

**SKRIPSI**  
**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK**  
**ANTARA *INVERTED V-BREISING* KONSENTRIS**  
**KONVENSIONAL DAN *BUCKLING-RESTRAINED***  
***BRACE***



**Alvan Ferdian Setyadhi**

**NPM : 2013410095**

**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 *INVERTED V-BREISING* KONSENTRIS**  
**KONVENSIONAL DAN *BUCKLING-RESTRAINED***  
***BRACE***



**Alvan Ferdian Setyadhi**

**NPM : 2013410095**

**BANDUNG, 14 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 : Alvan Ferdian Setyadhi

NPM : 2013410095

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Antara Inverted V-Breising Konsentris Konvensional dan Buckling-Restrained Brace* 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, 14 Juni 2017



Alvan Ferdian Setyadhi

NPM : 2013410095



# **STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK ANTARA *INVERTED V-BREISING* KONSENTRIS KONVENSIONAL DAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***

Alvan Ferdian Setyadi  
NPM: 2013410095

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

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

## **ABSTRAK**

Gempa bumi merupakan bencana alam yang rawan terjadi pada kota-kota di Indonesia. Bencana alam ini dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan gedung. Gaya lateral dari gempa bumi yang memiliki sifat dinamis dan siklis menyebabkan perilaku struktur menjadi tidak elastis lagi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis inelastis struktur dengan metode analisis riwayat waktu. Studi ini meneliti suatu model struktur rangka baja 6 lantai dengan 3 bentang arah sumbu X dan sumbu Y yang memiliki breising masing-masing di tengah bentang dengan sistem rangka breising konsentris khusus (SCBF) yang akan dibandingkan dengan sistem rangka breising tertahan tekuk (BRBF). Fungsi gedung sebagai gedung perkantoran. Analisis riwayat waktu dilakukan pada kedua model, model 1 adalah struktur baja dengan SCBF konvensional sedangkan model 2 adalah struktur baja dengan BRBF. Analisis riwayat waktu menggunakan rekaman percepatan gempa El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979 dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.1.0. Dari hasil analisis riwayat waktu diketahui bahwa simpangan antar lantai kedua model struktur tidak melampaui simpangan ijin akibat ketiga rekaman percepatan gempa. Tingkat kinerja struktur pada SCBF konvensional dalam tingkat *Life Safety (LS)* pada gempa El-Centro dan *Collapse Prevention (CP)* pada gempa Flores dan Denpasar sedangkan pada model BRBF dalam tingkat *Immediate Occupancy (IO)*. Faktor kuat lebih ( $\Omega_0$ ) yang terjadi untuk model SCBF (2,8363) dan model BRBF (2,848) lebih besar dibandingkan dengan nilai faktor kuat lebih pada SNI 1726:2012, yaitu sebesar 2 untuk SCBF dan 2,5 untuk BRBF. Faktor pembesaran defleksi (Cd) yang didapat juga lebih besar untuk model SCBF (5,496) dan lebih kecil untuk model BRBF (4,555) dibandingkan dengan nilai faktor pembesaran defleksi pada SNI 1726:2012, yaitu sebesar 5.

Kata kunci : analisis riwayat waktu, perilaku inelastik struktur, breising konsentris khusus, breising tertahan tekuk, sendi plastis, tingkat kinerja.





# **COMPARISON STUDY ON THE INELASTIC BEHAVIOR OF CONVENTIONAL CONCENTRIC INVERTED V-BRACING AND BUCKLING- RESTRAINED BRACE**

Alvan Ferdian Setyadi  
NPM: 2013410095

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)  
**BANDUNG**  
**JUNI 2017**

## **ABSTRACT**

Earthquake is a natural disaster prone to occur in many cities in Indonesia. This natural disaster can cause damage to the building structure. Earthquake lateral forces of earthquake is a dynamic and cyclic loading that may cause structures become inelastic. Therefore, it is necessary to analyze the structure with time history analysis method. This study observes the comparison of 6 story steel frame with 3 spans at X and Y axis, braced with inverted V-bracing in the middle of the span with a system of special concentrically braced frames (SCBF) and buckling-restrained braced frames (BRBF). The structure was an office building. Time history analysis performed on both model, model 1 is steel structure using conventional SCBF while model 2 is using BRBF. El-Centro 1940, Flores 1992, and Denpasar 1979 earthquake accelerograms are used for time history analysis using software ETABS 16.1.0. The result of time history analysis, found the interstory drift of the two models caused by all earthquake accelerograms do not exceed the drift limit. The performance level of the conventional SCBF are life safety (LS) due to the El-Centro earthquake and collapse prevention (CP) due to Flores and Denpasar earthquakes, while on BRBF are immediate occupancy (IO). Overstrength factor ( $\Omega_0$ ) on this structures are greater than 2 for conventional SCBF (2,8363) and 2,5 for BRBF (2,848), which is greater than specified in SNI 1726:2012. The deflection amplification (Cd) are greater than 5 for SCBF (5,496) and smaller than 5 for BRBF (4,555), which is specified in SNI 1726:2012.

Keywords: Time history analysis, inelastic response, special concentrically braced frames, buckling-restrained braced frames, plastic hinge, performance level.



## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Antara Inverted V-Breising Konsentris Konvensional dan Buckling-Restrained Brace*. 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 dan Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan;
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan bagi penulis;
4. Seluruh staf dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis dalam proses perkuliahan;
5. Keluarga yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
6. Teman-teman seperjuangan yaitu Ken Pradipta, Stanley Hendrawan, dan Misael Jeremia Joy atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
7. Seluruh mahasiswa angkatan 2013 Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini;
8. Seluruh teman-teman komsel yang telah memberikan dukungan doa dan semangat kepada penulis;
9. 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, 14 Juni 2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'alt', is centered on the page.

Alvan Ferdian Setyadhi

NPM : 2013410095

# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-4
1.3 Tujuan Penulisan .....	1-4
1.4 pembatasan masalah .....	1-4
1.5 Metode Penelitian .....	1-5
1.6 Sistematika penulisan .....	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1
2.1 SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung .....	2-1
2.1.1 Gempa Rencana .....	2-1
2.1.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan .....	2-1
2.1.3 Klasifikasi Situs .....	2-3
2.1.4 Spektrum Respons .....	2-4
2.1.5 Kategori Desain Seismik .....	2-7
2.1.6 Sistem Struktur Penahan Beban Gempa .....	2-8
2.1.7 Kombinasi Pembebanan .....	2-9
2.1.8 Berat Seismik Efektif .....	2-10
2.1.9 Gaya Lateral Ekuivalen .....	2-11
2.1.10 Skala Gaya .....	2-12
2.1.11 Simpangan Antar Lantai .....	2-13
2.2 SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain .....	2-14
2.2.1 Beban Mati .....	2-14

2.2.2 Beban Hidup .....	2-14
2.3 SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural ....	2-15
2.3.1 Ketentuan Umum.....	2-15
2.3.2 Dasar Desain.....	2-15
2.4 SNI 7860:2015 Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung .....	2-16
2.4.1 Rangka Breising Konsentris Khusus .....	2-16
2.4.2 Buckling-Restrained Braced Frames (BRBF) .....	2-17
2.5 Breising Konsentris.....	2-18
2.6 Buckling-Restrained Brace .....	2-19
2.7 Analisis Riwayat Waktu .....	2-22
2.8 Metode Analisis Terhadap Beban Gempa .....	2-24
2.9 Sendi Plastis .....	2-25
2.10 Desain Struktur Berbasis Kinerja .....	2-27
2.11 Tingkat Kinerja Struktur .....	2-28
2.12 Analisis Nonlinier Integrasi Langsung .....	2-30
2.12.1 Integrasi Waktu Newmark.....	2-31
2.12.2 Redaman Rayleigh.....	2-32
<b>BAB 3 DESAIN DAN MODELING BANGUNAN .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Data Bangunan Gedung .....	3-1
3.1.1 Data Struktur .....	3-1
3.1.2 Data Material .....	3-2
3.2 Pembebanan .....	3-3
3.2.1 Beban Mati .....	3-3
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 .....	3-5
3.4 Dimensi Struktur.....	3-5
3.4.1 Balok.....	3-5
3.4.2 Kolom .....	3-6
3.4.3 Pelat .....	3-9
3.4.4 Breising.....	3-9
3.5 Respons Struktur Hasil Dari Analisis Modal.....	3-12

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	4-1
4.1 Analisis Riwayat Waktu .....	4-1
4.1.1 Penskalaan Percepatan Gempa untuk Analisis Riwayat Waktu .....	4-1
4.2 Hasil Analisis Riwayat Waktu .....	4-3
4.2.1 Peralihan Maksimum Tiap Lantai .....	4-3
4.2.2 Rasio Simpangan Antar Lantai .....	4-8
4.2.3 Sendi Plastis .....	4-13
4.2.4 Gaya Geser Dasar .....	4-26
4.2.5 Faktor Pembesaran Defleksi .....	4-27
4.2.6 Tingkat Kinerja Struktur .....	4-28
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
BAB 6 DAFTAR PUSTAKA .....	6-1
LAMPIRAN 1 .....	L1-1
LAMPIRAN 2 .....	L2-1
LAMPIRAN 3 .....	L3-1
LAMPIRAN 4 .....	L4-1
LAMPIRAN 5 .....	L5-1





## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ASCE	= <i>American Society of Civil Engineers</i>
$A_y$	= Luas penampang daerah kelelahan <i>Buckling-Restrained Brace</i>
$C_d$	= Faktor pembesaran defleksi
$C_t$	= Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
$F_a$	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
$F_v$	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik
$f_c'$	= Kuat tekan beton
$f_y$	= Kuat leleh tulangan
$h_{sx}$	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
h	= Tinggi komponen struktur
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
IWF	= <i>Wide Flange</i>
$K_y$	= kekakuan bagian kelelahan
$K_{con}$	= kekakuan sambungan
$K_g$	= kekakuan balok/kolom
$l_n$	= bentang bersih untuk komponen struktur
LS	= <i>Life Safety</i>

$L_{wp}$	= Panjang titik-titik kerja <i>Buckling-Restrained Brace</i>
$L_l$	= Panjang keseluruhan breising <i>Buckling-Restrained Brace</i>
$L_y$	= Panjang daerah leleh breising <i>Buckling-Restrained Brace</i>
$MCE_R$	= <i>Risk Targeted Maximum Considered Earthquake</i>
m	= Meter
mm	= Milimeter
MPa	= Mega Pascal
R	= faktor modifikasi respons
$r_y$	= radius girasi penampang terhadap sumbu y
$r_x$	= radius girasi penampang terhadap sumbu x
SNI	= Standar Nasional Indonesia
$S_{D1}$	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
$S_{DS}$	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
$S_{M1}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
$S_{MS}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
$S_1$	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
$S_S$	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
$S_u$	= Kuat geser niralir rata-rata
$t_f$	= Tebal sayap
$t_w$	= Tebal badan
T	= Periode fundamental struktur
$T_a$	= Periode fundamental pendekatan
u	= Peralihan struktur

$\dot{u}$	= Kecepatan struktur
$\ddot{u}$	= Percepatan struktur
$V_s$	= Kecepatan rata-rata gelombang geser
$\Delta$	= Simpangan antar lantai tingkat desain
$\gamma_c$	= Berat isi beton
$\gamma_s$	= Berat isi baja
$\Omega_0$	= Faktor kuat lebih sistem



## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1 Portal Penahan Momen ( <i>Moment Resisting Frames</i> ), American Institute of Steel Construction.....	1-2
Gambar 1.2 Portal Dengan Pengaku Konsentris ( <i>Concentrically Braced Frames</i> ), American Institute of Steel Construction .....	1-2
Gambar 1.3 Portal Dengan Pengaku Eksentris ( <i>Eccentrically Braced Frames</i> ), American Institute of Steel Construction .....	1-3
Gambar 1.4 Dinding Geser ( <i>Shear Walls</i> ), American Institute of Steel Construction .....	1-3
Gambar 1.5 Sistem rangka <i>Buckling-Restrained Braced Frames (BRBF)</i> , American Institute of Steel Construction.....	1-4
Gambar 1.6 Diagram Alir .....	1-6
Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain, SNI 1726:2012 .....	2-7
Gambar 2.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai, SNI 1726:2012 .....	2-13
Gambar 2.3 Portal Dengan Pengaku Konsentris, American Institute of Steel Construction .....	2-19
Gambar 2.4 Konsep <i>Buckling-Restrained Brace</i> , <a href="http://www.fujita.com">www.fujita.com</a> .....	2-20
Gambar 2.5 Detail <i>Buckling-Restrained Brace</i> , NIST GCR 15-917-34.....	2-21
Gambar 2.6 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S .....	2-23
Gambar 2.7 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992.....	2-24
Gambar 2.8 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979	2-24
Gambar 2.9 Kurva Force-Displacement .....	2-26
Gambar 2.10 a) Story mechanism , b) Beam mechanism .....	2-27
Gambar 2.11 Contoh model redaman Rayleigh, FEMA P-750 .....	2-33
Gambar 3.1 Spektrum respons desain.....	3-4
Gambar 3.2 Denah Tipikal Lantai 1-6 Model Struktur Baja .....	3-6
Gambar 3.3 Potongan A, D, 1, dan 4 untuk kolom model breising konvensional.	3-7
Gambar 3.4 Potongan B, C, 2, dan 3 untuk kolom model breising konvensional	3-7
Gambar 3.5 Potongan A, D, 1 dan 4 untuk kolom model <i>buckling-restrained brace</i> .....	3-8
Gambar 3.6 Potongan B, C, 2 dan 3 untuk kolom model <i>buckling-restrained brace</i> .....	3-8
Gambar 3.7 Potongan A, D, 1, dan 4 untuk model breising konvensional.....	3-10
Gambar 3.8 Potongan A dan D untuk model <i>buckling-restrained brace</i> .....	3-11
Gambar 3.9 Potongan 1 dan 4 untuk model <i>buckling-restrained brace</i> .....	3-11
Gambar 3.10 Peralihan Lantai Maksimum Arah-X Model Breising Konvensional .....	3-13
Gambar 3.11 Peralihan Lantai Maksimum Arah-Y Model Breising Konvensional .....	3-13

Gambar 3.12 Simpangan Antar Lantai Arah-X Model Breising Konvensional.	3-14
Gambar 3.13 Simpangan Antar Lantai Arah-Y Model Breising Konvensional.	3-15
Gambar 3.14 Peralihan Lantai Maksimum Arah-X Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-16
Gambar 3.15 Peralihan Lantai Maksimum Arah-Y Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-16
Gambar 3.16 Simpangan Antar Lantai Arah-X Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-17
Gambar 3.17 Simpangan Antar Lantai Arah-Y Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-18
Gambar 4.1 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S Terskala .....	4-2
Gambar 4.2 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992 Terskala .....	4-2
Gambar 4.3 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979 Terskala ....	4-3
Gambar 4.4 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Pada Model Breising Konvensional.....	4-5
Gambar 4.5 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Pada Model Breising Konvensional.....	4-5
Gambar 4.6 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-5
Gambar 4.7 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-6
Gambar 4.8 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa El-Centro	4-6
Gambar 4.9 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa Flores....	4-6
Gambar 4.10 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa Denpasar .....	4-7
Gambar 4.11 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa El-Centro .....	4-7
Gambar 4.12 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa Flores..	4-7
Gambar 4.13 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa Denpasar .....	4-8
Gambar 4.14 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Pada Model Breising Konvensional.....	4-10
Gambar 4.15 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Pada Model Breising Konvensional.....	4-10
Gambar 4.16 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-10
Gambar 4.17 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-11
Gambar 4.18 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa El-Centro ..	4-11
Gambar 4.19 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa Flores ....	4-11
Gambar 4.20 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa Denpasar ...	4-12

Gambar 4.21 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa El-Centro..	4-12
Gambar 4.22 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa Flores....	4-12
Gambar 4.23 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa Denpasar...	4-13
Gambar 4.24 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa El-Centro Arah-X Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-14
Gambar 4.25 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa El-Centro Arah-X Saat Detik ke-14	4-14
Gambar 4.26 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-15
Gambar 4.27 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-14	4-15
Gambar 4.28 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Flores Arah-X Saat Detik ke-17,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-16
Gambar 4.29 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Flores Arah-X Saat Detik ke-40	4-16
Gambar 4.30 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Flores Arah-Y Saat Detik ke-17,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-17
Gambar 4.31 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Flores Arah-Y Saat Detik ke-40	4-17
Gambar 4.32 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Denpasar Arah-X Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-18
Gambar 4.33 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Denpasar Arah-X Saat Detik ke-30	4-18
Gambar 4.34 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-19
Gambar 4.35 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model Breising Konvensional Akibat Gempa Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-30	4-19
Gambar 4.36 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa El-Centro Arah-X Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-20
Gambar 4.37 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa El-Centro Arah-X Saat Detik ke-14	4-20
Gambar 4.38 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-21
Gambar 4.39 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-14	4-21

Gambar 4.40 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Flores Arah-X Saat Detik ke-14,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis) .....	4-22
Gambar 4.41 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Flores Arah-X Saat Detik ke-40 .....	4-22
Gambar 4.42 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Flores Arah-Y Saat Detik ke-15 (Awal Terjadinya Sendi Plastis) .....	4-23
Gambar 4.43 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Flores Arah-Y Saat Detik ke-40 .....	4-23
Gambar 4.44 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Denpasar Arah-X Saat Detik ke-2,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis) .....	4-24
Gambar 4.45 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Denpasar Arah-X Saat Detik ke-30 .....	4-24
Gambar 4.46 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-2,7 (Awal Terjadinya Sendi Plastis) .....	4-25
Gambar 4.47 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> Akibat Gempa Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-30 .....	4-25



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa, SNI 1726:2012.....	2-2
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa, SNI 1726:2012.....	2-3
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs, SNI 1726:2012.....	2-4
Tabel 2.4 Koefisien Situs $F_a$ , SNI 1726:2012.....	2-5
Tabel 2.5 Koefisien Situs $F_v$ , SNI 1726:2012.....	2-6
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek, SNI 1726:2012.....	2-7
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik, SNI 1726:2012.....	2-8
Tabel 2.8 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa, SNI 1726:2012.....	2-8
Tabel 2.9 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung, SNI 1726:2012.....	2-12
Tabel 2.10 Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ Dan $\alpha$ , SNI 1726:2012.....	2-12
Tabel 2.11 Simpangan antar lantai ijin, SNI 1726:2012.....	2-14
Tabel 2.12 Beban Hidup Minimum, SNI 1727:2013.....	2-15
Tabel 2.13 Acceptance Criteria pada Kinerja Elemen Struktur, ASCE 41-06 ..	2-26
Tabel 2.14 Persyaratan Roof Drift Ratio, FEMA 356 .....	2-29
Tabel 2.15 Acceptance Criteria untuk Rotasi Sendi Plastis Pada Balok dan kolom, ASCE 41-13 .....	2-30
Tabel 2.16 <i>Acceptance Criteria</i> untuk Rotasi Sendi Plastis Pada Breising, ASCE 41-13 .....	2-30
Tabel 3.1 Dimensi Balok.....	3-5
Tabel 3.2 Dimensi Kolom.....	3-6
Tabel 3.3 Dimensi Breising Konvensional .....	3-9
Tabel 3.4 Dimensi <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-10
Tabel 3.5 Peralihan Lantai Maksimum Model Breising Konvensional .....	3-12
Tabel 3.6 Simpangan Antar Lantai Maksimum Model Breising Konvensional .....	3-14
Tabel 3.7 Peralihan Lantai Maksimum Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-15
Tabel 3.8 Simpangan Antar Lantai Maksimum Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	3-17
Tabel 4.1 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Pada Model Breising Konvensional .....	4-3
Tabel 4.2 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-4
Tabel 4.3 Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Model Breising Konvensional ..	4-8
Tabel 4.4 Rasio Simpangan Antar Lantai Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-9

Tabel 4.5 Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah X Analisis Modal Dengan Analisis Riwayat Waktu Pada Model Breising Konvensional dan <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-26
Tabel 4.6 Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah Y Analisis Modal Dengan Analisis Riwayat Waktu Pada Model Breising Konvensional dan <i>Buckling-Restrained Brace</i> .....	4-27
Tabel 4.7 Faktor Pembesaran Defleksi Pada Model Breising Konvensional .....	4-27
Tabel 4.8 Faktor Pembesaran Defleksi Pada Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> ..	4-28
Tabel 4.9 Tingkat Kinerja Struktur.....	4-29

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1 .....	L1-1
LAMPIRAN 2 .....	L2-1
LAMPIRAN 3 .....	L3-1
LAMPIRAN 4 .....	L4-1
LAMPIRAN 5 .....	L5-1



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gempa merupakan salah satu bencana alam yang sulit untuk dihindari oleh manusia. Bencana alam seperti gempa banyak menimbulkan kerugian seperti rusaknya tempat tinggal, gedung-gedung tinggi, jalan raya, jembatan, dan infrastruktur lainnya yang dibangun oleh manusia. Selain itu, gempa dapat terjadi sewaktu-waktu tanpa bisa diprediksi dengan tepat oleh ilmu pengetahuan yang ada pada zaman modern seperti sekarang ini.

Indonesia termasuk salah satu negara yang rawan terhadap gempa. Hal ini terjadi karena Indonesia berada pada daerah yang dilewati oleh lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik yang sewaktu-waktu dapat bergeser dan terjadi patahan sehingga dapat menyebabkan bencana gempa. Oleh karena itu, diperlukan bangunan-bangunan yang tahan terhadap gempa.

Baja merupakan salah satu material yang banyak dipakai dewasa ini. Sudah banyak infrastruktur yang memakai baja sebagai bahan material utamanya, seperti bangunan bertingkat rendah maupun bangunan bertingkat tinggi. Baja memiliki kekuatan yang besar untuk dapat menahan tegangan tarik dan tekan. Dengan kekuatan yang besar ini, material baja yang digunakan dapat mengurangi ukuran struktur dan beban sendiri struktur. Hal ini yang membuat baja banyak digunakan sebagai bahan material bangunan dewasa ini. Selain itu, baja memiliki tingkat daktilitas yang cukup tinggi, dengan menerima tegangan tarik yang tinggi, maka baja akan mengalami regangan tarik yang tinggi juga sebelum terjadi keruntuhan. Keuntungan lain dari baja sebagai bahan material bangunan adalah kemudahan dalam menyambungkan elemen-elemen baja dengan menggunakan alat sambung las atau baut. Kelemahan baja sebagai bahan material bangunan adalah sulitnya mendapatkan ukuran yang diinginkan di pasaran dan memerlukan tingkat keahlian yang tinggi dalam pembuatannya.

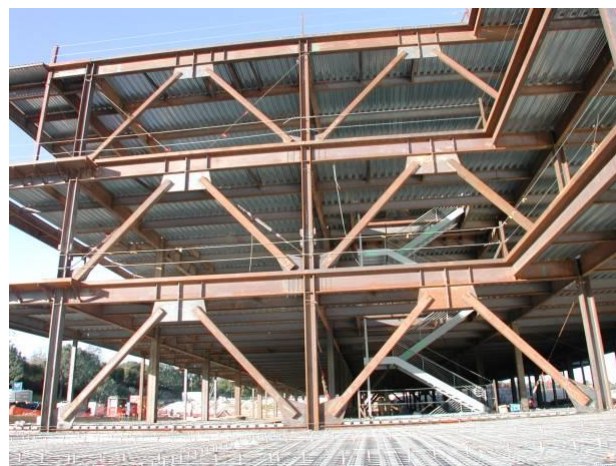
Struktur yang didesain terhadap beban gempa harus mempunyai struktur yang cukup kuat untuk menahan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa

tersebut. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk dapat menahan beban lateral yang diakibatkan gempa tersebut, seperti memberikan *Shear Wall* atau Breising. Beberapa sistem yang biasa digunakan pada konstruksi struktur baja adalah sebagai berikut:

- Portal Penahan Momen (*Moment Resisting Frames*)
- Portal Dengan Pengaku Konsentris (*Concentrically Braced Frames*)
- Portal Dengan Pengaku Eksentris (*Eccentrically Braced Frames*)
- Dinding Geser (*Shear Walls*)



**Gambar 1.1** Portal Penahan Momen (*Moment Resisting Frames*), American Institute of Steel Construction



**Gambar 1.2** Portal Dengan Pengaku Konsentris (*Concentrically Braced Frames*), American Institute of Steel Construction



**Gambar 1.3** Portal Dengan Pengaku Eksentris (*Eccentrically Braced Frames*), American Institute of Steel Construction



**Gambar 1.4** Dinding Geser (*Shear Walls*), American Institute of Steel Construction

Breising biasa dipakai untuk memperkaku struktur baja baik arah vertikal maupun horizontal. Namun seringkali terjadi tekuk pada breising ini dikarenakan kuat tekan yang terlalu besar. Untuk mengatasi masalah tekuk pada breising ini, perlu direncanakan agar nilai kelangsingan pada baja didapat sekecil mungkin, agar nilai kekuatan pada breising mendekati kekuatan lelehnya. Nilai kelangsingan dipengaruhi dari luas penampang baja (breising konsentris dalam hal ini), semakin besar luas penampang, semakin kecil nilai kelangsingan yang didapat. Untuk mendapatkan luas penampang yang besar, dikembangkan sistem rangka *Buckling-Restrained Braced Frames (BRBF)*, yaitu menambah selongsong pada batang baja yang kemudian diisi dengan mortar atau beton. *BRBF* ini merupakan pengembangan dari sistem Portal Dengan Pengaku Konsentris (*Concentrically Braced Frames*). Pemodelan sistem rangka *Buckling-Restrained Braced Frames* dapat dilihat pada **Gambar 1.5**.



**Gambar 1.5** Sistem rangka *Buckling-Restrained Braced Frames (BRBF)*, American Institute of Steel Construction

## 1.2 Inti Permasalahan

Semakin tinggi suatu bangunan, semakin berpengaruh beban lateral pada bangunan tersebut. Maka bangunan yang didesain terhadap beban gempa harus mampu menahan beban lateral akibat gempa yang terjadi. Dalam bangunan struktur baja, digunakan breising untuk menahan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

Dalam penggunaan breising, sering ditemukan masalah dalam hal tekuk. Tekuk dapat menyebabkan rendahnya kekuatan tekan dari suatu struktur baja sehingga perlu menjadi pusat perhatian dalam mendesain bangunan tahan gempa. Dalam skripsi ini, akan dibahas mengenai perbedaan sistem penahan tekuk dengan cara konvensional dan *Buckling-Restrained Brace* pada *Inverted V-Breising*.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perilaku inelastik dari breising konvensional dan *Buckling-Restrained Brace* akibat dari adanya beban lateral gempa. Kemudian dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui berapa besar pengaruh dari penahan tekuk menggunakan sistem *Buckling-Restrained Brace* pada bangunan struktur baja.

## 1.4 pembatasan masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan gedung struktur baja 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian antar lantai 4 meter terdiri atas 3 bentang panjang masing-masing bentang 6 meter
2. Geometri gedung simetris
3. Bangunan terletak di atas tanah sedang Kota Bandung



4. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran
5. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 16.1.0
6. Menggunakan baja IWF untuk kolom dan balok dengan mutu baja BJ-37  $f_y = 240 \text{ MPa}$  ,  $f_u=370 \text{ MPa}$
7. Analisis dinamik riwayat waktu dengan menggunakan 3 rekaman percepatan tanah akibat gempa El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979
8. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
  - a. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung
  - b. SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
  - c. SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
  - d. Peta Gempa Indonesia 2010
9. Desain breising dengan *Inverted V-Breising* Konsentris Konvensional dan *Inverted V-Buckling-Restrained Brace*.

### 1.5 Metode Penelitian

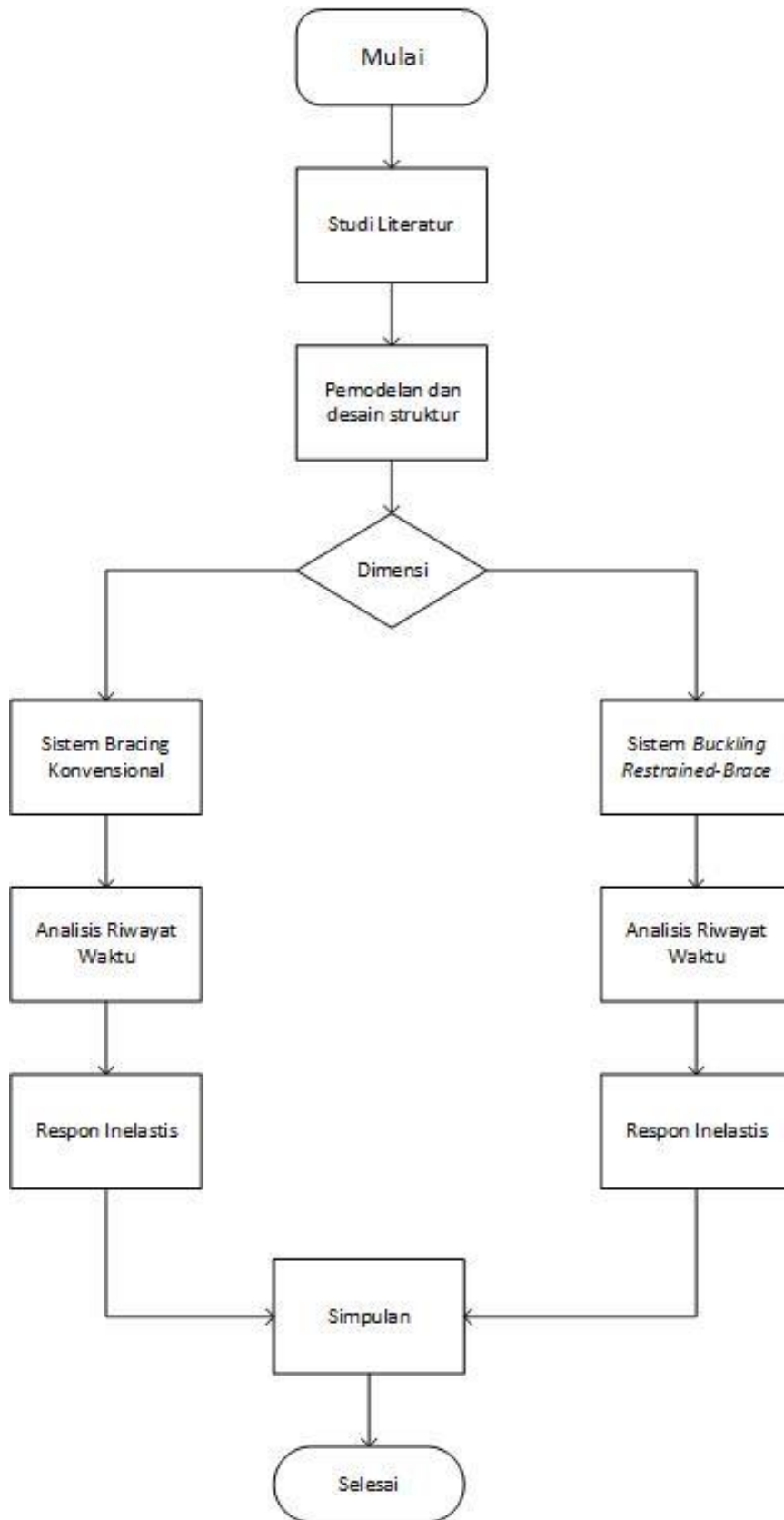
Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

Dalam skripsi ini digunakan landasan teori yang bersumber dari buku-buku pustaka, *paper*, skripsi, dan standar ataupun *code* yang berkaitan dengan bangunan gedung struktur baja serta peraturan gempa bumi

2. Studi Analisis

Bangunan gedung dalam skripsi ini didesain dan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.1.0.



Gambar 1.6 Diagram Alir

## 1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### 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 akan digunakan sebagai acuan dalam proses desain dan analisis

### Bab 3 Desain dan Pemodelan Bangunan

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja dengan *breising* konvensional dan struktur bangunan rangka baja dengan *buckling-restrained brace* menggunakan program ETABS 16.1.0, serta pengecekan syarat struktur bangunan tahan gempa

### Bab 4 Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini akan ditinjau respon inelastik struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan perangkat lunak ETABS

### Bab 5 Simpulan dan Saran

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