

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN RESPONS DINAMIS  
ANTARA KONFIGURASI *STACKED* DAN *OFFSET*  
PADA STRUKTUR RANGKA BAJA TERBREIS  
DENGAN VARIASI TIPE BREISING KONSENTRIS**



**SHAHIRA KHAIRUNNISA ROKHMAN  
NPM : 2015410159**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**KO-PEMBIMBING: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi SK BAN – PT No.: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN RESPONS DINAMIS  
ANTARA KONFIGURASI *STACKED* DAN *OFFSET*  
PADA STRUKTUR RANGKA BAJA TERBREIS  
DENGAN VARIASI TIPE BREISING KONSENTRIS**



**SHAHIRA KHAIRUNNISA ROKHMAN  
NPM : 2015410159**

**BANDUNG, 25 JUNI 2019**

**KO-PEMBIMBING:**

**PEMBIMBING:**

**Altho Sagara, S.T., M.T.**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi SK BAN – PT No.: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Shahira Khairunnisa Rokhman

NPM : 2015410159

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: **Studi Perbandingan Respons Dinamis Antara Konfigurasi *Stacked* Dan *Offset* Pada Struktur Rangka Baja Terbreis Dengan Variasi Tipe Breising Konsentris** 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, 25 Juni 2019



Shahira Khairunnisa Rokhman

2015410159

# **STUDI PERBANDINGAN RESPONS DINAMIS ANTARA KONFIGURASI *STACKED* DAN *OFFSET* PADA STRUKTUR RANGKA BAJA TERBREIS DENGAN VARIASI TIPE BREISING KONSENTRIS**

**Shahira Khairunnisa Rokhman**  
**NPM: 2015410159**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**  
**Ko-Pembimbing: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi SK BAN – PT No.: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2019**

## **ABSTRAK**

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi, oleh karena itu bangunan bertingkat harus didesain tahan gempa. Rangka baja dengan breising konsentris khusus adalah salah satu struktur tahan gempa yang dapat digunakan. Breising memiliki berbagai variasi bentuk dan dapat disusun dengan konfigurasi *stacked* atau *offset*. Pada peraturan saat ini konfigurasi breising, khususnya *offset* belum banyak dibahas. Studi ini bertujuan untuk membandingkan respons inelastis struktur antara 4 model gedung 6 lantai denah berbentuk persegi dengan breising *stacked* dan *offset*. Model 1 dan 2 adalah model gedung dengan breising variasi diagonal. Model 3 dan 4 adalah model gedung dengan variasi *inverted V*. Keempat model dianalisis riwayat waktu menggunakan percepatan tanah gempa El Centro 1940, Denpasar 1979, dan Flores 1992.

Hasil analisis riwayat waktu menunjukkan bahwa sendi plastis pada keempat model terjadi pertama kali di elemen breising. Faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ ) yang didapatkan berkisar antara 2,47 – 4,01. Nilai tersebut menunjukkan bahwa untuk variasi breising yang sama,  $\Omega_0$  pada model dengan konfigurasi *stacked* lebih besar daripada konfigurasi *offset*. Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) seluruh model berkisar antara 2,99 - 5,66. Nilai tersebut menunjukkan bahwa untuk variasi breising yang sama,  $C_d$  pada konfigurasi *stacked* lebih besar daripada konfigurasi *offset*. Tingkat kinerja struktur pada Model 1 dan Model 3, yaitu model gedung dengan konfigurasi *stacked*, memiliki tingkat kinerja struktur yang lebih rendah daripada model dengan konfigurasi *offset*.

**Kata Kunci:** *rangka baja breising konsentris khusus, konfigurasi stacked, konfigurasi offset, analisis riwayat waktu*

# COMPARATIVE STUDY ON THE DYNAMIC RESPONSE BETWEEN *STACKED* AND *OFFSET* CONFIGURATION ON BRACED STEEL FRAMES WITH CONCENTRICALLY BRACED VARIATIONS

Shahira Khairunnisa Rokhman  
NPM: 2015410159

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro  
Co-Advisor: Altho Sagara, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL  
ENGINEERING  
(Accredited by SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNE 2019

## ABSTRACT

Indonesia is in highly seismic area, therefore buildings must be designed to be earthquake resistant. Special concentrically braced frame is one of the earthquake resistant structures that can be used. Bracing has a variety of configuration and can be arranged in a stacked or offset. In the current code, bracing configurations, especially offset have not been commonly observed. This study aims to compare the inelastic response of the structure between four models of square-plan of 6-story building with stacked and offset configuration. Models 1 and 2 are building models with diagonal variations. Models 3 and 4 are building models with inverted V variations. The four models are observed by time history analysis under El Centro 1940, Denpasar 1979, and Flores 1992 earthquake ground accelerations.

The results of the time history analysis show that the plastic hinge on the four models occur first on the bracings. The overstrength factor ( $\Omega_0$ ) obtained ranged from 2.47 - 4.01. This value indicates that for the same bracing variation,  $\Omega_0$  of the stacked configuration model is greater than the offset configuration. The deflection amplification factor ( $C_d$ ) for all models ranges from 2.99 - 5.66. This value indicates that for the same bracing variations,  $C_d$  of the stacked configuration is greater than the offset configuration. The structural performance level of Model 1 and Model 3, which are stacked configuration models, have lower levels of structural performance than models with offset configuration.

**Keywords:** *special concentrically braced frames, stacked configuration, offset configuration, time history analysis*

## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya dalam penulisan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini berjudul “Studi Perbandingan Respons Dinamis Antara Konfigurasi *Stacked* Dan *Offset* Pada Struktur Rangka Baja Terbreis Dengan Variasi Tipe Breising Konsentris” yang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis pastinya tidak terlepas dari berbagai tantangan dan hambatan. Namun berkat bimbingan, doa, kritik, saran, serta dukungan dari banyak pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis, Papa dan Mama selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik secara moral, materiil dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih juga kepada Nanaw, selaku adik penulis yang selalu menemani dan menghibur;
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini;
3. Bapak Altho Sagara, S.T, M.T. selaku ko-pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan saran dan membantu penulis ketika mengalami kesulitan;
4. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. dan Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran;
5. Seluruh dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan;
6. Raissa Azalia, Alvin Kurniawan, Ferdinand Marcellino, Chandra, Fawwaz Sapta Adli, Martinus Sunandar dan Joanne Mavis yang merupakan teman satu bimbingan skripsi yang senantiasa saling membantu dan saling bertukar pikiran dalam melakukan analisis dan menulis skripsi;

7. Oktaviani Riandiatmi yang selalu bersedia diajak jalan-jalan untuk melepas penat dan selalu ada untuk penulis disaat suka dan duka dari awal masa perkuliahan;
8. Teh Yaya, Teh Alyn, dan Teh Salsa, selaku sepupu penulis yang selalu menghibur dan memberikan doa serta semangat disaat penulis merasa putus asa;
9. Teman-teman Sipil Unpar 2015 atas kebersamaannya selama ini;
10. Pihak lain yang tidak dapat ditulis satu persatu yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila ada kesalahan yang kurang berkenan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan serta untuk studi lebih lanjut di masa depan.

Bandung, 25 Juni 2019



Shahira Khairunnisa Rokhman

2015410159

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-3
1.4 Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5 Metode Penelitian .....	1-6
1.6 Sistematika Penulisan .....	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1
2.1 Breising Konsentris .....	2-1
2.2 Konfigurasi <i>Stacked</i> dan <i>Offset</i> .....	2-2
2.3 SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung .....	2-3
2.3.1 Gempa Rencana .....	2-3
2.3.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan ..	2-3
2.3.3 Klasifikasi Situs .....	2-4
2.3.4 Respons Spektrum .....	2-6
2.3.5 Kategori Desain Seismik .....	2-8
2.3.6 Sistem Struktur Penahan Beban Gempa .....	2-9



2.3.7	Kombinasi Pembebanan.....	2-10
2.3.8	Berat Seismik Efektif .....	2-13
2.3.9	Perioda Fundamental Struktur .....	2-13
2.3.10	Gaya Lateral Ekvivalen .....	2-14
2.3.11	Skala Gaya .....	2-15
2.3.12	Batas Simpangan Antar Lantai .....	2-15
2.4	SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.....	2-17
2.4.1	Beban Mati.....	2-17
2.4.2	Beban Hidup .....	2-17
2.5	SNI 7860:2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung..	2-17
2.5.1	Persyaratan Komponen Struktur .....	2-17
2.5.2	Breising Stabilitas Balok.....	2-19
2.5.3	Rangka Terbreis Konsentris Khusus .....	2-20
2.6	SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.....	2-23
2.6.1	Dasar Desain .....	2-23
2.6.2	Persyaratan Stabilitas Umum .....	2-24
2.6.3	Persyaratan Analisis Umum .....	2-24
2.7	Perilaku Inelastis Struktur .....	2-25
2.8	Analisis Riwayat Waktu .....	2-26
2.9	Tingkat Kinerja Struktur.....	2-27
<b>BAB 3 PEMODELAN DAN DESAIN STRUKTUR.....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Data Bangunan .....	3-1
3.1.1	Data Struktur .....	3-1
3.1.2	Data Material.....	3-2
3.2	Pembebanan.....	3-2
3.2.1	Beban Mati Tambahan (SIDL) .....	3-2
3.2.2	Beban Hidup .....	3-3

3.2.3	Beban Gempa .....	3-3
3.2.4	Kombinasi Pembebanan .....	3-4
3.3	Hubungan Balok-Kolom .....	3-4
3.4	Desain Elemen Struktur .....	3-7
3.5	Analisis Riwayat Waktu .....	3-8
BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA .....		4-1
4.1	Hasil Analisis Respons Spektrum .....	4-1
4.1.1	Analisa <i>Mode Shape</i> .....	4-1
4.1.2	Ragam Getar dan Periode Getar .....	4-1
4.1.3	Gaya Geser Dasar .....	4-3
4.1.4	Peralihan Lantai Maksimum ( <i>Displacement</i> ) .....	4-4
4.1.5	Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	4-6
4.1.6	Kapasitas Balok dan Kolom .....	4-9
4.1.7	Berat Profil Baja .....	4-13
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu .....	4-13
4.2.1	Sendi Plastis .....	4-13
4.2.2	Gaya Geser Dasar .....	4-26
4.2.3	Peralihan Lantai Maksimum ( <i>Displacement</i> ) .....	4-28
4.2.4	Simpangan Antar Lantai ( <i>Drift</i> ) .....	4-33
4.2.5	Tingkat Kinerja Struktur .....	4-36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-2
DAFTAR PUSTAKA .....		xxiii
LAMPIRAN .....		

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AISC	= <i>American Institute of Steel Construction</i>
$C_d$	= Faktor pembesaran defleksi
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
$C_t$	= Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
E	= Modulus elastisitas,
$F_a$	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek
$f_c'$	= Kuat tekan beton
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
$F_u$	= Tegangan ultimate
$F_v$	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik
$F_y$	= Tegangan leleh
$h_{sx}$	= Tinggi lantai dibawah lantai x
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
LS	= <i>Life Safety</i>
m	= meter
mm	= milimeter
MPa	= Megapascal
$\bar{N}$	= tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30 m paling atas
$\bar{N}_{ch}$	= tahanan penetrasi standar rata-rata tanah non kohesif dalam lapisan 30 m paling atas
R	= Koefisien modifikasi respons
$S_1$	= Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
SCBF	= <i>Special Concentrically Braced Frames</i>
$S_{D1}$	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik
$S_{DS}$	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek
$S_{M1}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
$S_{MS}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
SNI	= Standar Nasional Indonesia
$S_s$	= Percepatan batuan dasar pada perioda pendek
$\bar{S}_u$	= Kuat geser niralir rata-rata

- $T$  = perioda fundamental struktur
- $t_f$  = Tebal flens
- $t_w$  = Tebal web
- $\bar{v}_s$  = kecepatan rambat gelombang geser rata-rata pada regangan geser yang kecil, di dalam lapisan 30 m teratas
- $\gamma$  = Berat jenis
- $\lambda_{hd}$  = rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk komponen struktur daktail tinggi
- $\lambda_{md}$  = rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk komponen struktur daktail sedang
- $\Omega_0$  = Faktor kuat lebih sistem

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Variasi Sistem SCBF.....	1-2
Gambar 1.2 Konfigurasi Breising .....	1-2
Gambar 1.3 Denah Gedung.....	1-3
Gambar 1.4 Breising SCBF Variasi Diagonal dengan Konfigurasi <i>Stacked</i> (Model 1) .....	1-4
Gambar 1.5 Breising SCBF Variasi Diagonal dengan Konfigurasi <i>Offset</i> (Model 2) .....	1-4
Gambar 1.6 Breising SCBF Variasi <i>Inverted-V</i> dengan Konfigurasi <i>Stacked</i> (Model 3) .....	1-5
Gambar 1.7 Breising SCBF Variasi <i>Inverted-V</i> dengan Konfigurasi <i>Offset</i> (Model 4) .....	1-5
Gambar 1.8 Diagram Alir Penelitian .....	1-7
Gambar 2.1 Sistem Rangka Breising Konsentris.....	2-1
Gambar 2.2 Breising Konsentris Saat Menerima Gaya Lateral Gempa .....	2-2
Gambar 2.3 Konfigurasi <i>Offset</i> dan <i>Stacked</i> .....	2-3
Gambar 2.4 Spektrum Respons Desain.....	2-8
Gambar 3.1 Respons Spektrum Desain Kota Bandung .....	3-3
Gambar 3.2 Hubungan Balok-Kolom Lantai 1-6 Pada Seluruh Model dengan Konfigurasi <i>Stacked</i> .....	3-5
Gambar 3.3 Hubungan Balok-Kolom Potongan 1,5,A dan E Pada Model Variasi Diagonal dengan Konfigurasi <i>Stacked</i> .....	3-5
Gambar 3.4 Hubungan Balok-Kolom Potongan 1,5,A dan E Pada Model Variasi <i>Inverted V</i> dengan Konfigurasi <i>Stacked</i> .....	3-5
Gambar 3.5 Hubungan Balok-Kolom Potongan 1,5,A dan E Pada Model Variasi Diagonal dengan Konfigurasi <i>Offset</i> .....	3-6
Gambar 3.6 Hubungan Balok-Kolom Potongan 1,5,A dan E Pada Model Variasi <i>Inverted V</i> dengan Konfigurasi <i>Offset</i> .....	3-6
Gambar 3.7 Hubungan Balok-Kolom Lantai 6 Pada Seluruh Model dengan Konfigurasi <i>Offset</i> .....	3-6

Gambar 3.8 Hubungan Balok-Kolom Lantai 1-5 Pada Seluruh Model dengan Konfigurasi <i>Offset</i> .....	3-6
Gambar 3.9 Hubungan Balok-Kolom Potongan 2, 3, 4, B, C dan D Pada Seluruh Model.....	3-7
Gambar 3.10 Penempatan Sendi Plastis Pada Kolom, Balok, dan Breising .....	3-9
Gambar 3.11 Rekaman Gempa El Centro 1940 .....	3-9
Gambar 3.12 Rekaman Gempa Denpasar 1979.....	3-10
Gambar 3.13 Rekaman Gempa Flores 1992.....	3-10
Gambar 4.1 Peralihan Lantai Maksimum Arah X pada Seluruh Model Gedung.....	4-5
Gambar 4.2 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y pada Seluruh Model Gedung.....	4-5
Gambar 4.3 Simpangan Antar Lantai Pada Model 1 Arah X dan Y .....	4-6
Gambar 4.4 Simpangan Antar Lantai Pada Model 2 Arah X dan Y .....	4-7
Gambar 4.5 Simpangan Antar Lantai Pada Model 3 Arah X dan Y .....	4-8
Gambar 4.6 Simpangan Antar Lantai Pada Model 4 Arah X dan Y .....	4-8
Gambar 4.7 Rasio D/C pada Model 1, Elevasi A dan E.....	4-9
Gambar 4.8 Rasio D/C pada Model 1, Elevasi 1 dan 5 .....	4-9
Gambar 4.9 Rasio D/C pada Model 2, Elevasi A dan E.....	4-10
Gambar 4.10 Rasio D/C pada Model 2, Elevasi 1 dan 5 .....	4-10
Gambar 4.11 Rasio D/C pada Model 3, Elevasi A dan E.....	4-11
Gambar 4.12 Rasio D/C pada Model 3, Elevasi 1 dan 5 .....	4-11
Gambar 4.13 Rasio D/C pada Model 4, Elevasi A dan E.....	4-12
Gambar 4.14 Rasio D/C pada Model 4, Elevasi 1 dan 5 .....	4-12
Gambar 4.15 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa El Centro Arah X (1,9 detik)– Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-14
Gambar 4.16 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa El Centro Arah X (14 detik) .....	4-14
Gambar 4.17 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa El Centro Arah Y (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-14
Gambar 4.18 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa El Centro Arah Y (14 detik) .....	4-14
Gambar 4.19 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa El Centro Arah X (1,8 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-15

Gambar 4.20 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa El Centro Arah X (14 detik).....	4-15
Gambar 4.21 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa El Centro Arah Y (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-15
Gambar 4.22 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa El Centro Arah Y (14 detik).....	4-15
Gambar 4.23 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa El Centro Arah X (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-16
Gambar 4.24 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa El Centro Arah X (14 detik).....	4-16
Gambar 4.25 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa El Centro Arah Y (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-16
Gambar 4.26 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa El Centro Arah Y (14 detik).....	4-16
Gambar 4.27 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa El Centro Arah X (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-17
Gambar 4.28 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa El Centro Arah X (14 detik).....	4-17
Gambar 4.29 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa El Centro Arah Y (1,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-17
Gambar 4.30 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa El Centro Arah Y (14 detik).....	4-17
Gambar 4.31 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah X (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-18
Gambar 4.32 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah X (30 detik) .....	4-18
Gambar 4.33 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (4,1 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-18
Gambar 4.34 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (30 detik) .....	4-18
Gambar 4.35 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah X (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-19

Gambar 4.36 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah X (30 detik).....	4-19
Gambar 4.37 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (4,3 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-19
Gambar 4.38 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (30 detik).....	4-19
Gambar 4.39 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Denpasar Arah X (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-20
Gambar 4.40 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Denpasar Arah X (30 detik).....	4-20
Gambar 4.41 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-20
Gambar 4.42 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (30 detik).....	4-20
Gambar 4.43 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Denpasar Arah X (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-21
Gambar 4.44 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Denpasar Arah X (30 detik).....	4-21
Gambar 4.45 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (4 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-21
Gambar 4.46 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Denpasar Arah Y (30 detik).....	4-21
Gambar 4.47 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah X (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-22
Gambar 4.48 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah X (60 detik).....	4-22
Gambar 4.49 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah Y (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-22
Gambar 4.50 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah Y (60 detik).....	4-22
Gambar 4.51 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah X (24,9 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-23



Gambar 4.52 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah X (60 detik) .....	4-23
Gambar 4.53 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah Y (25,2 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-23
Gambar 4.54 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah Y (60 detik) .....	4-23
Gambar 4.55 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Flores Arah X (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-24
Gambar 4.56 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Flores Arah X (60 detik) .....	4-24
Gambar 4.57 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Flores Arah Y (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-24
Gambar 4.58 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 3 Akibat Gempa Flores Arah Y (60 detik) .....	4-24
Gambar 4.59 Potongan 1, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Flores Arah X (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-25
Gambar 4.60 Potongan 1 dan 5, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Flores Arah X (60 detik) .....	4-25
Gambar 4.61 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Flores Arah Y (25 detik) – Awal Terjadi Sendi Plastis .....	4-25
Gambar 4.62 Potongan A dan E, Lokasi Sendi Plastis pada Model 4 Akibat Gempa Flores Arah Y (60 detik) .....	4-25
Gambar 4.63 Peralihan Lantai Maksimum Arah X Akibat Gempa El Centro...	4-30
Gambar 4.64 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y Akibat Gempa El Centro...	4-30
Gambar 4.65 Peralihan Lantai Maksimum Arah X Akibat Gempa Denpasar...	4-31
Gambar 4.66 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y Akibat Gempa Denpasar...	4-31
Gambar 4.67 Peralihan Lantai Maksimum Arah X Akibat Gempa Flores .....	4-32
Gambar 4.68 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y Akibat Gempa Flores .....	4-32

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan .....	2-4
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa .....	2-4
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs .....	2-5
Tabel 2.4 Koefisien Situs, $F_a$ .....	2-6
Tabel 2.5 Koefisien Situs, $F_v$ .....	2-7
Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....	2-9
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	2-9
Tabel 2.8 Faktor $R$ , $C_d$ , $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa.....	2-10
Tabel 2.9 Koefisien untuk batas pada periode yang dihitung .....	2-14
Tabel 2.10 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	2-14
Tabel 2.11 Simpangan antar lantai ijin .....	2-16
Tabel 2.12 Rasio Lebar-Terhadap-Ketebalan: Elemen Tekan.....	2-18
Tabel 2.13 Persyaratan Roof Drift Ratio Menurut FEMA 356.....	2-28
Tabel 3.1 Data Struktur .....	3-1
Tabel 3.2 Beban Mati Tambahan (SIDL) .....	3-3
Tabel 3.3 Hasil Desain Kolom .....	3-7
Tabel 3.4 Hasil Desain Balok Induk dan Balok Anak .....	3-8
Tabel 3.5 Hasil Desain Breising.....	3-8
Tabel 4.1 <i>Mode Shape</i> pada Model Gedung .....	4-1
Tabel 4.2 Ragam Getar dan Periode Getar Pada Model 1 .....	4-2
Tabel 4.3 Ragam Getar dan Periode Getar Pada Model 2 .....	4-2
Tabel 4.4 Ragam Getar dan Periode Getar Pada Model 3 .....	4-3
Tabel 4.5 Ragam Getar dan Periode Getar Pada Model 4 .....	4-3
Tabel 4.6 Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Respon Spektrum .....	4-4
Tabel 4.7 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Analisis Respons Spektrum .....	4-4
Tabel 4.8 Simpangan Antar Lantai Pada Model 1 .....	4-6
Tabel 4.9 Simpangan Antar Lantai Pada Model 2 .....	4-7
Tabel 4.10 Simpangan Antar Lantai Pada Model 3 .....	4-7
Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai Pada Model 4 .....	4-8

Tabel 4.12 Berat Profil Baja.....	4-13
Tabel 4.13 Waktu Awal Terjadi Sendi Plastis.....	4-26
Tabel 4.14 Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Riwayat Waktu .....	4-27
Tabel 4.15 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 1 .....	4-28
Tabel 4.16 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 2 .....	4-28
Tabel 4.17 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 3 .....	4-29
Tabel 4.18 Peralihan Lantai Maksimum Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 4 .....	4-29
Tabel 4.19 Drift Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 1 .....	4-33
Tabel 4.20 Faktor Pembesaran Defleksi pada Model 1 .....	4-33
Tabel 4.21 Drift Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 2.....	4-34
Tabel 4.22 Faktor Pembesaran Defleksi pada Model 2.....	4-34
Tabel 4.23 Drift Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 3.....	4-34
Tabel 4.24 Faktor Pembesaran Defleksi pada Model 3.....	4-35
Tabel 4.25 Drift Hasil Analisis Riwayat Waktu pada Model 4.....	4-35
Tabel 4.26 Faktor Pembesaran Defleksi pada Model 4.....	4-36
Tabel 4.27 Tingkat Kinerja Struktur pada Seluruh Model .....	4-37

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 FAKTOR SKALA.....	L1-1
LAMPIRAN 2 PROFIL KOLOM, BALOK, DAN BREISING.....	L2-1
LAMPIRAN 3 RASIO D/C SELURUH MODEL.....	L3-1
LAMPIRAN 4 CONTOH PERHITUNGAN BREISING, BALOK DAN KOLOM .....	L4-1
LAMPIRAN 5 GRAFIK RASIO SIMPANGAN ANTAR LANTAI HASIL ANALISIS RIWAYAT WAKTU .....	L5-1
LAMPIRAN 6 KURVA HISTERESIS .....	L6-1

# BAB 1

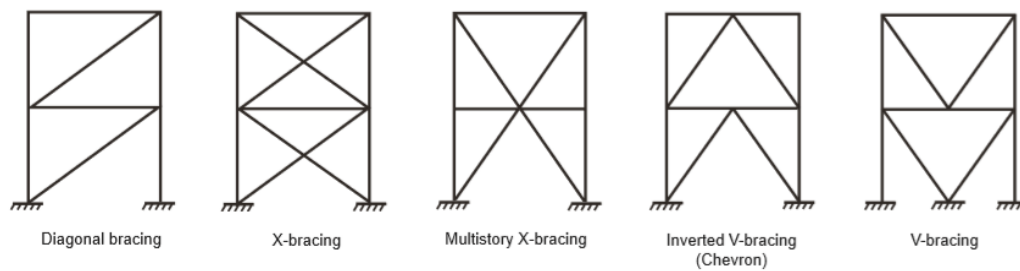
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai dalam arah vertikal. Bangunan bertingkat dibangun berdasarkan masalah keterbatasan lahan dan harganya yang semakin mahal, khususnya di perkotaan dan tingginya tingkat permintaan ruang untuk berbagai macam kegiatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia. Material yang dapat digunakan untuk bangunan bertingkat di Indonesia umumnya adalah beton dan baja.

Baja adalah material yang banyak digunakan untuk pembangunan gedung bertingkat di Indonesia saat ini. Indonesia merupakan wilayah yang sangat aktif kegempaan, baik gempa bumi tektonik maupun vulkanik. Struktur baja dianggap sebagai solusi yang cocok untuk konstruksi di daerah dengan tingkat kegempaan tinggi, karena kekuatan dan daktilitas yang sangat baik, dan adanya jaminan kualitas tinggi oleh produksi industri profil dan pelat baja, dan realibilitas pembuatan sambungan baik di pabrik maupun di lapangan (Mazzolani dan Piluso, 1996; Mazzolani dan Gioncu, 2000). Sifat daktilitas baja membuat baja dapat berdeformasi di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus, sehingga mampu mencegah robohnya suatu bangunan secara tiba-tiba seperti pada peristiwa gempa bumi.

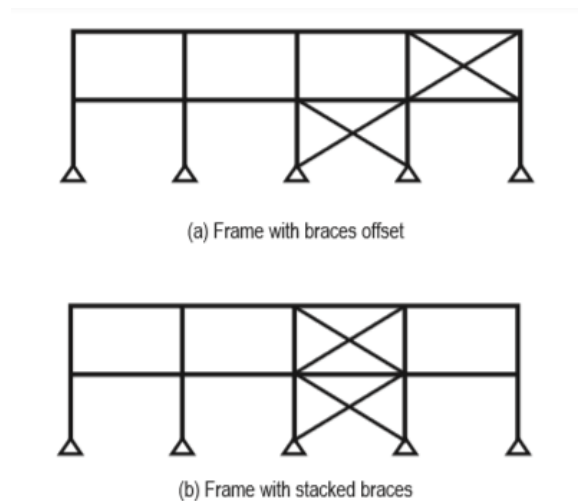
Sistem konstruksi baja tahan gempa yang dapat digunakan diantaranya adalah *Moment Resisting Frame*, *Concentrically Braced Frames* (CBF), *Eccentrically Braced Frame* (EBF), *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF) dan Dinding Geser Baja (Steel Shear Wall) (AISC, 2009). *Special Concentrically Braced Frame* (SCBF) adalah kelas khusus dari CBF yang proporsional dan rinci untuk memaksimalkan kapasitas drift inelastik. SCBF merupakan sistem yang ekonomis untuk daerah dengan kegempaan tinggi. SCBF terus menjadi populer karena lebih banyaknya pengalaman yang dimiliki perancang dan perakit struktur baja dengan sistem SCBF (Sabelli et al., 2013). Variasi SCBF yang dapat digunakan terdapat pada **Gambar 1.1**.



**Gambar 1.1** Variasi Sistem SCBF

(Sumber: Sabelli et al., 2013)

Variasi dan konfigurasi breising akan berpengaruh pada respons struktur suatu bangunan. Variasi bentuk SCBF yang digunakan dalam studi ini adalah breising diagonal dan *inverted V* dengan konfigurasi *stacked* dan *offset* seperti pada **Gambar 1.2**.



**Gambar 1.2** Konfigurasi Breising

(Sumber: Sabelli et al., 2013)

## 1.2 Inti Permasalahan

Breising umumnya diletakkan pada sisi luar suatu bangunan, sehingga selain berfungsi untuk memperkuat struktur dalam menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa bumi, breising juga dapat menambah nilai estetika suatu bangunan. Breising tersebut memiliki ragam variasi dan konfigurasi. Breising dapat didesain dengan konfigurasi *stacked* dan *offset*. Variasi dan konfigurasi tersebut dapat mempengaruhi distribusi gaya-gaya dalam dan perilaku struktur bangunan. Pada

peraturan gempa saat ini konfigurasi breising khususnya *offset* belum dibahas lebih lanjut. Dengan demikian, perlu adanya studi mengenai pengaruh variasi dan konfigurasi breising terhadap respons dinamis struktur.

### 1.3 Tujuan Penelitian

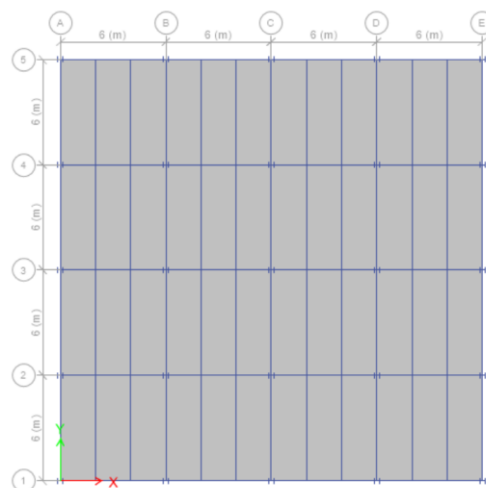
Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui dan membandingkan respon inelastis struktur (peralihan antar lantai, penyebaran sendi plastis, dan gaya geser dasar) akibat penggunaan konfigurasi *stacked* dan *offset* menggunakan SCBF tipe diagonal
2. Mengetahui dan membandingkan respon inelastis struktur (peralihan antar lantai, penyebaran sendi plastis, dan gaya geser dasar) akibat penggunaan konfigurasi *stacked* dan *offset* menggunakan SCBF tipe *inverted V*
3. Membandingkan faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) dan faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ ) yang didapat dari hasil analisis terhadap peraturan gempa

### 1.4 Pembatasan Masalah

Penelitian pada skripsi ini dibatasi oleh :

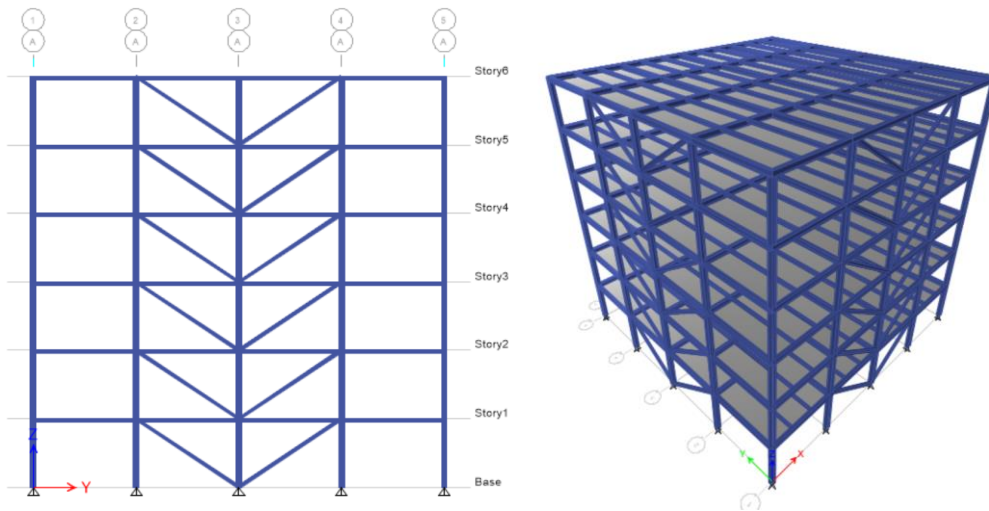
1. Pemodelan struktur gedung baja adalah 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian antar lantai adalah 4 meter, gedung terdiri atas 4 bentang, dan jarak antar bentang adalah 6 meter seperti pada **Gambar 1.3**.



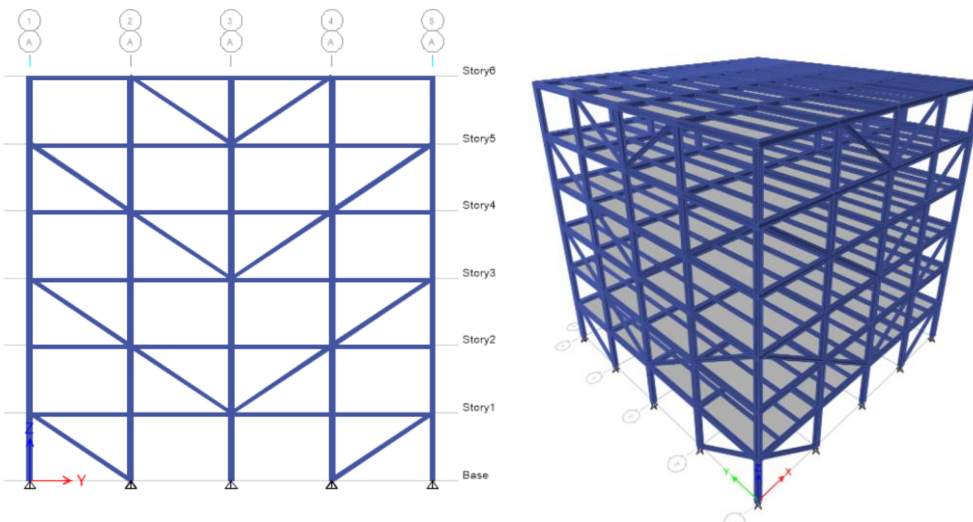
**Gambar 1.3** Denah Gedung

2. Gedung simetris berbentuk persegi;

3. Pada studi ini dilakukan analisis dengan 4 model yang ditunjukkan pada **Gambar 1.4** , **Gambar 1.5** , **Gambar 1.6** dan **Gambar 1.7**;

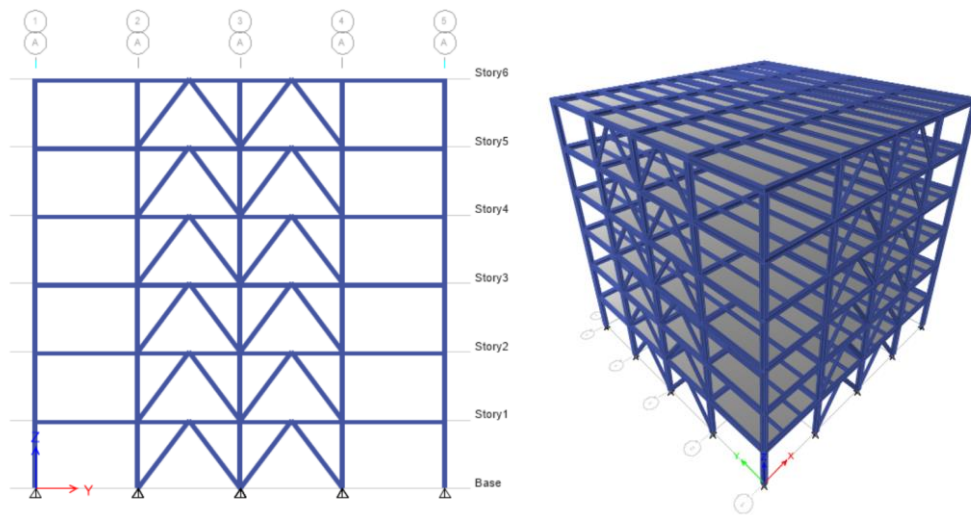


**Gambar 1.4** Breising SCBF Variasi Diagonal dengan Konfigurasi *Stacked* (Model 1)

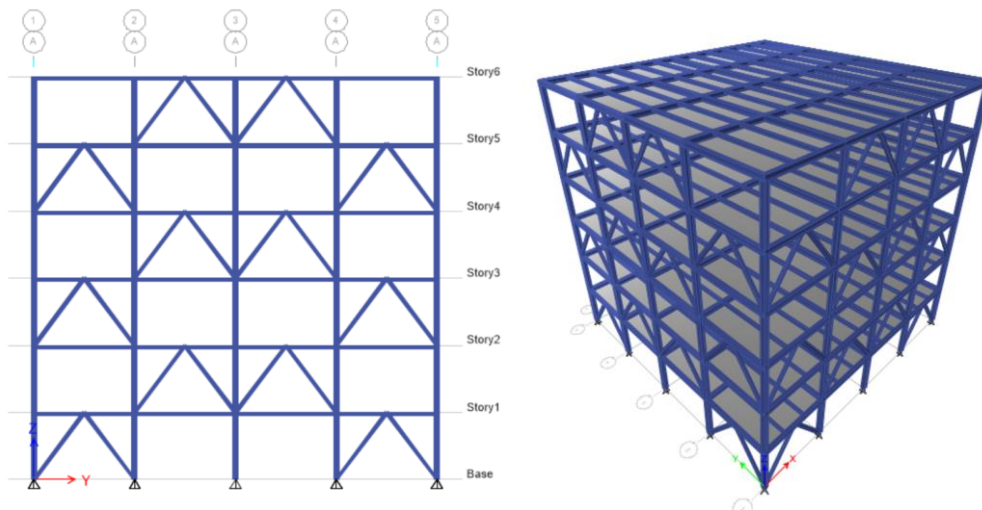


**Gambar 1.5** Breising SCBF Variasi Diagonal dengan Konfigurasi *Offset* (Model 2)





**Gambar 1.6** Breising SCBF Variasi *Inverted-V* dengan Konfigurasi *Stacked* (Model 3)



**Gambar 1.7** Breising SCBF Variasi *Inverted-V* dengan Konfigurasi *Offset* (Model 4)

4. Bangunan terletak di atas tanah sedang di Kota Bandung;
5. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran;
6. Pemodelan struktur menggunakan bantuan program ETABS;
7. Profil baja yang digunakan untuk struktur utama seperti balok dan kolom serta inti breising menggunakan BJ-37 dengan  $F_y = 240$  MPa dan  $F_u = 370$  MPa;
8. Analisis dinamik riwayat waktu menggunakan tiga percepatan gempa yaitu El Centro 1940 N-S, Denpasar 1979 T-B, dan Flores 1992;

9. Desain breising menggunakan breising SCBF dengan dua variasi yaitu diagonal dan *inverted V*;
10. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah,
  - a) SNI 1726:2012 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung;
  - b) SNI 1729:2015 - Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural;
  - c) SNI 1727:2013 - Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain;
  - d) SNI 7860:2015 - Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan;
  - e) Peta Gempa Indonesia 2017

## 1.5 Metode Penelitian

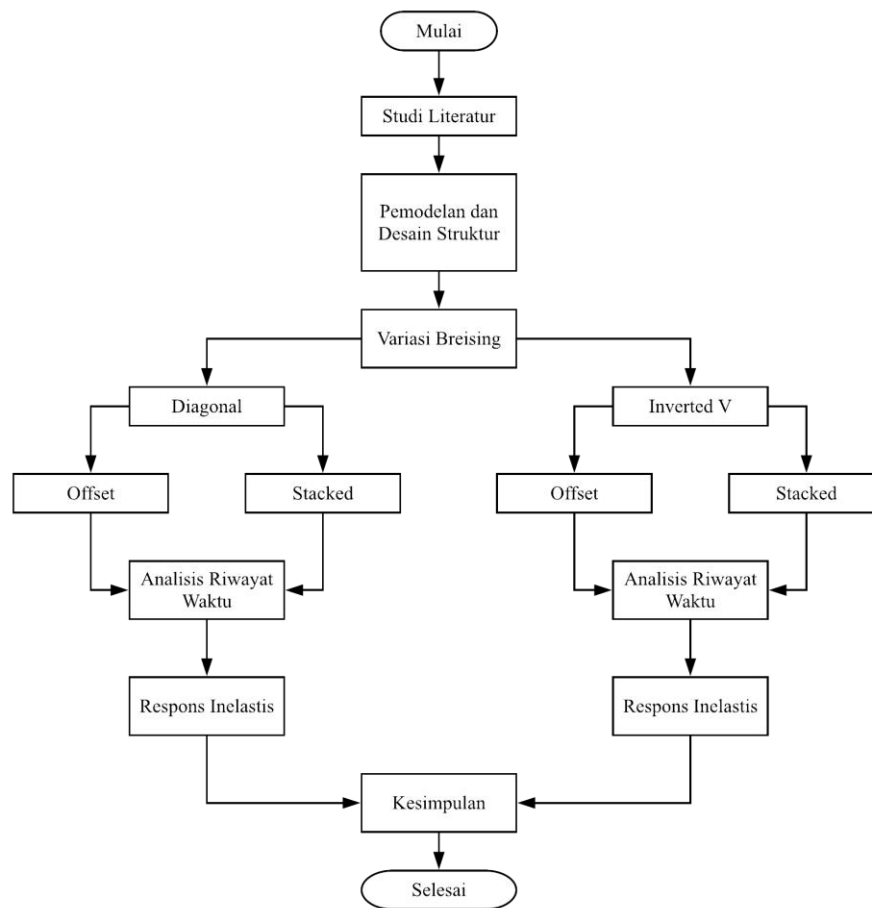
### 1. Studi Literatur

Bahan-bahan yang digunakan sebagai referensi berasal dari buku-buku, skripsi, *paper*, peraturan yang berlaku mengenai struktur baja, serta peraturan gempa.

### 2. Studi Analisis

Studi analisis terhadap struktur gedung menggunakan bantuan program ETABS. Untuk proses perhitungan menggunakan bantuan program Microsoft Excel, SMath Studio dan Mathcad.

Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penyusunan skripsi ini disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian seperti pada **Gambar 1.8**.



**Gambar 1.8** Diagram Alir Penelitian

## 1.6 Sistematika Penulisan

Berikut ini adalah sistematika penulisan skripsi ini:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi ini

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori-teori yang digunakan sebagai acuan dalam proses pemodelan dan analisis bangunan gedung

### BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja terbreis konsentris variasi diagonal dan *inverted V* dengan konfigurasi *stacked* dan *offset*

1-8

menggunakan program ETABS, serta pengecekan syarat struktur bangunan tahan gempa

#### **BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tinjauan respons inelastis struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan perangkat lunak ETABS

#### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi hasil kesimpulan akhir yang didapat berdasarkan analisis, dan saran – saran berdasarkan kesimpulan yang didapat.