

**SKRIPSI**  
**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK**  
**ANTARA BREISING DIAGONAL KONSENTRIS**  
**KONVENSIONAL DAN BREISING TAHAN TEKUK**



**Misael Jeremia Joy**

**NPM : 2013410067**

**PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2017**

**SKRIPSI**  
**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK**  
**ANTARA BREISING DIAGONAL KONSENTRIS**  
**KONVENSIONAL DAN BREISING TAHAN TEKUK**



**Misael Jeremia Joy**

**NPM : 2013410067**

**BANDUNG, JUNI 2017**

**PEMBIMBING**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2017**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Misael Jeremia Joy

NPM : 2013410067

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perbandingan Prilaku Inelastik Antara Breising Diagonal Konsentris Konvensional Dan Breising Tahan Tekuk* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Juni 2017



Misael Jeremia Joy

NPM: 2013410067

# **STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK ANTARA BREISING DIAGONAL KONSENTRIS KONVENSIONAL DAN BREISING TAHAN TEKUK**

Misael Jeremia Joy

NPM: 2013410067

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2017**

## **ABSTRAK**

Bangunan di Indonesia memiliki risiko keruntuhan akibat beban gempa, oleh karena itu, bangunan harus didesain secara khusus dengan memperhitungkan fenomena gempa. Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan adanya korban jiwa. Penelitian dalam studi ini membandingkan antara bangunan struktur baja tahan gempa yang menggunakan sistem breising diagonal berupa sistem breising konsentris konvensional khusus (SCBF) dan sistem breising tahan tekuk (BRBF). Pemodelan gedung merupakan struktur baja 6 lantai dengan ketinggian tiap lantai 4 m dan terdiri atas 3 bentang dengan panjang 6 m dan berfungsi sebagai gedung perkantoran. Analisis menggunakan analisis riwayat waktu dengan 3 rekaman percepatan gempa, El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979 dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.10. Dari hasil analisis riwayat waktu diketahui bahwa simpangan antar lantai dari kedua model struktur akibat ketiga gempa tidak melampaui batas simpangan ijin. Didapatkan rata-rata nilai faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ )= 4,305 untuk model dengan sistem breising SCBF dan 4,26 untuk model dengan sistem breising BRBF, lebih besar bila dibandingkan dengan nilai faktor kuat lebih pada ketentuan di SNI 1726-2012 yaitu sebesar 2 untuk SCBF dan 2,5 untuk BRBF. Didapatkan rata-rata nilai pembesaran deformasi ( $C_d$ )= 6,96 untuk model dengan sistem breising SCBF dan sebesar 7,14 untuk model dengan sistem breising BRBF, lebih besar dari nilai  $C_d$  yang ada pada ketentuan di SNI 1726-2012 yaitu sebesar 5 untuk SCBF maupun BRBF. Awal kemunculan sendi plastis pada kedua model terletak pada breising. Di detik terakhir, pada model dengan sistem breising SCBF terjadi sendi plastis pada kolom dan breising sedangkan pada model dengan sistem breising BRBF hanya terjadi sendi plastis pada breising saja. Tingkat kinerja struktur yang didapatkan untuk model dengan sistem breising SCBF ada dalam tingkat CP (*Collapse Prevention*) akibat gempa arah X dan LS (*Life Safety*) akibat gempa arah Y, sedangkan untuk model dengan sistem breising BRBF ada dalam tingkat IO (*Immediate Occupancy*) akibat kedua arah gempa.

Kata kunci: analisis riwayat waktu, SCBF, BRBF, sendi plastis, kinerja struktur

# **COMPARISON STUDY OF INELASTIC RESPONSE BETWEEN CONCENTRICALLY CONVENTIONAL DIAGONAL BRACING AND BUCKLING RESTRAINT BRACED FRAME**

Misael Jeremia Joy

NPM: 2013410067

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

**BANDUNG  
JUNE 2017**

## **ABSTRACT**

Buildings in Indonesia have a great risk of collapse due to earthquake load. Therefore, buildings must be specially designed to take into account the phenomena of the earthquake. The purpose of earthquake resistant building design is to prevent structural failure and loss of life. This study examines and compares between earthquake resistant steel structures that is special conventional concentrically braced frame systems (SCBF) and buckling restraint braced frame systems (BRBF). The model is a 6-story steel structure office building with 4 m height of each floor consists of 3 spans of 6 m. The analysis is using time history analysis with 3 earthquake ground acceleration record, El-Centro 1940, Flores 1992, and Denpasar 1979 simulated in ETABS 16.10 software. From the result of time history analysis, it is known that the drift resulted from the three earthquakes in the two models does not exceed the requirement limit. The average value of  $\Omega_0 = 4,305$  for model with SCBF bracing system and 4,26 for model with BRBF bracing system, it is bigger than  $\Omega_0$  value in SNI 1726-2012 which is 2 For SCBF and 2.5 for BRBF. The average value of  $C_d = 6,96$  for model with SCBF bracing system and 7,14 for model with BRBF bracing system, it is bigger than  $C_d$  value in SNI 1726-2012 which is 5 for SCBF and BRBF. The initial appearance of plastic hinge in both models occurs in brace. In the last second, plastic hinge in model with SCBF bracing system occurs in the column and brace whereas plastic hinge in model with BRBF bracing system occurs in brace only. The level of structural performance obtained for model with SCBF bracing system is in CP (*Collapse Prevention*) level due to X-direction earthquake and LS (*Life Safety*) due to Y-direction earthquake, while for model with BRBF bracing system is in IO (*Immediate Occupancy*) level due to both directions of earthquake.

Keywords: time history analysis, SCBF, BRBF, plastic hinges, performance level

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Perbandingan Prilaku Inelastik Antara Breising Diagonal Konsentris Konvensional Dan Breising Tahan Tekuk*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, tetapi berkat saran serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
2. Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T. dan Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan;
3. Keluarga yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
4. Belinda Stella yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
5. Seluruh dosen karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan bagi penulis;
6. Seluruh staf dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis dalam proses perkuliahan;
7. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Ken, Stanley, dan Alvan atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
8. Seluruh mahasiswa angkatan 2013 Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini;

9. Teman-teman komsel Philadelphia Petra yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, tetapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan menambah pengetahuan bagi pihak yang membacanya.

Bandung, Juni 2017



Misael Jeremia Joy

NPM: 2013410067

# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
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.....	1-4
1.6 Sistematika penulisan.....	1-5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Gempa Bumi.....	2-1
2.2 Breising Konsentris Konvensional.....	2-1
2.3 Breising Tahan Tekuk.....	2-3
2.3.1 Komponen Breising Tahan Tekuk.....	2-4
2.4 SNI 7860-2015 - Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung.....	2-5
2.4.1 Rangka Terbreis Konsentris Khusus.....	2-5
2.4.2 Rangka Terbreis Tertahan Tekuk.....	2-6
2.5 SNI 1729-2015 - Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural 2-6	
2.5.1 Metode Analisis Langsung (Direct Analysis Method).....	2-6
2.5.2 Pertimbangan Ketidaksempurnaan Awal.....	2-7
2.6 SNI 1726-2012 - Peraturan Bangunan Gedung Terhadap Ketahanan Gempa.....	2-8
2.6.1 Gempa Rencana.....	2-8
2.6.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Bangunan.....	2-8



2.6.3	Klasifikasi Situs .....	2-8
2.6.4	Wilayah Gempa dan Spektrum Respons.....	2-9
2.6.5	Pemilihan Sistem Struktur .....	2-13
2.6.6	Kombinasi Pembebanan.....	2-15
2.6.7	Berat Seismik Efektif .....	2-16
2.6.8	Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-17
2.6.9	Skala Gempa .....	2-18
2.6.10	Simpangan Antar Lantai .....	2-18
2.7	Peraturan Pembebanan Berdasarkan SNI 1727-2013 .....	2-20
2.7.1	Beban Mati .....	2-20
2.7.2	Beban Hidup .....	2-20
2.8	Analisis Riwayat Waktu .....	2-20
2.9	Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar .....	2-22
2.10	Perilaku Inelastis Struktur .....	2-23
2.11	Desain Struktur Berbasis Kinerja ( <i>Performance Based Design</i> ) .....	2-24
2.12	Tingkat Kinerja Struktur .....	2-25
2.13	<i>Acceptance Criteria</i> untuk Desain Struktur Berbasis Kinerja.....	2-26
2.13.1	Deformasi Breising .....	2-26
2.13.2	Rasio Simpangan Antar Lantai .....	2-27
2.13.3	Rotasi SendiPlastis Pada Balok dan Kolom.....	2-27
2.14	Metode Integrasi Newmark .....	2-28
2.15	Model Redaman Rayleigh .....	2-29
<b>BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR .....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Data Bangunan Gedung.....	3-1
3.1.1	Data Bangunan .....	3-1
3.1.2	Data Material.....	3-1
3.2	Pembebanan.....	3-3
3.2.1	Berat Sendiri Struktur .....	3-3
3.2.2	Beban Mati Tambahan .....	3-3
3.2.3	Beban Hidup .....	3-4
3.2.4	Beban Gempa.....	3-4
3.2.5	Kombinasi Pembebanan.....	3-4
3.3	Hasil Analisis dan Desain.....	3-5
3.3.1	Balok .....	3-5

3.3.2	Kolom dan Breising .....	3-7
3.4	Respons Struktur Hasil Dari Analisis Modal .....	3-11
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		4-1
4.1	Analisis Riwayat Waktu .....	4-1
4.1.1	Direct Integration Time History Analysis.....	4-1
4.1.2	Metode Integrasi Newmark.....	4-1
4.1.3	Model Redaman Rayleigh.....	4-1
4.1.4	Pemodelan Sendi Plastis Pada Program ETABS .....	4-2
4.1.5	Ketidaklinieran Material .....	4-2
4.1.6	Kondisi Awal Akibat Pembebanan Gravitasi .....	4-2
4.1.7	Penskalaan Percepatan Gempa untuk Analisis Riwayat Waktu ....	4-3
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu .....	4-3
4.2.1	Peralihan Maksimum Tiap Lantai.....	4-3
4.2.2	Rasio Simpangan Antar Lantai .....	4-9
4.2.3	Sendi Plastis .....	4-15
4.2.4	Gaya Geser Dasar.....	4-27
4.2.5	Faktor Pembesaran Defleksi .....	4-28
4.2.6	Tingkat Kinerja Struktur .....	4-30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA .....		1
LAMPIRAN 1 .....		L1-1
LAMPIRAN 2.....		L2-1
LAMPIRAN 3.....		L3-1
LAMPIRAN 4.....		L4-1
LAMPIRAN 5.....		L5-1

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A_y$	= Luas penampang daerah kelelahan BRB
BRB	= <i>Buckling Restraint Braced</i>
CBF	= <i>Concentrically Braced Frame</i>
$C_d$	= Faktor Perbesaran Defleksi.
$C_t$	= Faktor respons gempa vertikal.
$C_u$	= Koefisien pengali periode fundamental perkiraan.
$E_s$	= Modulus Elastisitas Baja.
$F_a$	= Faktor Amplifikasi Periode Pendek.
$f_c'$	= Kuat tekan beton.
$f_{dmax}$	= Faktor skala maximum
$f_y$	= Kuat leleh material baja.
$f_u$	= tegangan ultimit material baja.
$F_v$	= Faktor Amplifikasi Periode 1 detik.
H	= Tinggi struktur dari base sampai atap.
$h_n$	= Batasan tinggi struktur.
Ie	= Faktor keutamaan gedung.
k	= eksponen tergantung pada periode struktur.
K	= Matriks kekakuan.
M	= Matriks diagonal massa.
N	= Nilai hasil Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah.
$N_i$	= Beban imajinatif level i
N/A	= Tidak dapat dipakai.
PGA	= Peta Percepatan Puncak. PI = Indeks Plastisitas tanah lempung.
PMM	= Interaksi antara gaya aksial, momen terhadap sumbu 2-2 dan 3-3.
R	= Koefisien Modifikasi Respons.
$S_1$	= Percepatan batuan dasar periode 1 detik.

SA	= Batuan Keras.
SB	= Batuan.
SB	= Batuan Dasar.
SC	= Tanah Keras.
SCBF	= <i>Special Concentrically Braced Frame</i>
SD	= Tanah Sedang.
SDL	= Beban Mati Tambahan.
$S_{D1}$	= Parameter percepatan spektral disain untuk periode 1 detik.
$S_{DS}$	= Parameter percepatan spektral disain untuk periode pendek.
SE	= Tanah Lunak.
SF	= Tanah Khusus.
$S_{M1}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1.
$S_{MS}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek.
$S_s$	= Percepatan batuan dasar periode pendek.
$S_u$	= Kuat geser niralir lapisan tanah.
T	= Waktu getar alami struktur gedung.
$T_0$	= Waktu awal.
$T_a$	= Periode fundamental perkiraan.
$T_L$	= periode transisi jangka panjang
U	= Perpindahan.
$Y_i$	= beban gravitasi di level i dari kombinasi pembebanan LRFD
$\dot{u}$	= Kecepatan.
$\ddot{u}$	= Percepatan.
$v_s$	= Kecepatan rambat gelombang geser.
V	= total gaya geser dasar gempa.
W	= berat total bangunan.
$\alpha$	= Koefisien dari Hilber, Huges, dan Taylor.
$\xi$	= Rasio redaman.
$\omega$	= Frekuensi.

$\Omega_0$	= Faktor kuat lebih.
AISC	= <i>American Institute Of Steel Construction.</i>
CP	= <i>Collapse Prevention.</i>
DC	= <i>Damage Control.</i>
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency.</i>
IO	= <i>Immediate Occupancy.</i>
LS	= <i>Life Safety.</i>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	1-4
<b>Gambar 2. 1</b> Skema inelastis CBF (sumber: civilengineeringx.com) .....	2-2
<b>Gambar 2. 2</b> Kurva Histeretik Hasil Pengujian Bresing Tahan Tekuk (sumber: Lopez, 2004) .....	2-3
<b>Gambar 2. 3</b> Komponen Breising Tahan Tekuk (sumber: Moestopo, 2005) .....	2-4
<b>Gambar 2. 4</b> Spektrum respons desain .....	2-12
<b>Gambar 2. 5</b> Penentuan Simpangan Antar Lantai, SNI 1726:2012.....	2-19
<b>Gambar 2. 6</b> Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S .....	2-23
<b>Gambar 2. 7</b> Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992 ...	2-23
<b>Gambar 2. 8</b> Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979..	2-23
<b>Gambar 3. 1</b> Spektrum Respons Desain .....	3-4
<b>Gambar 3. 2</b> Denah Pembalokan Lantai 1 sampai Lantai Atap Model SCBF ...	3-5
<b>Gambar 3. 3</b> Denah Pembalokan Lantai 1 sampai Lantai Atap Model BRBF...	3-6
<b>Gambar 3. 4</b> Elevation View Kolom dan Breising SCBF Tampak 1, 4, A, dan D .....	3-7
<b>Gambar 3. 5</b> Elevation View Kolom Tampak 2, 3, B, dan C .....	3-8
<b>Gambar 3. 6</b> Elevation View Kolom dan Breising BRBF Tampak 1, 4, A, dan D .....	3-9
<b>Gambar 3. 7</b> Elevation View Kolom Tampak 2, 3, B, dan C .....	3-10
<b>Gambar 3. 8</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 1 .....	3-12
<b>Gambar 3. 9</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 2 .....	3-13
<b>Gambar 3. 10</b> Peralihan Maksimum Arah X .....	3-13
<b>Gambar 3. 11</b> Peralihan Lantai Maksimum Arah Y .....	3-14
<b>Gambar 3. 12</b> Simpangan Antar Lantai Model 1 .....	3-15
<b>Gambar 3. 13</b> Simpangan Antar Lantai Model 2 .....	3-16
<b>Gambar 3. 14</b> Simpangan Antar Lantai Arah X .....	3-16
<b>Gambar 3. 15</b> Simpangan Antar Lantai Arah Y .....	3-17

<b>Gambar 4. 1</b> Peralihan Model 1 Arah X.....	4-4
<b>Gambar 4. 2</b> Peralihan Model 1 Arah Y.....	4-4
<b>Gambar 4. 3</b> Peralihan Model 2 Arah X.....	4-5
<b>Gambar 4. 4</b> Peralihan Model 2 Arah Y.....	4-5
<b>Gambar 4. 5</b> Peralihan Gempa El-Centro Arah X.....	4-6
<b>Gambar 4. 6</b> Peralihan Gempa El-Centro Arah Y.....	4-6
<b>Gambar 4. 7</b> Peralihan Gempa Flores Arah X.....	4-7
<b>Gambar 4. 8</b> Peralihan Gempa Flores Arah Y.....	4-7
<b>Gambar 4. 9</b> Peralihan Gempa Denpasar Arah X.....	4-8
<b>Gambar 4. 10</b> Peralihan Gempa Denpasar Arah Y.....	4-8
<b>Gambar 4. 11</b> Simpangan Antar Lantai Model 1 Arah X.....	4-10
<b>Gambar 4. 12</b> Simpangan Antar Lantai Model 1 Arah Y.....	4-10
<b>Gambar 4. 13</b> Simpangan Antar Lantai Model 2 Arah X.....	4-11
<b>Gambar 4. 14</b> Simpangan Antar Lantai Model 2 Arah Y.....	4-11
<b>Gambar 4. 15</b> Simpangan Antar Lantai Gempa El-Centro Arah X.....	4-12
<b>Gambar 4. 16</b> Simpangan Antar Lantai Gempa El-Centro Arah Y.....	4-12
<b>Gambar 4. 17</b> Simpangan Antar Lantai Gempa Flores Arah X.....	4-13
<b>Gambar 4. 18</b> Simpangan Antar Lantai Gempa Flores Arah Y.....	4-13
<b>Gambar 4. 19</b> Simpangan Antar Lantai Gempa Denpasar Arah X.....	4-14
<b>Gambar 4. 20</b> Simpangan Antar Lantai Gempa Denpasar Arah Y.....	4-14
<b>Gambar 4. 21</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa El-Centro Arah X Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-15
<b>Gambar 4. 22</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa El-Centro Arah X Saat Detik ke-14.....	4-16
<b>Gambar 4. 23</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa El-Centro Arah Y Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-16
<b>Gambar 4. 24</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa El-Centro Arah Y Saat Detik ke-14.....	4-17
<b>Gambar 4. 25</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah X Saat Detik ke-17,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-17
<b>Gambar 4. 26</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah X Saat Detik ke-40.....	4-18

<b>Gambar 4. 27</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah Y Saat Detik ke-17,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-18
<b>Gambar 4. 28</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Flores Arah Y Saat Detik ke-40.....	4-19
<b>Gambar 4. 29</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah X Saat Detik ke-3,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-19
<b>Gambar 4. 30</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah X Saat Detik ke-30.....	4-20
<b>Gambar 4. 31</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah Y Saat Detik ke-3,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-20
<b>Gambar 4. 32</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Gempa Denpasar Arah Y Saat Detik ke-30.....	4-21
<b>Gambar 4. 33</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa El-Centro Arah X Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-21
<b>Gambar 4. 34</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa El-Centro Arah X Saat Detik ke-14.....	4-22
<b>Gambar 4. 35</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa El-Centro Arah Y Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-22
<b>Gambar 4. 36</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa El-Centro Arah Y Saat Detik ke-14.....	4-23
<b>Gambar 4. 37</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah X Saat Detik ke-14,2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-23
<b>Gambar 4. 38</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah X Saat Detik ke-40.....	4-24
<b>Gambar 4. 39</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah Y Saat Detik ke-14,2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-24
<b>Gambar 4. 40</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Flores Arah Y Saat Detik ke-40.....	4-25
<b>Gambar 4. 41</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah X Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-25
<b>Gambar 4. 42</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah X Saat Detik ke-30.....	4-26



<b>Gambar 4. 43</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah Y Saat Detik ke-3 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-26
<b>Gambar 4. 44</b> Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Gempa Denpasar Arah Y Saat Detik ke-30.....	4-27
<b>Gambar L2. 1</b> Model 1 El-Centro arah X (CP) .....	L2-2
<b>Gambar L2. 2</b> Model 1 El-Centro arah Y (LS) .....	L2-3
<b>Gambar L2. 3</b> Model 1 Flores arah X (CP).....	L2-4
<b>Gambar L2. 4</b> Model 1 Flores arah Y (LS) .....	L2-5
<b>Gambar L2. 5</b> Model 1 Denpasar arah X (CP).....	L2-6
<b>Gambar L2. 6</b> Model 1 Denpasar arah Y (LS) .....	L2-7
<b>Gambar L2. 7</b> Model 2 El-Centro arah X (IO).....	L2-8
<b>Gambar L2. 8</b> Model 2 El-Centro arah Y (IO).....	L2-9
<b>Gambar L2. 9</b> Model 2 Flores Arah X (IO) .....	L2-10
<b>Gambar L2. 10</b> Model 2 Flores Arah Y (IO) .....	L2-11
<b>Gambar L2. 11</b> Model 2 Denpasar Arah X (IO) .....	L2-12
<b>Gambar L2. 12</b> Model 2 Denpasar Arah Y (IO) .....	L2-13

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa, SNI 1726:2012 .....	2-8
<b>Tabel 2. 2</b> Faktor keutamaan gempa, SNI 1726:2012 .....	2-8
<b>Tabel 2. 3</b> Klasifikasi situs, SNI 1726:2012 .....	2-9
<b>Tabel 2. 4</b> Koefisien situs, $F_a$ , SNI 1726:2012 .....	2-10
<b>Tabel 2. 5</b> Koefisien situs, $F_v$ , SNI 1726:2012 .....	2-11
<b>Tabel 2. 6</b> KDS parameter respons percepatan pada perioda pendek, (Sumber: SNI 1726:2012) .....	2-12
<b>Tabel 2. 7</b> KDS parameter respons percepatan pada perioda 1 detik, (Sumber: SNI 1726:2012) .....	2-12
<b>Tabel 2. 8.</b> Faktor R, $C_d$ , dan $\Omega_o$ untuk sistem penahan gaya gempa pada sistem rangka pemikul momen, SNI 1726:2012 .....	2-13
<b>Tabel 2. 9</b> Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung, SNI 1726:2012 .....	2-18
<b>Tabel 2. 10.</b> Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ Dan $x$ , SNI 1726:2012 ...	2-18
<b>Tabel 2. 11</b> Simpangan Antar Lantai Ijin, SNI 1726:2012 .....	2-19
<b>Tabel 2. 12</b> Beban Hidup Minimum, SNI 1727:2013 .....	2-20
<b>Tabel 2. 13</b> Modeling Parameter and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures – Structural Steel Axial Components .....	2-27
<b>Tabel 2. 14</b> Modeling Parameter and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures – Structural Steel Axial Components .....	2-28
<b>Tabel 3. 1</b> Beban Mati Tambahan .....	3-3
<b>Tabel 3. 2</b> Dimensi Balok Model SCBF .....	3-6
<b>Tabel 3. 3</b> Dimensi Balok Model BRBF .....	3-7
<b>Tabel 3. 4</b> Dimensi Kolom Model SCBF .....	3-8
<b>Tabel 3. 5</b> Dimensi Breising SCBF .....	3-8
<b>Tabel 3. 6</b> Dimensi Kolom Model BRBF .....	3-10
<b>Tabel 3. 7</b> Dimensi Breising BRBF .....	3-10
<b>Tabel 3. 8</b> Peralihan Maksimum Tiap Lantai Model 1 .....	3-12
<b>Tabel 3. 9</b> Peralihan Maksimum Tiap Lantai Model 2 .....	3-12

<b>Tabel 3. 10</b> Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 1 Arah X.....	3-14
<b>Tabel 3. 11</b> Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 1 Arah Y .....	3-14
<b>Tabel 3. 12</b> Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 2 Arah X.....	3-15
<b>Tabel 3. 13</b> Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 2 Arah Y .....	3-15
<b>Tabel 4. 1</b> Peralihan Maksimum Tiap Lantai Model 1.....	4-3
<b>Tabel 4. 2</b> Peralihan Maksimum Tiap Lantai Model 2.....	4-3
<b>Tabel 4. 3</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Model 1 .....	4-9
<b>Tabel 4. 4</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Model 2 .....	4-9
<b>Tabel 4. 5</b> Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu Arah-X.....	4-28
<b>Tabel 4. 6</b> Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu Arah-Y.....	4-28
<b>Tabel 4. 7</b> Nilai Cd Gempa Arah X.....	4-29
<b>Tabel 4. 8</b> Nilai Cd Gempa Arah Y.....	4-29
<b>Tabel 4. 9</b> Tingkat Kinerja Struktur .....	4-30

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 Perhitungan Faktor Skala.....	L1-1
LAMPIRAN 2 Demand/Capacity Sendi Plastis.....	L2-1
LAMPIRAN 3 Data Penampang.....	L3-1
LAMPIRAN 4 Kurva Histeresis Hasil Analisis.....	L4-1
LAMPIRAN 5 Desain Kolom Pada Breising .....	L5-1

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bangunan memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan sistem struktur yang disesuaikan dengan fungsinya. Struktur rangka pada bangunan memiliki fungsi untuk meneruskan beban vertikal dan beban horizontal, baik beban mati tetap, beban hidup maupun beban sementara ke tanah. Berbagai faktor seperti biaya, durasi pengerjaan, kemudahan pengerjaan, kondisi tanah, nilai estetika, fenomena gempa dan beberapa faktor lain menjadi pertimbangan dalam menentukan desain struktur rangka yang akan digunakan. Struktur rangka yang umum digunakan adalah struktur rangka berbahan kayu, beton bertulang, dan baja.

Struktur rangka baja merupakan struktur rangka yang banyak digunakan untuk bangunan-bangunan berukuran besar seperti bangunan gedung, pabrik, gudang, dan lain-lain. Hal ini disebabkan oleh keunggulan material baja dibandingkan material lainnya. Beberapa keunggulan tersebut antara lain adalah rangka baja memiliki kuat tarik yang tinggi, aplikasinya lebih cepat, tahan rayap dan dapat didaur ulang. Seiring perkembangan jaman bangunan dengan struktur rangka baja mengalami berbagai penyesuaian yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah faktor beban gempa.

Gempa bumi merupakan bencana alam yang kejadiannya belum dapat diramalkan secara tepat dan tidak dapat dihindari. Dari banyak kejadian yang sudah terjadi di berbagai belahan dunia dapat diketahui bahwa gempa bumi menimbulkan kerugian material pada bangunan dan memakan korban jiwa yang jumlahnya sangat besar. Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap gempa bumi karena posisi geografisnya terletak pada zona tektonik yang sangat aktif. Untuk menghindari terjadinya kerugian material bangunan dan korban jiwa maka harus dilakukan desain stuktur yang dapat menahan beban gempa tersebut dengan kerusakan yang sekecil mungkin.

Bangunan yang tidak didesain untuk menanggung beban gempa memiliki risiko keruntuhan yang besar. Oleh karena itu, bangunan masa kini harus didesain secara khusus dengan memperhitungkan fenomena gempa. Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan adanya korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali.
2. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural tetapi bukan merupakan kerusakan struktural.
3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan non-struktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Untuk memenuhi kriteria di atas, diperlukan perencanaan desain struktur bangunan tahan gempa yang diharapkan mampu memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa. Beberapa hal yang harus diperhatikan agar bangunan dapat memikul gaya lateral adalah kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya, serta memiliki elemen struktur yang berfungsi sebagai *fuse* (sekring) seperti breising dan *link*.

## 1.2 Inti Permasalahan

Pengaku atau breising diberikan pada suatu struktur bangunan untuk menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh beban gempa. Jenis-jenis breising yang umum digunakan antara lain adalah Sistem Rangka Breising Konsentrik atau yang biasa disebut *Concentrically Braced Frames* (CBF), Sistem Rangka Breising Eksentrik atau yang biasa disebut *Eccentrically Braced Frames* (EBF) dan Breising Tahan Tekuk atau yang biasa disebut *Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF). BRBF sendiri merupakan pengembangan dari CBF konvensional dengan mendesain breising agar kuat tarik dan tekannya besar. Bagaimana perilaku inelastik dari struktur bangunan baja pada sistem breising konsentrik khusus (SCBF) dan Breising tahan tekuk (BRBF) berpengaku diagonal. Apa perbedaan perilaku inelastik struktur bangunan baja dengan sistem SCBF dan BRBF.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

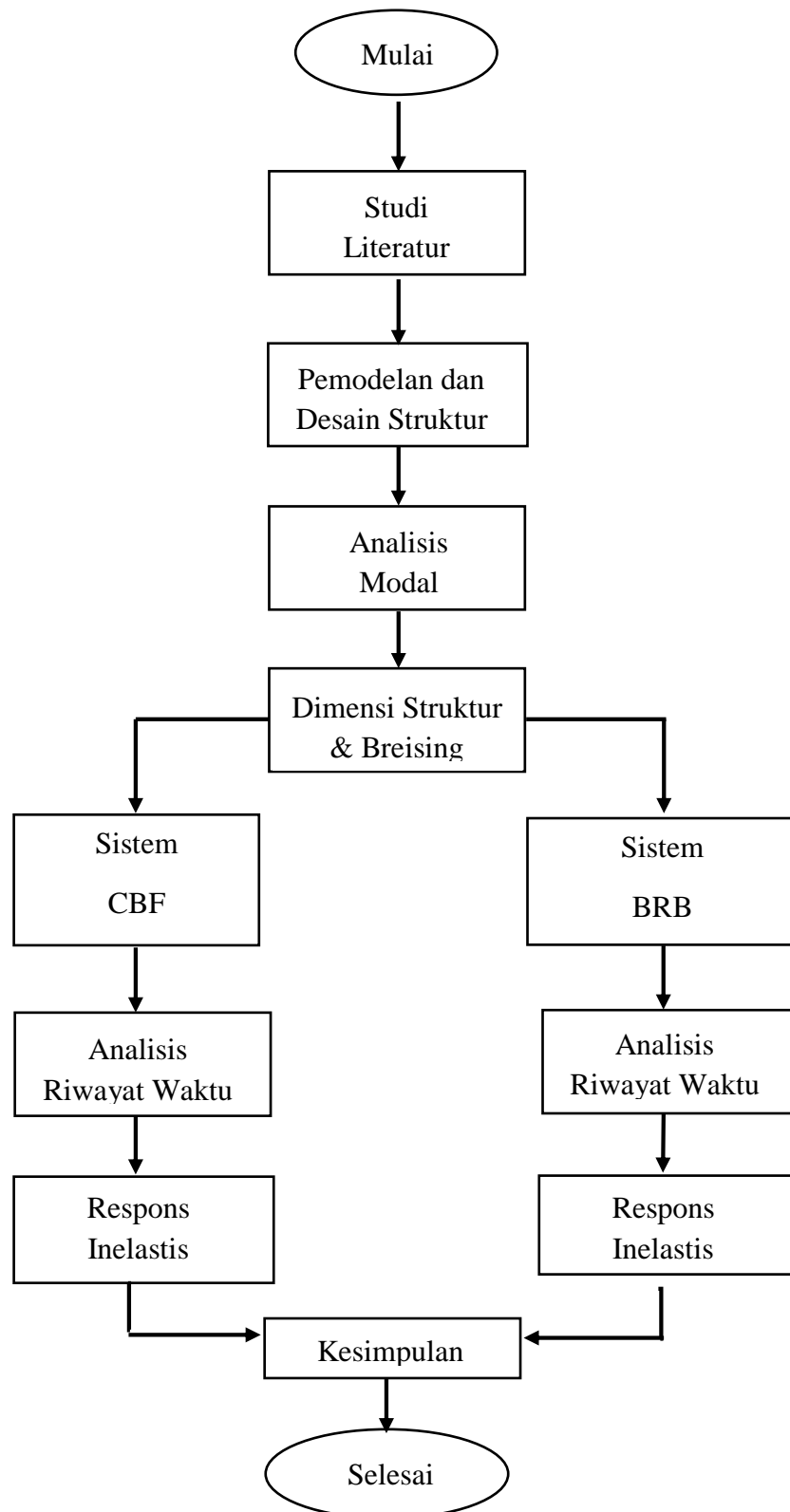
1. Mengetahui perilaku inelastik dari struktur bangunan baja dengan sistem breising konsentris khusus dan breising tahan tekuk berpengaku diagonal.
2. Membandingkan perilaku inelastik struktur bangunan baja dengan sistem breising konsentris khusus dan breising tahan tekuk berpengaku diagonal.

### 1.4 Pembatasan masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan gedung struktur baja 3 dimensi dengan 6 lantai, ketinggian antar lantai 4 m terdiri atas 3 bentang panjang masing-masing bentang 6 meter dalam arah sumbu X dan Y
2. Bangunan terletak di wilayah Bandung.
3. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan program ETABS 2016 v 16.10.
4. Fungsi bangunan adalah gedung perkantoran .
5. Menggunakan baja IWF dengan mutu baja yang digunakan adalah BJ-37 dengan  $f_y = 240$  MPa dan  $f_u = 370$  MPa.
6. Struktur balok dan kolom yang digunakan adalah struktur baja dengan profil Wide Flange (WF).
7. Model breising yang digunakan adalah breising diagonal dengan sistem breising konsentris khusus dan breising tahan tekuk.
8. Analisis dinamik menggunakan analisis riwayat waktu dengan 3 rekaman percepatan tanah akibat gempa, yaitu El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979.
9. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
  - SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
  - SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
  - SNI 1729-2015 Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural.
  - Peta Gempa Indonesia 2010.

## 1.5 Metode Penelitian



**Gambar 1. 1** Diagram Alir Penelitian



Dalam menyelesaikan analisis pada skripsi ini digunakan 2 metode penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mendapatkan informasi berupa konsep dan teori dari beberapa referensi. Beberapa sumber yang digunakan adalah buku, jurnal, artikel, atau informasi lain yang berasal dari internet.

2. Studi Analisis

Analisis dilakukan dengan pemodelan menggunakan program ETABS 2016 v 16.0.2.

## **1.6 Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

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

### **BAB II STUDI PUSTAKA**

Bab ini berisi teori-teori yang akan digunakan dalam desain dan perhitungan bangunan baja. Teori-teori mengenai prinsip perencanaan struktur bangunan gempa yaitu peraturan SNI gempa, penjelasan mengenai tipe-tipe breising yang digunakan.

### **BAB III DESAIN DAN PEMODELAN BANGUNAN**

Bab ini berisi desain dan pemodelan bangunan serta spesifikasi profil yang digunakan pada struktur bangunan baja struktural menggunakan program ETABS 2016 v 16.10.

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi perbandingan dan hasil analisis riwayat waktu struktur dari program ETABS 2016 v 16.10 berupa perilaku inelastik struktur bangunan baja pada sistem breising konsentrik khusus dan BRBF berpengaku diagonal.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir dari hasil analisis dan saran-saran berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada pembahasan yang telah dilakukan.