value on the top floor and the maximum deviation between floor levels in the lower floor that occur in structures with SMF design are greater than structures with IMF designs. Plastic joints that occur in structures with SMF design are more numerous than structures with IMF designs. The level of structural performance for all models is Immediate Occupancy. The performance of the time history analysis simulation on the structure meets the requirements in Indonesian National Standard (SNI) 1726: 2019.

Keywords: IMF, SMF, time history analysis, plastic hinge, structure performance level



## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Perilaku Kinerja Struktur Rangka Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk mahasiswa S-1 Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses panjang penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak saran, kritikan, nasihat, dorongan semangat dari begitu banyak pihak, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini, izinkan penulis untuk menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Alip Winardo, Ibu Fifi Lim, dan Farold Winardo yang setiap hari memberikan doa, kasih sayang, semangat, dan keceriaan bagi penulis meskipun jauh di rumah.
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan bimbingan serta masukkan juga wawasan yang begitu berarti kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Unpar yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama menjalani proses belajar-mengajar dalam perkuliahan.
4. Bapak dan Ibu dosen yang telah datang selama proses seminar, dimulai dari seminar judul, seminar isi, serta sidang yang telah membantu penulis dalam mengkritisi kebenaran dari skripsi yang disusun oleh penulis.
5. David S, Davin Alkuin, Lizette, Pauline Natalia, Kenneth Dwiputra, Waraney, dan Yosef selaku teman seperjuangan dalam penyusunan skripsi ini yang selalu ada untuk penulis dan atas seluruh dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Keluarga *Kuliah Lapangan Batu-Malang-Bromo*: Abrian Jame, Ando, Benhardi Augusto, Laurentius Andhika, Jonathan Aditya, Juan Antonio, Luke Tantra, Myksel Andrean, Hafiz Baladraf, Kenneth Dwiputra,

Nicholas Gabrielle, Vincentius Theo, Nathanael Ryan, yang menjadi penyemangat dan teman bertukar pikiran bagi penulis selama proses penyusunan skripsi.

7. Komunitas *Sharing Is Caring*: Grenald Joshua, Kennardi Kristiandi, Kevin Junod, Michael Akas, Ronald, Steven Jonathan, Steven, Varell Chrisna, yang menjadi pengingat akan pentingnya penelitian ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan perkuliahan.
8. Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, terutama Angkatan 2016, yang saya tidak bisa sebutkan satu per satu atas seluruh momen kebersamaan selama empat tahun terakhir.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan mengingat terbatasnya waktu, kemampuan, dan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Penulis akan dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap laporan skripsi ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta pengembangan ilmu pengetahuan negara tercinta Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Bandung, 13 Agustus 2020



Kennardy Winardo

2016410113

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1-1
1.1. Latar Belakang .....	1-1
1.2. Inti Permasalahan .....	1-2
1.3. Tujuan Penulisan .....	1-2
1.4. Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5. Metode Penelitian .....	1-5
1.6. Diagram Alir .....	1-6
1.7. Sistematika Penulisan .....	1-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1
2.1. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung .....	2-1
2.1.1. Gempa Rencana .....	2-1
2.1.2. Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa .....	2-1
2.1.3. Klasifikasi Situs .....	2-4
2.1.4. Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ Terpetakan .....	2-5


2.1.5.	Parameter Respons Spektrum Percepatan.....	2-5
2.1.6.	Spektrum Respons Desain.....	2-7
2.1.7.	Kategori Desain Seismik.....	2-8
2.1.8.	Sistem Struktur.....	2-9
2.1.9.	Kombinasi Pembebanan.....	2-10
2.1.10.	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-12
2.1.11.	Skala Gaya.....	2-14
2.1.12.	Simpangan Antar Lantai.....	2-14
2.2.	SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.....	2-15
2.2.1.	Beban Mati.....	2-15
2.2.2.	Beban Hidup.....	2-15
2.2.3.	Beban Gempa.....	2-16
2.3.	SNI 1729: 2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.....	2-17
2.3.1.	Ketentuan Umum.....	2-17
2.3.2.	Dasar Desain.....	2-17
2.3.3.	Persyaratan Stabilitas Umum.....	2-18
2.3.4.	Persyaratan Analisis Umum.....	2-18
2.3.5.	Properti Komponen Struktur.....	2-19
2.3.6.	Pertimbangan Ketidaktersempurnaan Awal.....	2-25
2.4.	Analisis Riwayat Waktu.....	2-25
2.5.	Matched to Respons Spectrum.....	2-26
2.6.	Tingkat Kinerja Struktur.....	2-28
2.7.	Perbedaan Disain SRPMM dan Disain SRPMK.....	2-30
<b>BAB III DESAIN DAN PEMODELAN BANGUNAN.....</b>		<b>3-1</b>
3.1.	Data Bangunan.....	3-1

3.1.1.	Data Material.....	3-1
3.1.2.	Data Struktur.....	3-2
3.2.	Data Pembebanan.....	3-3
3.2.1.	Beban Mati.....	3-3
3.2.2.	Beban Hidup.....	3-3
3.2.3.	Beban Gempa Statik.....	3-3
3.2.4.	Kombinasi Pembebanan.....	3-4
3.3.	Denah Balok, Kolom, dan Pelat.....	3-5
3.3.1.	Gedung SRPMM.....	3-5
3.3.2.	Gedung SRPMK.....	3-10
3.4.	Pemodelan Analisis Riwayat Waktu.....	3-15
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>4-1</b>
4.1.	Respons Elastis Struktur.....	4-1
4.1.1.	SRPMM.....	4-1
4.1.2.	SRPMK.....	4-7
4.2.	Respons Inelastis Struktur.....	4-13
4.2.1.	SRPMM.....	4-13
4.2.2.	SRPMK.....	4-27
4.3.	Perbandingan Kinerja SRPMM dengan SRPMK.....	4-44
4.3.1.	Gedung 3 Lantai.....	4-44
4.3.2.	Gedung 6 Lantai.....	4-57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>5-1</b>
5.1.	Kesimpulan.....	5-1
5.2.	Saran.....	5-4
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>xxiii</b>





## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



A	: Luas pada profil I
b	: Lebar web profil I
C	: Redaman
C <sub>d</sub>	: Koefisien amplifikasi defleksi
CP	: <i>Collapse Prevention</i>
C <sub>s</sub>	: Koefisien respons seismik
C <sub>t</sub>	: Parameter untuk periode fundamental pendekatan
C <sub>u</sub>	: Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung
d	: Tinggi profil I
DL	: Beban mati
d <sub>stud</sub>	: Diameter stud
E	: Beban gempa
E	: Modulus Elastisitas
E <sub>h</sub>	: Pengaruh beban gempa horizontal
E <sub>v</sub>	: Pengaruh beban gempa vertikal
E <sub>x</sub>	: Beban gempa arah x
E <sub>y</sub>	: Beban gempa arah y
F <sub>a</sub>	: Koefisien situs untuk periode 0.2 detik
F <sub>c</sub> '	: Mutu beton
FO	: Fully Operational
F <sub>u</sub>	: Tegangan putus minimum

- Fv : Koefisien situs untuk periode 1 detik
- Fy : Tegangan leleh minimum
- g* : *Gravitational acceleration*
- Ie : Faktor keutamaan gempa
- IO : Immediate Occupancy ix
- K : Kekakuan struktur pada suatu tingkat
- H : Tinggi pada profil I
- hn : Tinggi struktur
- hr* : *Tebal dek*
- hs* : *Tinggi stud pada deck*
- hsx* : *Tinggi tingkat di bawah tingkat x*
- LL : Beban hidup
- LS : Life safety
- M : Massa
- Mp : Momen plastis
- Mr : Kekuatan lentur
- QE : Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau Fp
- P : Gaya aksial
- R : Koefisien modifikasi respons
- Ra* : Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DKI
- Rn* : Kekuatan nominal
- Ru* : Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

$R_y$  : Rasio dari tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan

$R_Z$  : Rotasi arah sumbu z

$S$  : Lebar diafragma

$S_a$  : Spektrum respons percepatan desain

$SDL$  : Beban mati tambahan

$S_{M1}$  : Parameter spektral respons percepatan pada periode 0.2 detik

$S_{MS}$  : Parameter spektral respons percepatan pada periode 1 detik

$S_1$  : Parameter percepatan gempa pada periode 1 detik

$S_{D1}$  : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik

$S_{DS}$  : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0.2 detik x

$s_r$  : Jarak antar rusuk pada *deck*

$SS$  : Parameter percepatan gempa pada periode 0.2 detik

**SRPMB**: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

**SRMPM**: Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

**SRPMK**: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

$T$  : Periode fundamental struktur

$T_a$  : Periode fundamental pendekatan

**TB** : Tidak Dibatasi

**TI** : Tidak Diizinkan

$t_c$  : Tebal slab pada *deck*

$t_f$  : Lebar flens profil I

$tw$  : Lebar web profil I  
 $Ta$  : Periode fundamental pendekatan  
 $UX$  : Translasi pada arah sumbu x  
 $UY$  : Translasi pada arah sumbu y  
 $V$  : Gaya dasar seismik  
 $Vp$  : Gaya geser plastis  
 $Vs$  : Gaya lateral statik  
 $W$  : Berat seismic efektif  
 $wrb$  : Tebal rusuk bawah pada *deck*  
 $wrt$  : Tebal rusuk atas pada *deck*  
 $x$  : Parameter untuk periode fundamental pendekatan  
 $Z$  : Modulus penampang plastis  
 $\rho$  : Faktor reduksi  
 $\Omega_0$  : Faktor kuat lebih xi  
 $\Delta$  : Simpangan antar lantai TINGKAT desain  
 $\Delta_a$  : Simpangan izin antar lantai  
 $\delta_{xe}$  : Defleksi yang disyaratkan pada lokasi yang ditinjau  
 $\phi$  : Faktor ketahanan  
 $\phi R_n$  : Kekuatan desain  
 $\Omega$  : Faktor keamanan  
 $R_n / \Omega$  : Kekuatan izin

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Baja 3 Lantai .....	1-4
Gambar 1.2 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Baja 6 Lantai .....	1-4
Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain, SNI 1726:2019.....	2-8
Gambar 2.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai, SNI 1726:2019.....	2-14
Gambar 2.3 Grafik Perpindahan Daktilitas pada Sistem Inelastik .....	2-30
Gambar 3.1 Respons Spektrum untuk Kota Bandung .....	3-4
Gambar 3.2. Denah Balok Lantai 1 Gedung 3 Lantai SRPMM.....	3-5
Gambar 3.3. Denah Balok Lantai 2 dan 3 Gedung 3 Lantai SRPMM .....	3-6
Gambar 3.4. Denah Kolom Gedung 3 Lantai SRPMM.....	3-6
Gambar 3.5. Denah Balok Lantai 1 Gedung 6 Lantai SRPMM.....	3-7
Gambar 3.6. Denah Balok Lantai 2, 3, dan 4 Gedung 6 Lantai SRPMM .....	3-8
Gambar 3.7. Denah Balok Lantai 5 dan 6 Gedung 6 Lantai SRPMM .....	3-8
Gambar 3.8. Denah Kolom Gedung 6 Lantai SRPMM.....	3-9
Gambar 3.9. Denah Balok Lantai 1 Gedung 3 Lantai SRPMK .....	3-10
Gambar 3.10. Denah Balok Lantai 2 dan 3 Gedung 3 Lantai SRPMK .....	3-11
Gambar 3.11. Denah Kolom Gedung 3 Lantai SRPMK.....	3-11
Gambar 3.12. Denah Balok Lantai 1 Gedung 6 Lantai SRPMK .....	3-12
Gambar 3.13. Denah Balok Lantai 2 dan 3 Gedung 6 Lantai SRPMK.....	3-13
Gambar 3.14. Denah Balok Lantai 4, 5, dan 6 Gedung 6 Lantai SRPMK .....	3-13
Gambar 3.15. Denah Kolom Gedung 6 Lantai SRPMK.....	3-14
Gambar 4.1. Peralihan Elastis pada Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-2
Gambar 4.2. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung 3 Lantai SRPMM .....	4-3
Gambar 4.3. Peralihan Elastis pada Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-5
Gambar 4.4. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung 6 Lantai SRPMM .....	4-6

Gambar 4.5. Peralihan Elastis pada Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-8
Gambar 4.6. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-9
Gambar 4.7. Peralihan Elastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-11
Gambar 4.8. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-12
Gambar 4.9. Peralihan Inelastik Maksimum Arah X dan Y Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-14
Gambar 4.10 Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-15
Gambar 4.11. Peralihan Inelastik Maksimum Arah X dan Y Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-20
Gambar 4.12 Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-22
Gambar 4.13. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMM Akibat Gempa El Centro Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-25
Gambar 4.14. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMM Akibat Gempa El Centro Arah Y pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-26
Gambar 4.15. Peralihan Inelastik Maksimum Arah X dan Y Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-28
Gambar 4.16 Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-29
Gambar 4.17. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 3 Lantai SRPMK Akibat Gempa El Centro Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-32
Gambar 4.18. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 3 Lantai SRPMK Akibat Gempa Denpasar Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa .....	4-33
Gambar 4.19. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 3 Lantai SRPMK Akibat Gempa Flores Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-33

Gambar 4.20. Peralihan Inelastik Maksimum Arah X dan Y Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-35
Gambar 4.21 Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-37
Gambar 4.22. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa El Centro Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-40
Gambar 4.23. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa El Centro Arah Y pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-41
Gambar 4.24. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa Denpasar Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-41
Gambar 4.25. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa Denpasar Arah Y pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-42
Gambar 4.26. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa Flores Arah X pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-42
Gambar 4.27. Lokasi Sendi Plastis pada Gedung 6 Lantai SRPMK Akibat Gempa Flores Arah Y pada Awal Terjadinya Sendi Plastis dan Akhir Gempa.....	4-43
Gambar 4.28. Perbandingan Respons Inelastis Peralihan Lantai Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK Arah X.....	4-46
Gambar 4.29. Perbandingan Respons Inelastis Peralihan Lantai Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK Arah Y.....	4-46
Gambar 4.30. Perbandingan Respons Inelastis Rasio Simpangan Antar Lantai Gedung 3 Lantai SRPMM dan Lantai Gedung 3 Lantai SRPMK Arah X .....	4-49
Gambar 4.31. Perbandingan Respons Inelastis Rasio Simpangan Antar Lantai Gedung 3 Lantai SRPMM dan Lantai Gedung 3 Lantai SRPMK Arah Y .....	4-49
Gambar 4.32. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa El Centro arah X pada Balok Struktur Gedung 3 Lantai SRPMK.....	4-55
Gambar 4.33. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Denpasar arah X pada Balok Struktur Gedung 3 Lantai SRPMK.....	4-56

Gambar 4.34. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Flores arah X pada Balok Struktur Gedung 3 Lantai SRPMK.....	4-56
Gambar 4.35. Perbandingan Respons Inelastis Peralihan Lantai Gedung 6 Lantai SRPMM dan Gedung 6 Lantai SRPMK Arah X.....	4-59
Gambar 4.36. Perbandingan Respons Inelastis Peralihan Lantai Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK Arah Y.....	4-59
Gambar 4.37. Perbandingan Respons Inelastis Rasio Simpangan Antar Lantai Gedung 6 Lantai SRPMM dan Lantai Gedung 6 Lantai SRPMK Arah X .....	4-62
Gambar 4.38. Perbandingan Respons Inelastis Rasio Simpangan Antar Lantai Gedung 6 Lantai SRPMM dan Lantai Gedung 6 Lantai SRPMK Arah Y .....	4-62
Gambar 4.39. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Flores arah X pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMM .....	4-68
Gambar 4.40. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Flores arah Y pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMM .....	4-69
Gambar 4.41. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa El Centro arah X pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-70
Gambar 4.42. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa El Centro arah Y pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-70
Gambar 4.43. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Denpasar arah X pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-71
Gambar 4.44. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Denpasar arah Y pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-71
Gambar 4.43. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Denpasar arah X pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-72
Gambar 4.44. Kurva Histeris Gaya vs Deformasi Plastis akibat gempa Denpasar arah Y pada Balok Struktur Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-72



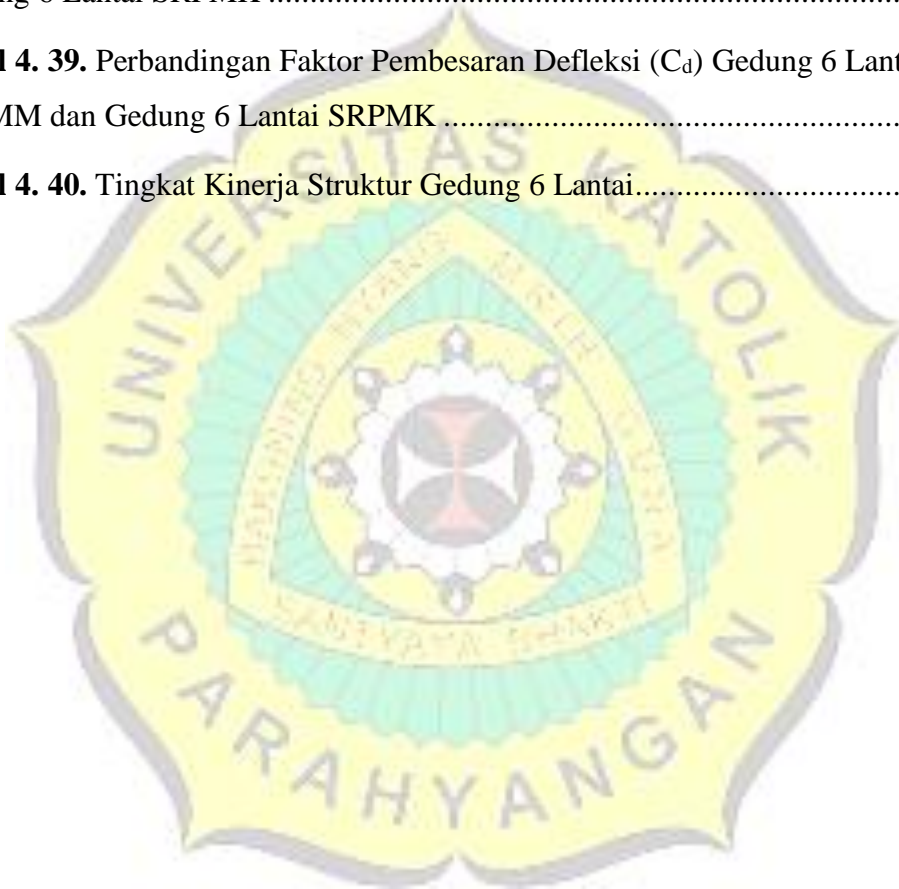
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa, SNI 1726:2019.....	2-2
<b>Tabel 2.1</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa (Lanjutan), SNI 1726:2019 .....	2-3
<b>Tabel 2.2</b> Faktor Keutamaan Gempa, SNI 1726:2019.....	2-3
<b>Tabel 2.3</b> Klasifikasi Situs, SNI 1726:2019 .....	2-4
<b>Tabel 2.4</b> Koefisien Situs ( $F_a$ ), SNI 1726:2019.....	2-6
<b>Tabel 2.5</b> Koefisien Situs ( $F_v$ ), SNI 1726:2019.....	2-6
<b>Tabel 2.6</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek, SNI 1726:2019 .....	2-8
<b>Tabel 2.7</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik, SNI 1726:2019 .....	2-8
<b>Tabel 2.8</b> Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa pada sistem rangka pemikul momen, SNI 1726:2019 .....	2-9
<b>Tabel 2.9</b> Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung, SNI 1726:2019.....	2-13
<b>Tabel 2.10</b> Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ , SNI 1726:2019 .....	2-13
<b>Tabel 2.11</b> Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a$ , SNI 1726:2019 .....	2-15
<b>Tabel 2.12</b> Beban Hidup pada Gedung Perkantoran dan Atap, SNI 1727:2013-16	
<b>Tabel 2.13</b> Rasio Lebar Terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial, AISC 360-10.....	2-20
<b>Tabel 2.14</b> Rasio Lebar Terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur Menahan Lentur Aksial, AISC 360-10 .....	2-22
<b>Tabel 2.15</b> Rasio Lebar Terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur Cukup Daktail dan Sangat Daktail, AISC 341-10.....	2-23
<b>Tabel 2.16</b> Persyaratan <i>Roof Drift Ratio</i> Menurut FEMA 356.....	2-29
<b>Tabel 3.1.</b> Dimensi Model Gedung Baja 3 Lantai SRPMM .....	3-5

<b>Tabel 3.2.</b> Dimensi Model Gedung Baja 6 Lantai SRPMM.....	3-7
<b>Tabel 3.3.</b> Dimensi Model Gedung Baja 3 Lantai SRPMK .....	3-10
<b>Tabel 3.4.</b> Dimensi Model Gedung Baja 6 Lantai SRPMK .....	3-12
<b>Tabel 4.1.</b> Peralihan Elastik Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-2
<b>Tabel 4.2.</b> Simpangan Antar Lantai pada Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-3
<b>Tabel 4.3.</b> Peralihan Elastik Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-5
<b>Tabel 4.4.</b> Simpangan Antar Lantai pada Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-6
<b>Tabel 4.5.</b> Peralihan Elastik Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-8
<b>Tabel 4.6.</b> Simpangan Antar Lantai pada Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-9
<b>Tabel 4.7.</b> Peralihan Elastik Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-11
<b>Tabel 4.8.</b> Simpangan Antar Lantai pada Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-12
<b>Tabel 4.9</b> Peralihan Inelastis Maksimum Arah X dan Y Tiap Gempa Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-14
<b>Tabel 4.10</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-15
<b>Tabel 4.11.</b> Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-16
<b>Tabel 4.12.</b> Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) pada Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-17
<b>Tabel 4.13</b> Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-18
<b>Tabel 4.14</b> Peralihan Inelastis Maksimum Arah X dan Y Tiap Gempa Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-19
<b>Tabel 4.15</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-21
<b>Tabel 4.16.</b> Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-23
<b>Tabel 4.17.</b> Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) pada Gedung 6 Lantai SRPMM.....	4-24
<b>Tabel 4.18</b> Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis Gedung 3 Lantai SRPMM.....	4-25

<b>Tabel 4.19</b> Peralihan Inelastis Maksimum Arah X dan Y Tiap Gempa Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-28
<b>Tabel 4.20</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-29
<b>Tabel 4.21.</b> Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-30
<b>Tabel 4.22.</b> Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) pada Gedung 3 Lantai SRPMK	4-31
<b>Tabel 4.23</b> Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis Gedung 3 Lantai SRPMM	4-32
<b>Tabel 4.24</b> Peralihan Inelastis Maksimum Arah X dan Y Tiap Gempa Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-34
<b>Tabel 4.25</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-36
<b>Tabel 4.26.</b> Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih pada Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-38
<b>Tabel 4.27.</b> Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) pada Gedung 6 Lantai SRPMK	4-39
<b>Tabel 4.28</b> Detik Pertama Terjadinya Sendi Plastis Gedung 3 Lantai SRPMM	4-40
<b>Tabel 4. 29.</b> Perbandingan Peralihan Lantai Maksimum Respons Inelastis Struktur Gedung 3 Lantai SRPMM dan SRPMK.....	4-44
<b>Tabel 4.30.</b> Perbandingan Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Struktur Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK.....	4-47
<b>Tabel 4. 31.</b> Perbandingan Faktor Kuat Lebih Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-51
<b>Tabel 4. 32.</b> Perbandingan Gaya Geser Dasar Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-52
<b>Tabel 4. 33.</b> Perbandingan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) Gedung 3 Lantai SRPMM dan Gedung 3 Lantai SRPMK .....	4-53
<b>Tabel 4. 34.</b> Tingkat Kinerja Struktur Gedung 3 Lantai .....	4-54

<b>Tabel 4. 35.</b> Perbandingan Peralihan Lantai Maksimum Respons Inelastis Struktur Gedung 6 Lantai SRPMM dan SRPMK.....	4-57
<b>Tabel 4.36.</b> Perbandingan Simpangan Antar Lantai Maksimum Respons Inelastis Struktur Gedung 6 Lantai SRPMM dan Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-60
<b>Tabel 4. 37.</b> Perbandingan Faktor Kuat Lebih Gedung 6 Lantai SRPMM dan Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-64
<b>Tabel 4. 38.</b> Perbandingan Gaya Geser Dasar Gedung 6 Lantai SRPMM dan Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-65
<b>Tabel 4. 39.</b> Perbandingan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) Gedung 6 Lantai SRPMM dan Gedung 6 Lantai SRPMK .....	4-66
<b>Tabel 4. 40.</b> Tingkat Kinerja Struktur Gedung 6 Lantai.....	4-67



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN FAKTOR SKALA DINAMIK GEDUNG 3 LANTAI SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) .....	xxiv
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN FAKTOR SKALA DINAMIK GEDUNG 6 LANTAI SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) .....	xxix
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN FAKTOR SKALA DINAMIK GEDUNG 3 LANTAI SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) ....	xxxiv
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN FAKTOR SKALA DINAMIK GEDUNG 6 LANTAI SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) ....	xxxix
LAMPIRAN 5 PERBANDINGAN BERAT STRUKTUR SRPMM DAN SRPMK .....	xliv
LAMPIRAN 6 PENGECEKAN PENAMPANG BALOK DAN KOLOM GEDUNG 3 LANTAI SRPMK.....	xlvi
LAMPIRAN 7 PENGECEKAN PENAMPANG BALOK DAN KOLOM GEDUNG 6 LANTAI SRPMK.....	lv
LAMPIRAN 8 PENGECEKAN SYARAT <i>STRONG COLUMN WEAK BEAM</i> (SCWB) GEDUNG 3 LANTAI SRPMK .....	lxiv
LAMPIRAN 9 PENGECEKAN SYARAT <i>STRONG COLUMN WEAK BEAM</i> (SCWB) GEDUNG 6 LANTAI SRPMK .....	lxvii



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak sekali daerah rawan gempa karena merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan lempeng Pasifik.

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba, sehingga menimbulkan gelombang seismik ke segala arah sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Salah satu penyebab gempa bumi adalah pergerakan kerak bumi/lempeng bumi. Gempa akan memberikan gaya lateral kepada bangunan yang jauh lebih besar dibandingkan angin.

Kerusakan maupun kerugian akibat gempa bumi tidak langsung disebabkan oleh gempa bumi, namun disebabkan oleh kerentanan bangunan sehingga terjadi keruntuhan bangunan. Faktor kerentanan bangunan sangat erat hubungannya untuk perhitungan bencana gempa bumi di masa yang akan datang dengan waktu periode sekitar 250 tahun.

Faktor gempa bumi pun tak dapat terelakan tapi harus dihadapi dengan merencanakan bangunan yang tahan gempa bumi. Bangunan tahan gempa yang dimaksud adalah bangunan dimana bangunan tersebut dapat menahan kegagalan struktur dalam waktu yang cukup lama dimana waktu tersebut cukup untuk melakukan evakuasi. Di zaman sekarang ini hampir seluruh infrastruktur membutuhkan desain yang tahan gempa. Bangunan infrastruktur tahan gempa sangat diperlukan untuk menunjang kegiatan masyarakat seperti perkantoran dimana perkantoran sangat dibutuhkan pembangunan gedung bertingkat meskipun gedung bertingkat memiliki resiko kehancuran akibat gempa.

Material baja merupakan salah satu material yang umum digunakan untuk konstruksi bangunan. Material baja memiliki kelebihan dibandingkan dengan

material lainnya dikarenakan baja memiliki kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan beton dan juga memiliki sifat yang lebih lentur dan ringan dibandingkan beton. Struktur baja yang dibangun pada daerah gempa yang tergolong rendah, sedang dan tinggi perlu menggunakan SRPMB, SRPMM dan SRPMK. Dengan mengetahui perbandingan desain dari SRPMB, SRPMM dan SRPMK, maka perencanaan bangunan dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan.

### **1.2.Inti Permasalahan**

Perencanaan struktur bangunan gedung baja tahan gempa berdasarkan peraturan gempa Indonesia (SNI 1726:2019) dan peraturan baja Indonesia (SNI 1729:2015) dapat dilakukan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dari kedua perencanaan ini akan dihasilkan profil baja yang berbeda untuk kedua desain tersebut. Perbedaan kinerja bangunan dengan desain SRPMM dan SRPMK yang didesain menggunakan program *ETABS 2016* akan dianalisis dinamik riwayat waktu dengan menggunakan program *ETABS 2016*.

### **1.3.Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan skripsi ini adalah,

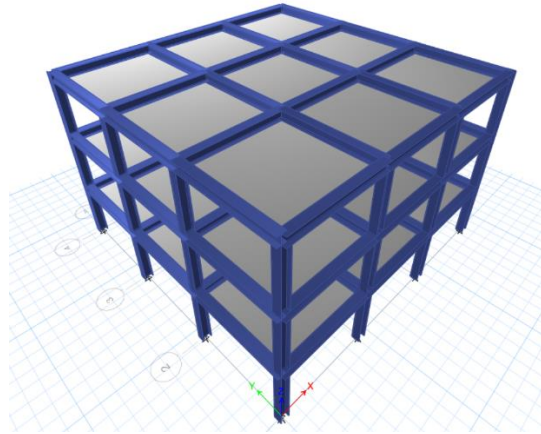
1. Untuk melihat perbedaan hasil desain antara bangunan yang menggunakan SRPMM dan SRPMK.
2. Untuk membandingkan kinerja antara bangunan dengan desain SRPMM dan SRPMK.
3. Untuk melihat apakah persyaratan *drift* dan terbentuknya sendi plastis sudah sesuai dengan peraturan gempa SNI 1726:2019.



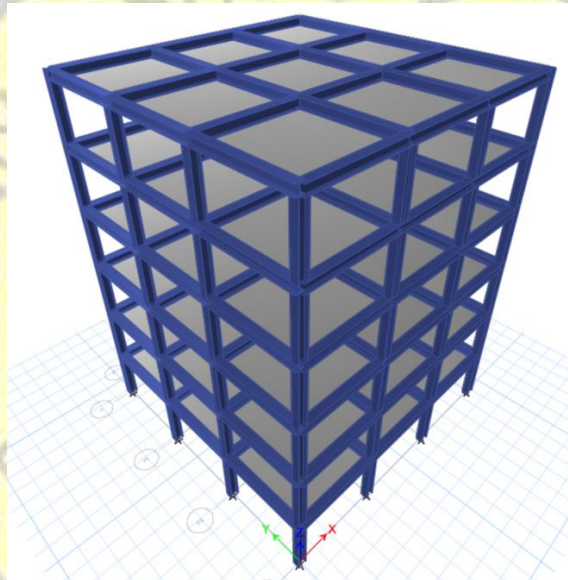
#### 1.4.Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut,

1. Pemodelan struktur gedung baja adalah 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai untuk gedung tinggi dan 3 lantai untuk gedung rendah. Tinggi masing – masing lantai 4 meter. Gedung terdiri atas 3 bentang dan jarak antar bentang adalah 6 meter.
2. Bangunan terletak di atas tanah sedang di Kota Bandung.
3. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran.
4. Pemodelan struktur menggunakan bantuan program ETABS 2016.
5. Profil baja yang digunakan untuk struktur utama seperti balok dan kolom memiliki mutu yang  $f_y = 250$  MPa dan  $f_u = 410$  MPa.
6. Analisis dinamik riwayat waktu menggunakan 3 percepatan gempa yaitu El Centro N-S 1940, Denpasar B-T 1979, dan Flores 1992.
7. Peraturan – peraturan yang digunakan adalah,
  - a. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)
  - b. Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)
  - c. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
  - d. Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja (SNI 7860:2015)
  - e. Peta Gempa Indonesia 2019
8. Desain rangka berdasarkan SRPMK untuk gedung tinggi dan rendah; dan SRPMM untuk gedung tinggi dan rendah.
9. Pada studi ini tidak dibahas mengenai hubungan sambungan antara struktur bangunan baja.



**Gambar 1.1 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Baja 3 Lantai**



**Gambar 1.2 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Baja 6 Lantai**

### 1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah sebagai berikut,

1. Studi Pustaka

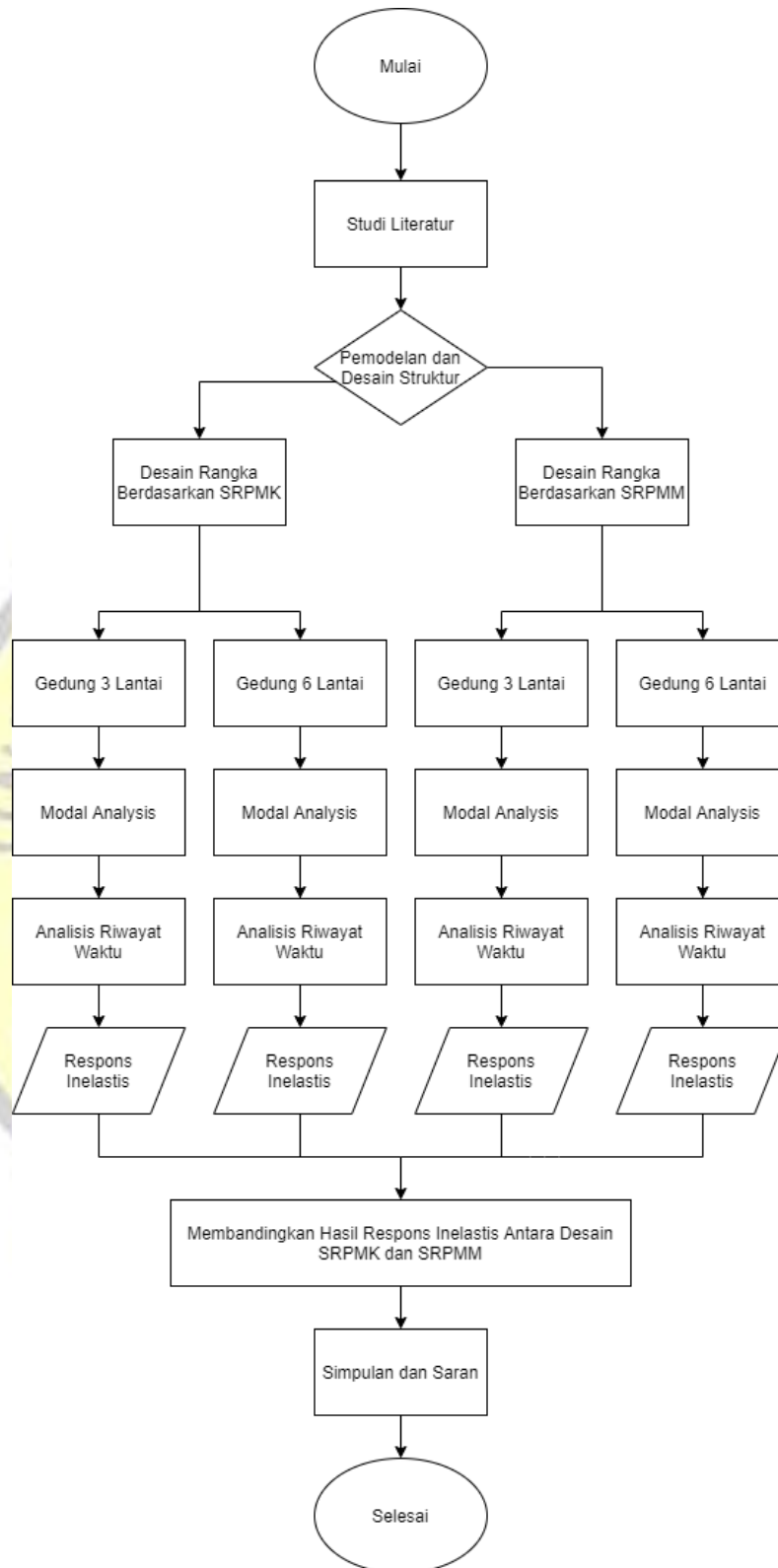
Dalam skripsi ini akan digunakan teori yang berdasar dari buku-buku, *paper*, skripsi, dan peraturan yang berhubungan dengan desain struktur gedung baja dan gempa bumi.

2. Studi Analisis

Dalam skripsi ini, studi analisis terhadap struktur gedung menggunakan bantuan program *ETABS 2016*. Untuk perhitungan tambahan menggunakan bantuan program *Mathcad 15* dan *Microsoft Excel*.



## 1.6. Diagram Alir



## 1.7.Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut,

- BAB I**           Pendahuluan  
Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, diagram alir, dan sistematika penulisan skripsi
- BAB II**           Tinjauan Pustaka  
Bab ini berisi dasar teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam proses pemodelan dan analisis bangunan gedung
- BAB III**          Pemodelan Bangunan  
Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja dengan desain peraturan baru
- BAB IV**          Analisis dan Pembahasan  
Bab ini berisi tinjauan respon inelastik struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan program ETABS
- BAB V**           Kesimpulan dan Saran  
Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang didapat dan disaran berdasarkan kesimpulan yang didapat.

