

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERILAKU INELASTIK GEDUNG BAJA  
ASIMETRIS BENTUK L 6 LANTAI DI-RETROFIT  
MENGUNAKAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***



**HANNA MIRASARI**

**NPM : 2015410100**

**PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG**

**DESEMBER 2018**

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS PERILAKU INELASTIK GEDUNG BAJA ASIMETRIS BENTUK L 6 LANTAI DI-RETROFIT MENGUNAKAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***



**HANNA MIRASARI**

**NPM : 2015410100**

**BANDUNG, DESEMBER 2018**

**PEMBIMBING**



**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG**

**DESEMBER 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Hanna Mirasari

NPM : 2015410100

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “*Analisis Perilaku Inelastik Gedung Baja Asimetris Bentuk L 6 Lantai Di-Retrofit Menggunakan 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, Desember 2018



Hanna Mirasari

NPM: 2015410100

**ANALISIS PERILAKU INELASTIK GEDUNG  
BAJA ASIMETRIS BENTUK L 6 LANTAI DI-RETROFIT  
MENGUNAKAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***

HANNA MIRASARI

NPM : 2015410100

PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 1788/SK/BAN-  
PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG**

**DESEMBER 2018**

**ABSTRAK**

Peraturan mengenai desain gedung di Indonesia sudah beberapa kali mengalami perubahan terutama dalam hal desain struktur dan beban gempa. Oleh karena itu, gedung yang didesain menurut peraturan desain struktur dan beban gempa lama perlu dianalisis menggunakan peraturan yang baru untuk mengetahui apakah perlu dilakukan *retrofitting* terhadap gedung tersebut. Pada studi ini, lokasi gedung yang akan di-*retrofit* berada di Kota Palu karena dari perubahan peraturan lama ke peraturan baru, Kota Palu memiliki kenaikan beban gempa yang cukup besar dibandingkan dengan kota lain di Indonesia. Pemodelan gedung yaitu asimetris bentuk L dengan jumlah 6 lantai. Struktur utama merupakan rangka baja dengan daktilitas penuh. *Retrofitting* dilakukan menggunakan breising tipe *buckling-restrained braced* yang memiliki kekuatan tarik dan tekan yang sama besar. Konfigurasi breising adalah diagonal. Pemodelan *retrofitting* dilakukan dengan 2 cara yaitu, pertama: *retrofitting* internal yang dilakukan dengan menambah breising pada struktur eksisting dan kedua: *retrofitting* eksternal yang dilakukan dengan cara menambah rangka terbreis pada sisi luar sejauh 1 meter dari struktur utama. Kedua cara *retrofitting* akan dianalisis secara elastis dan inelastis. Analisis inelastis dilakukan dengan analisis riwayat waktu menggunakan tiga percepatan gempa yaitu El Centro, Denpasar, dan Flores.

Untuk analisis elastis, setelah di-*retrofit*, kedua model menunjukkan hasil yang baik karena memenuhi persyaratan yang berlaku saat ini untuk desain struktur. Untuk analisis inelastis riwayat waktu, model *retrofitting* internal mengalami kegagalan pada kolom akibat adanya gaya tambahan dari breising. Sementara model *retrofitting* eksternal berhasil mendapatkan hasil yang baik. Dari analisis dengan tiga percepatan gempa, tingkat kinerja struktur untuk model *retrofitting* eksternal adalah *immediate occupancy* (IO). Nilai faktor kuat lebih yang didapatkan adalah 4,137, lebih besar daripada yang disyaratkan di SNI 1726:2012 yaitu 2,5. Nilai faktor pembesaran defleksi yang didapatkan yaitu 4,840, sudah mendekati syarat pada SNI 1726:2012 yaitu 5.

Kata kunci : *retrofitting*, *buckling-restrained braced*, analisis riwayat waktu, tingkat kinerja

# **INELASTIC BEHAVIOR ANALYSIS OF 6-STORY L-SHAPED STEEL BUILDING RETROFITTED USING BUCKLING-RESTRAINED BRACE**

HANNA MIRASARI  
NPM : 2015410100

Advisor : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

(Accredited by BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

**BANDUNG**

**DECEMBER 2018**

## ***ABSTRACT***

Codes concerning building design and earthquake load in Indonesia have undergone several changes through time. Building that was designed using old codes should be evaluated using newer codes in order to know if the building needs to be retrofitted or not. In this study, the building was located in Palu City because in the newer code, Palu city has bigger seismic load than other cities in Indonesia. Building model was a 6-story L shaped steel building with high ductility. Buckling-restrained braced frame was used for the retrofitting because this type of bracing has equal tension and compression strength. Diagonal bracing configuration was used within this study. There were two types of retrofitting model that were used, there were internal retrofitting and external retrofitting. Internal retrofitting was applied by assigning braced frame to the existing structure, while external retrofitting was applied by adding external bracing. Both types of retrofitting models were analyzed using elastik and inelastik method. Inelastik analysis was being done through time history analysis using three different seismic accelerations, which are El Centro, Denpasar, and Flores.

For elastik analysis, both of the models gave results which fitted the new regulations. For inelastik time history analysis, model that was internally retrofitted was failed due to additional load on the columns because of bracing. Meanwhile, model that was externally retrofitted gave good result. From analysis using seismic accelerations, model that was externally retrofitted had Immediate Occupancy (IO) for structure performance level. The overstrength factor from the analysis was 4,137 which was bigger than in SNI 1726:2012. In SNI 1726:2012, the overstrength factor should be 2,5. The deflection amplification factor was 4,840 which was nearly fitted the regulation in SNI 1726:2012. In SNI 1726:2012, the deflection amplification factor should be 5.

Key words : retrofitting, buckling-restrained brace, time history analysis, structure performance level

## PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Perilaku Inelastik Gedung Baja Asimetris Bentuk L 6 Lantai Di-Retrofit Menggunakan *Buckling-Restrained Brace*”. Skripsi ini merupakan salah satu prasyarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana teknik dari Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menemukan berbagai hambatan. Akan tetapi, berkat bantuan, bimbingan, serta dorongan semangat yang diberikan berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa hormat, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, yaitu kedua orang tua, Robert Tan dan Nanche Turmawan dan adik, Lukius Jonathan yang senantiasa mendoakan, menghibur, dan memberikan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu, meluangkan waktu, dan membimbing dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan serta saran;
4. Dosen-dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan bagi penulis;
5. Hardy Joshuanto yang telah memberikan dukungan semangat serta doa kepada penulis;
6. Teman-teman seperjuangan skripsi, yaitu Geofanny Ivonne, Clarissa Jasinda, Natalia Lioe, Yosua Christian, Yohanes Suryanto, Yunan Wijaya, Vito Lay, atas kebersamaan untuk saling berbagi dan bertukar pikiran dengan penulis dalam penyusunan skripsi;
7. Teman-teman karib, yaitu Liesly Felicity, Vinna Fransiska, Angeline Priscillia, Regina Priscilla, Vincens Agung, Vincent J.W, Aditya, Mazi

- Sofyan, Kevin Martandi, Gisella Liviana, dan Michelle Indira yang telah menyemangati dalam suka dan duka dalam penyusunan skripsi;
8. Teman-teman Ciwik, yaitu Erlyn Santoso, Jessica Antoro, Emily Setiawan, Melissa Stefani, dan Maria Jessica yang telah mendoakan dan mendukung penulis selama penyusunan skripsi;
  9. Kakak-kakak angkatan, yaitu Alvan Ferdian, Andreas Nathaniel, dan Fenita Adina atas waktunya untuk bertukar pikiran dengan penulis dalam penyusunan skripsi;
  10. Semua teman-teman angkatan 2015 atas kebersamaannya selama ini;
  11. Semua pihak yang telah membantu, memberi dukungan, dan semangat selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Penulis menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun agar dapat memperbaikinya di masa yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap skripsi ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis tetapi juga bagi mahasiswa lainnya dan dunia pendidikan, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Bandung, Desember 2018

Penulis,



Hanna Mirasari

NPM : 2015410100

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian .....	6
1.6 Diagram Alir .....	7
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 SNI 1726-1989 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung ....	9
2.1.1 Simetri.....	9
2.1.2 Pengaruh Gempa Horizontal.....	9
2.1.3 Beban Geser Dasar Akibat Gempa .....	10
2.1.4 Koefisien Gempa Dasar .....	10
2.1.5 Faktor Keutamaan.....	11
2.1.6 Faktor Jenis Struktur.....	12
2.1.7 Pembagian Beban Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung.....	12
2.1.8 Waktu Getar Alami Struktur Gedung .....	13
2.1.9 Momen Puntir Tingkat.....	14
2.1.10 Pusat Kekakuan dan Pusat Massa.....	14
2.1.11 Eksentrisitas Rencana .....	14
2.1.12 Analisis Dinamik .....	15
2.1.13 Analisis Ragam Spektrum Respons.....	15
2.1.14 Faktor Skala.....	16



2.1.15	Simpangan Antar Tingkat .....	16
2.2	SNI 03-1727-1989 Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung .....	17
2.2.1	Beban Mati.....	17
2.2.2	Beban Hidup .....	17
2.3	Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984 .....	17
2.3.1	Sifat-sifat Bahan .....	17
2.3.2	Tegangan-tegangan Baja.....	18
2.4	SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.....	19
2.4.1	Gempa Rencana .....	19
2.4.2	Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur.....	19
2.4.3	Klasifikasi Situs .....	20
2.4.4	Wilayah Gempa dan Spektrum Respons .....	20
2.4.5	Pemilihan Sistem Struktur .....	24
2.4.6	Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan .....	25
2.4.7	Kombinasi Pembebanan .....	27
2.4.8	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen .....	29
2.4.9	Simpangan Antar Lantai Tingkat.....	31
2.5	SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Bangunan Lain .....	32
2.5.1	Beban Mati.....	32
2.5.2	Beban Hidup .....	33
2.6	SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural .....	33
2.6.1	Dasar Desain .....	33
2.6.2	Persyaratan Stabilitas Umum.....	34
2.6.3	Persyaratan Analisis Umum.....	35
2.6.4	Pertimbangan Ketidaktersempurnaan Awal.....	35
2.7	SNI 7860-2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja .....	36
2.7.1	Persyaratan Komponen Struktur .....	36
2.7.2	Rangka Terbreis Penahan Tekuk .....	36
2.8	<i>Retrofitting</i> .....	38
2.9	Breising Tahan Tekuk.....	39
2.10	Analisis Riwayat Waktu .....	40
2.11	Tingkat Kinerja Struktur .....	41
2.12	Metode Integrasi Newmark.....	42

2.13	Redaman Rayleigh .....	44
BAB III DESAIN DAN PEMODELAN GEDUNG .....		47
3.1	Data Bangunan Gedung .....	47
3.1.1	Data Struktur.....	47
3.1.2	Data Material .....	48
3.1.3	Pembebanan.....	49
3.1.4	Kombinasi Pembebanan .....	51
3.2	Hasil Desain Bangunan Gedung Berdasarkan Peraturan Lama .....	52
3.3	Analisis Modal Bangunan Gedung Berdasarkan Peraturan Lama .....	54
3.4	Evaluasi Bangunan Gedung Berdasarkan Peraturan Baru .....	57
3.4.1	Pengecekan Peralihan .....	57
3.4.2	Pengecekan Kapasitas Balok dan Kolom .....	58
3.4.3	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal.....	66
3.4.4	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal.....	67
3.5	<i>Retrofitting</i> Bangunan Menggunakan <i>Buckling-Restrained Braced Frame</i> (BRBF) pada Struktur Eksisting ( <i>Retrofitting</i> Internal) .....	69
3.5.1	Desain Gedung dengan BRBF pada Struktur Eksisting .....	69
3.5.2	Analisis Modal Model Gedung dengan <i>Retrofitting</i> pada Struktur Eksisting .....	72
3.5.2.1	Pengecekan Simpangan.....	72
3.5.2.2	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal .....	73
3.5.2.3	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal .....	75
3.6	<i>Retrofitting</i> Bangunan Menggunakan <i>Buckling-Restrained Braced Frame</i> di Luar Struktur Eksisting ( <i>Retrofitting</i> Eksternal).....	76
3.6.1	Desain Gedung dengan BRBF di Luar Struktur Eksisting .....	76
3.6.2	Analisis Modal Model Gedung dengan BRBF di Luar Struktur Eksisting.....	80
3.6.2.1	Pengecekan Simpangan.....	80
3.6.2.2	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal .....	81
3.6.2.3	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal .....	83
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		85
4.1	Analisis Riwayat Waktu .....	85
4.1.1	Analisis Riwayat Waktu untuk Model Gedung dengan BRBF pada Struktur Eksisting ( <i>Retrofitting</i> Internal) .....	86
4.1.2	Analisis Riwayat Waktu untuk Model Gedung dengan BRBF di Luar Struktur Eksisting ( <i>Retrofitting</i> Eksternal).....	95
4.2	Hasil Respons Inelastis Struktur .....	96

4.2.1	Peralihan Lantai Maksimum.....	96
4.2.2	Sendi Plastis.....	98
4.2.2.1	El Centro Arah X.....	98
4.2.2.2	El Centro Arah Y.....	100
4.2.2.3	Denpasar Arah X.....	102
4.2.2.4	Denpasar Arah Y.....	105
4.2.2.5	Flores Arah X.....	107
4.2.2.6	Flores Arah Y.....	109
4.2.3	Gaya Geser Dasar.....	111
4.2.4	Faktor Pembesaran Defleksi.....	112
4.2.5	Tingkat Kinerja Struktur.....	112
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		123
5.1	Kesimpulan.....	123
5.2	Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA.....		125
LAMPIRAN.....		127

## 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>
LS	= <i>Life Safety</i>
m	= Meter
mm	= Milimeter
MPa	= Mega Pascal
R	= faktor modifikasi respons
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 web

- $T$  = Periode fundamental struktur  
 $T_a$  = Periode fundamental pendekatan  
 $\gamma_c$  = Berat isi beton  
 $\gamma_s$  = Berat isi baja  
 $\Omega_0$  = Faktor kuat lebih sistem

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik <i>Axial-Force Displacemement</i> (Gioncu, 2014) .....	2
Gambar 1. 2 Komponen BRBF (Gioncu, 2014).....	2
Gambar 1. 3 Penggunaan BRBF (Gioncu, 2014).....	3
Gambar 1. 4 Tampak 3 Dimensi Model 1 (Tanpa Breising).....	5
Gambar 1. 5 Tampak 3 Dimensi Model 2 (Breising Internal) .....	5
Gambar 1. 6 Tampak 3 Dimensi Model 3 (Breising Eksternal).....	6
Gambar 1. 7 Diagram Alir Penulisan .....	7
Gambar 2. 1 Bentuk denah struktur gedung yang mempunyai sayap dengan bentuk U, H, dan L (SNI 1726 1989).....	9
Gambar 2. 2 Peta Gempa Indonesia 1981 .....	11
Gambar 2. 3 Respons Spektrum Peraturan Lama.....	11
Gambar 2. 4 Diagram tegangan dan regangan yang titik lelehnya tidak jelas (PPBBI 1984).....	18
Gambar 2. 5 Spektrum Respons Desain.....	23
Gambar 2. 6 Konfigurasi BRBF (NIST GCR 15-917-34) .....	39
Gambar 2. 7 Komponen BRBF (NIST GCR 15-917-34).....	40
Gambar 2. 8 Penentuan Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan Deformasi (FEMA 356) .....	42
Gambar 2. 9 Model Redaman Rayleigh (FEMA P-750).....	45
Gambar 3. 1 Respons spektrum untuk Kota Palu (Peraturan Lama).....	50
Gambar 3. 2 Respons Spektrum untuk Kota Palu (Peraturan Baru) .....	51
Gambar 3. 3 Denah Balok dan Kolom untuk Lantai 1-6 (Tipikal) .....	52
Gambar 3. 4 Balok dan Kolom untuk Elevasi A, B, C, D, 4, 5, 6, dan 7 .....	53
Gambar 3. 5 Balok dan Kolom untuk Elevasi E, F, dan G.....	53
Gambar 3. 6 Balok dan Kolom untuk Elevasi 1, 2, dan 3 .....	54
Gambar 3. 7 Grafik Peralihan per Lantai Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama	55
Gambar 3. 8 Grafik Simpangan Arah X dan Y Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama.....	55
Gambar 3. 9 Grafik Drift Arah X dan Y Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama.	56
Gambar 3. 10 Rasio D/C pada Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama .....	56
Gambar 3. 11 Peralihan Elastik pada Gedung Lama yang Dievaluasi Berdasarkan Peraturan Baru .....	57
Gambar 3. 12 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung Lama yang Dievaluasi Berdasarkan Peraturan Baru.....	58

Gambar 3. 13 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi A .....	59
Gambar 3. 14 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi B.....	59
Gambar 3. 15 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi C.....	60
Gambar 3. 16 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi D .....	60
Gambar 3. 17 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi E.....	61
Gambar 3. 18 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi F.....	61
Gambar 3. 19 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi G .....	62
Gambar 3. 20 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 1 .....	62
Gambar 3. 21 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 2 .....	63
Gambar 3. 22 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 3 .....	63
Gambar 3. 23 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 4 .....	64
Gambar 3. 24 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 5 .....	64
Gambar 3. 25 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 6 .....	65
Gambar 3. 26 Rasio D/C pada Gedung untuk Elevasi 7 .....	65
Gambar 3. 27 Tampak Atas untuk Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 (Tanpa Breising).....	67
Gambar 3. 28 BRBF pada Elevasi A dan 7.....	69
Gambar 3. 29 BRBF pada Elevasi D.....	70
Gambar 3. 30 BRBF pada Elevasi G.....	70
Gambar 3. 31 BRBF pada Elevasi 1 .....	71
Gambar 3. 32 BRBF pada Elevasi 4 .....	71
Gambar 3. 33 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal	73
Gambar 3. 34 Tampak Atas untuk Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 (Tanpa Breising).....	74
Gambar 3. 35 Denah Balok dan Kolom untuk Bangunan Gedung yang di- <i>retrofit</i> Eksternal....	77
Gambar 3. 36 Kolom, Balok, dan BRBF pada Elevasi A dan 10.....	77
Gambar 3. 37 Kolom, Balok, dan BRBF pada Elevasi F.....	78
Gambar 3. 38 Kolom, Balok, dan BRBF pada Elevasi J.....	78
Gambar 3. 39 Kolom, Balok, dan BRBF pada Elevasi 1 .....	79
Gambar 3. 40 Kolom, Balok, dan BRBF pada Elevasi 5 .....	79
Gambar 3. 41 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal.....	81
Gambar 3. 42 Tampak Atas untuk Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 (Tanpa Breising).....	82
Gambar 4. 1 Percepatan Gempa El Centro.....	85

Gambar 4. 2 Percepatan Gempa Denpasar .....	86
Gambar 4. 3 Percepatan Gempa Flores .....	86
Gambar 4. 4 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Tampak 3D (El Centro X) .....	87
Gambar 4. 5 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi A (El Centro X) .....	87
Gambar 4. 6 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi 7 (El Centro X) .....	88
Gambar 4. 7 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Tampak 3D (El Centro Y) .....	88
Gambar 4. 8 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi A (El Centro Y) .....	89
Gambar 4. 9 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi 7 (El Centro Y) .....	89
Gambar 4. 10 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Tampak 3D (Denpasar X) .....	90
Gambar 4. 11 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi A (Denpasar X) .....	90
Gambar 4. 12 Letak Sendi Plastis pada Gedung Elevasi 7 (Denpasar X) .....	91
Gambar 4. 13 Letak Sendi Plastis pada Gedung Tampak 3D (Denpasar Y) .....	91
Gambar 4. 14 Letak Sendi Plastis pada Gedung Elevasi A (Denpasar Y) .....	92
Gambar 4. 15 Letak Sendi Plastis pada Gedung Elevasi 7 (Denpasar Y) .....	92
Gambar 4. 16 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Tampak 3D (Flores X) .....	93
Gambar 4. 17 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi A (Flores X) .....	93
Gambar 4. 18 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi 7 (Flores X) .....	94
Gambar 4. 19 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Tampak 3D (Flores Y) .....	94
Gambar 4. 20 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi A (Flores Y) .....	95
Gambar 4. 21 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal Elevasi 7 (Flores Y) .....	95
Gambar 4. 22 Peralihan Inelastik Maksimum Arah X .....	97
Gambar 4. 23 Peralihan Inelastik Maksimum Arah Y .....	97
Gambar 4. 24 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 1,4 (Elevasi 1) .....	98



Gambar 4. 25 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 14 (Elevasi 1) .....	98
Gambar 4. 26 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 1,4 (Elevasi 5) .....	99
Gambar 4. 27 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 14 (Elevasi 5) .....	99
Gambar 4. 28 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 1,4 (Elevasi 10) .....	99
Gambar 4. 29 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah X Saat detik ke 14 (Elevasi 10) .....	100
Gambar 4. 30 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 1,4 (Elevasi A) .....	100
Gambar 4. 31 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 14 (Elevasi A) .....	100
Gambar 4. 32 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 1,4 (Elevasi F) .....	101
Gambar 4. 33 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 14 (Elevasi F) .....	101
Gambar 4. 34 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 1,4 (Elevasi J) .....	102
Gambar 4. 35 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa El Centro Arah Y Saat detik ke 14 (Elevasi J) .....	102
Gambar 4. 36 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 2,4 (Elevasi 1) .....	102
Gambar 4. 37 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 30 (Elevasi 1) .....	103
Gambar 4. 38 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 2,4 (Elevasi 5) .....	103
Gambar 4. 39 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 30 (Elevasi 5) .....	103
Gambar 4. 40 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 2,4 (Elevasi 10) .....	104
Gambar 4. 41 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah X Saat detik ke 30 (Elevasi 10) .....	104

Gambar 4. 42 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 2.4 (Elevasi A) .....	105
Gambar 4. 43 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 30 (Elevasi A) .....	105
Gambar 4. 44 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 2.4 (Elevasi F) .....	106
Gambar 4. 45 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 30 (Elevasi F) .....	106
Gambar 4. 46 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 2.4 (Elevasi J) .....	106
Gambar 4. 47 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Denpasar Arah Y Saat detik ke 30 (Elevasi J) .....	107
Gambar 4. 48 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 15,2 (Elevasi 1) .....	107
Gambar 4. 49 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 40 (Elevasi 1) .....	107
Gambar 4. 50 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 15,2 (Elevasi 5) .....	108
Gambar 4. 51 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 40 (Elevasi 5) .....	108
Gambar 4. 52 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 15,2 (Elevasi 10) .....	108
Gambar 4. 53 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah X Saat detik ke 40 (Elevasi 10) .....	109
Gambar 4. 54 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 40 (Elevasi A) .....	109
Gambar 4. 55 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 40 (Elevasi A) .....	110
Gambar 4. 56 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 15,2 (Elevasi F) .....	110
Gambar 4. 57 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 40 (Elevasi F) .....	110
Gambar 4. 58 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 15.2 (Elevasi J).....	111

Gambar 4. 59 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Gempa Flores Arah Y Saat detik ke 40 (Elevasi J) .....	111
Gambar 4. 60 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah X Elevasi 1 (IO).....	113
Gambar 4. 61 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah X Elevasi 5 (IO).....	113
Gambar 4. 62 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah X Elevasi 10 (IO).....	114
Gambar 4. 63 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah Y Elevasi A (IO).....	114
Gambar 4. 64 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah Y Elevasi F (IO) .....	115
Gambar 4. 65 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat El Centro Arah Y Elevasi J (IO) .....	115
Gambar 4. 66 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah X Elevasi 1 (IO) .....	116
Gambar 4. 67 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah X Elevasi 5 (IO) .....	116
Gambar 4. 68 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah X Elevasi 10 (IO).....	117
Gambar 4. 69 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah Y Elevasi A (IO).....	117
Gambar 4. 70 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah Y Elevasi F (IO).....	118
Gambar 4. 71 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Denpasar Arah Y Elevasi J (IO) .....	118
Gambar 4. 72 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah X Elevasi 1 (IO).....	119
Gambar 4. 73 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah X Elevasi 5 (IO).....	119
Gambar 4. 74 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah X Elevasi 10 (IO).....	120
Gambar 4. 75 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah Y Elevasi A (IO) .....	120
Gambar 4. 76 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah Y Elevasi F (IO).....	121
Gambar 4. 77 Nilai Rasio D/C Struktur Akibat Flores Arah Y Elevasi J (IO) .....	121

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor keutamaan (I) berbagai jenis gedung (SNI 1726-1989).....	12
Tabel 2. 2 Faktor Jenis Struktur (K) untuk Berbagai Struktur Jenis Gedung (SNI 1726-1989) .	12
Tabel 2. 3 Harga Tegangan Dasar (PPBBI 1984) .....	18
Tabel 2. 4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (SNI 1726-2012) .....	19
Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726-2012) .....	19
Tabel 2. 6 Klasifikasi Situs .....	20
Tabel 2. 7 Koefisien situs $F_a$ (SNI 1726-2012).....	22
Tabel 2. 8 Koefisien situs $F_v$ (SNI 1726-2012).....	22
Tabel 2. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek (SNI 1726-2012).....	24
Tabel 2. 10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik (SNI 1726-2012) .....	24
Tabel 2. 11 Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $C_d$ untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726-2012).....	24
Tabel 2. 12 Nilai parameter perioda pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	31
Tabel 2. 13 Simpangan Antar Lantai Ijin (SNI 1726-2012).....	32
Tabel 3. 1 Kolom yang Digunakan .....	54
Tabel 3. 2 Balok yang Digunakan.....	54
Tabel 3. 3 Peralihan per Lantai pada Gedung .....	54
Tabel 3. 4 Simpangan Antar Lantai pada Gedung Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama.....	55
Tabel 3. 5 Drift pada Gedung Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama .....	56
Tabel 3. 6 Peralihan Elastik pada Gedung Lama yang Dievaluasi Berdasarkan Peraturan Baru	57
Tabel 3. 7 Simpangan Antar Lantai pada Gedung Lama yang Dievaluasi Berdasarkan Peraturan Baru.....	58
Tabel 3. 8 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B untuk Gedung Lama.....	66
Tabel 3. 9 Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 untuk Gedung Lama .....	67
Tabel 3. 10 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A dan 1B untuk Gedung Lama.....	68
Tabel 3. 11 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B untuk Gedung Lama.....	68
Tabel 3. 12 Dimensi Breising yang Digunakan .....	72
Tabel 3. 13 Peralihan Per Lantai untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal.....	72
Tabel 3. 14 Pengecekan Simpangan Antar Lantai untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal .....	73

Tabel 3. 15 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal .....	73
Tabel 3. 16 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal .....	75
Tabel 3. 17 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A dan 1B untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal .....	75
Tabel 3. 18 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Internal .....	76
Tabel 3. 19 Kolom dan Balok Tambahan yang Digunakan .....	79
Tabel 3. 20 Peralihan per Lantai untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal .....	80
Tabel 3. 21 Pengecekan Simpangan Antar Lantai untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal.....	80
Tabel 3. 22 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1A dan 1B untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal .....	82
Tabel 3. 23 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal .....	82
Tabel 3. 24 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A dan 1B untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal .....	83
Tabel 3. 25 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B untuk untuk Gedung yang Di- <i>retrofit</i> Eksternal .....	84
Tabel 4. 1 Peralihan Inelastik Maksimum Arah X dan Y tiap Gempa.....	96
Tabel 4. 2 Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih .....	111
Tabel 4. 3 Drift Tiap Lantai .....	112
Tabel 4. 4 Faktor Pembesaran Defleksi .....	112
Tabel 4. 5 Tingkat Kinerja Struktur .....	122

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 – PERHITUNGAN FAKTOR SKALA (PERATURAN LAMA).....	127
LAMPIRAN 2 – PERHITUNGAN FAKTOR SKALA (PERATURAN BARU).....	131
LAMPIRAN 3 – KURVA HISTERESIS GLOBAL STRUKTUR DAN ELEMEN BRB.....	143
LAMPIRAN 4 – PERHITUNGAN BALOK DAN KOLOM (PPBBI 1984).....	149
LAMPIRAN 5 – PERHITUNGAN BREISING, BALOK, DAN KOLOM ( <i>RETROFITTING</i> INTERNAL).....	155
LAMPIRAN 6 – PERHITUNGAN BREISING, BALOK, DAN KOLOM ( <i>RETROFITTING</i> EKSTERNAL).....	165

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

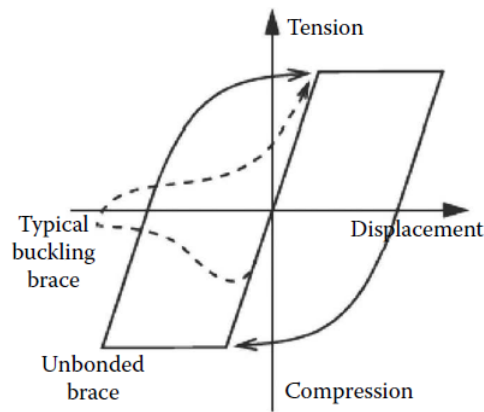
Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap gempa, adapun gempa yang terjadi di yaitu gempa vulkanik dan gempa tektonik. Terjadinya gempa vulkanik diakibatkan oleh masih banyaknya gunung berapi aktif yang berada di Indonesia. Sementara itu, terjadinya gempa tektonik di Indonesia diakibatkan Indonesia berada di posisi pertemuan tiga lempeng terbesar di dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik.

Indonesia juga merupakan negara berkembang yang saat ini mengalami perkembangan pembangunan gedung yang cukup banyak. Gedung yang dibangun berupa hotel, sekolah, tempat tinggal, dan juga perkantoran. Struktur gedung yang saat ini banyak digunakan merupakan material baja. Penggunaan baja sebagai struktur utama gedung dikarenakan beberapa hal antara lain karena baja memiliki kekuatan tinggi, daktilitas dan elastisitas tinggi, serta mudah untuk dibentuk.

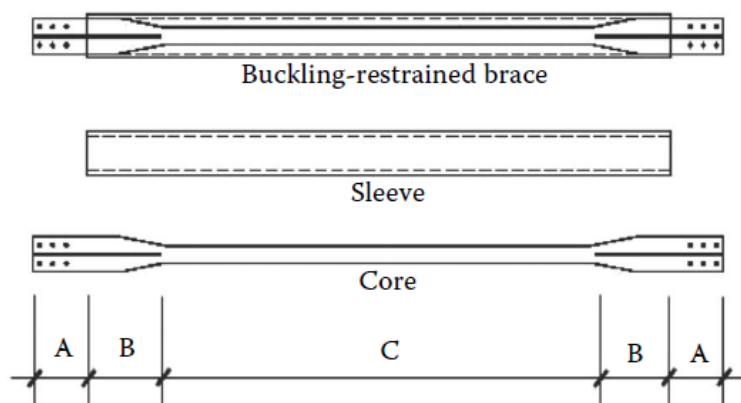
Peraturan mengenai desain gedung di Indonesia sudah beberapa kali mengalami perubahan. Kerusakan pada gedung akibat gempa dipelajari dan dibuat perubahan untuk peraturan desainnya. Hal ini bertujuan agar mendapatkan bangunan gedung yang lebih kuat jika mengalami beban gempa.

Untuk memenuhi perkembangan peraturan desain gedung, perlu dilakukan studi dan evaluasi terhadap gedung yang dibangun berdasarkan peraturan lama agar sesuai dengan peraturan gedung yang berlaku saat ini. Untuk memenuhi peraturan baru yang berlaku, gedung yang dibangun berdasarkan peraturan lama dapat diperkuat strukturnya agar lebih kuat dalam menahan beban gempa. Salah satu cara untuk perkuatan struktur gedung adalah dengan melakukan *retrofitting*. *Retrofitting* pada bangunan gedung dapat dipasang pada struktur utama eksisting dan dapat juga dilakukan penambahan struktur pada luar bangunan gedung. *Retrofitting* yang dapat dilakukan ada beberapa jenis seperti *eccentrically braced frame* (EBF), *centrically braced frame* (CBF), serta *buckling-restrained braced frame* (BRBF). *Retrofitting* menggunakan *eccentrically braced frame* dan *centrically braced frame* memiliki kekurangan

yaitu breising dapat mengalami tekuk. Untuk itu, dapat digunakan BRBF yang merupakan pengembangan dari CBF tetapi dengan penambahan selongsong berisi beton atau mortar pada bagian luar dari baja. Breising ini memiliki keuntungan yaitu dapat mengurangi efek tekuk pada breising yang akan digunakan untuk perkuatan struktur bangunan. Breising ini didesain untuk memiliki kekuatan tarik dan tekan yang sama besar. Hal ini dapat dilihat dari grafik pada **Gambar 1.1**. Oleh karena itu, pada skripsi ini akan dibahas mengenai perilaku inelastik pada gedung baja asimetris bentuk L 6 lantai yang di-*retrofit* menggunakan *buckling-restrained braced frame* (BRBF). Komponen BRBF dapat dilihat pada **Gambar 1.2** dan contoh penggunaan BRBF dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.



**Gambar 1. 1** Grafik *Axial-Force Displacement* (Gioncu, 2014)



**Gambar 1. 2** Komponen BRBF (Gioncu, 2014)





**Gambar 1. 3** Penggunaan BRBF (Gioncu, 2014)

## 1.2 Inti Permasalahan

Peraturan mengenai tata cara pembangunan gedung sering mengalami perubahan terutama dalam desain struktur, desain beban gempa, dan peta gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi dan evaluasi terhadap gedung yang didesain menggunakan peraturan lama agar sesuai dengan peraturan baru yang berlaku terutama dalam hal desain struktur utama, beban gempa yang diterima oleh bangunan gedung, dan peta gempa. Agar memenuhi peraturan baru yang berlaku, gedung baja yang didesain menggunakan peraturan lama dapat di-*retrofit* menggunakan *buckling-restrained braced frame* (BRBF). Breising dapat dipasang pada bagian dalam struktur utama eksisting, tetapi hal ini akan mengakibatkan tambahan gaya pada balok dan kolom eksisting. Breising juga dapat dipasang pada bagian luar struktur utama sehingga ada penambahan struktur di luar bangunan eksisting.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui perbandingan desain gedung berdasarkan peraturan lama dan peraturan baru yang berlaku dalam hal desain struktur, beban gempa, dan peta gempa;
2. Mengetahui perilaku inelastik akibat pengaruh *retrofitting* menggunakan BRBF pada bangunan gedung baja asimetris bentuk L 6 lantai jika breising

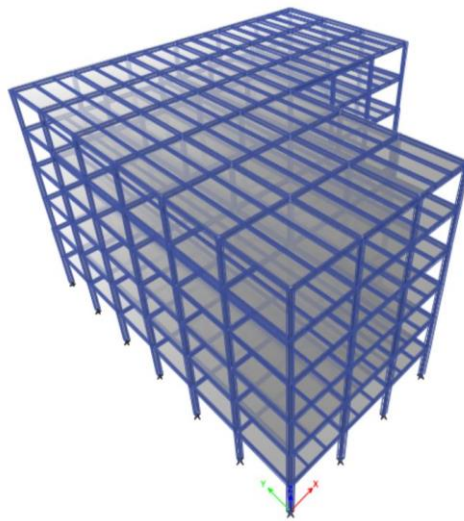
dipasang pada struktur utama eksisting dan jika dilakukan penambahan breising dan struktur baru di luar struktur utama bangunan eksisting.

#### **1.4 Pembatasan Masalah**

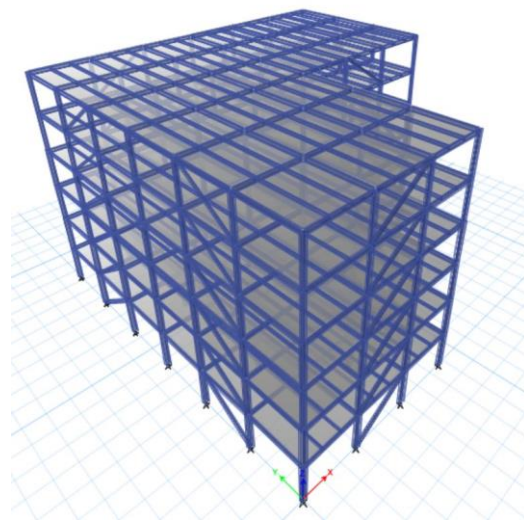
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut,

1. Pemodelan struktur gedung baja adalah 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian antar lantai adalah 4 meter, gedung terdiri atas 6 bentang, dan jarak antar bentang adalah 6 meter;
2. Gedung asimetris bentuk L;
3. Bangunan terletak di atas tanah sedang di Kota Palu;
4. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran;
5. Pemodelan struktur menggunakan bantuan program ETABS 2016;
6. Profil baja yang digunakan untuk struktur utama seperti balok dan kolom serta inti breising memiliki mutu  $f_u = 270$  MPa dan  $f_y = 240$  MPa;
7. Analisis dinamik riwayat waktu menggunakan 3 percepatan gempa yaitu El Centro 1940, Denpasar 1979, dan Flores 1992;
8. Desain breising menggunakan BRBF diagonal yang dipasang pada struktur utama eksisting (internal) dan pada luar bangunan gedung dengan tambahan rangka terbreis (eksternal);
9. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah,
  - a. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung (SNI 1726:1989);
  - b. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727:1989);
  - c. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984 (PPBBI 1984);
  - d. Peta Gempa Indonesia 1989;
  - e. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012);
  - f. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013);

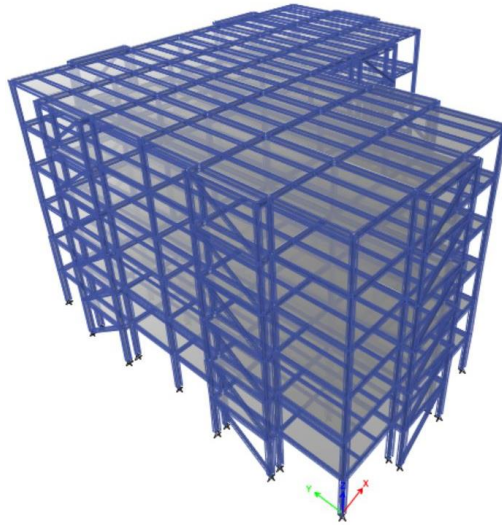
- g. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015), dan
  - h. Peta Gempa Indonesia 2010
10. Pada studi ini tidak dibahas mengenai hubungan sambungan antara struktur bangunan gedung baja dengan breising baik yang berhubungan langsung dengan struktur eksisting dan dengan struktur eksternal



**Gambar 1. 4** Tampak 3 Dimensi Model 1 (Tanpa Breising)



**Gambar 1. 5** Tampak 3 Dimensi Model 2 (Breising Internal)



**Gambar 1. 6** Tampak 3 Dimensi Model 3 (Breising Eksternal)

## **1.5 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang akan digunakan adalah sebagai berikut,

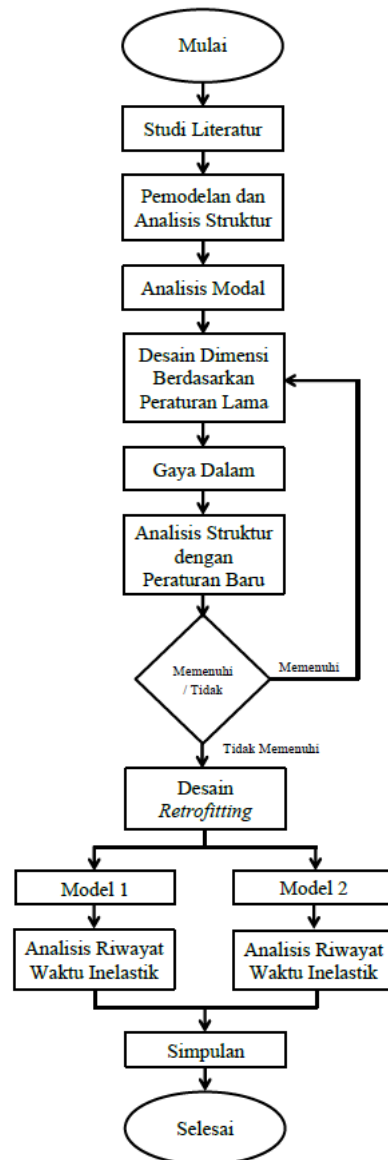
1. Studi Pustaka

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

2. Studi Analisis

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

## 1.6 Diagram Alir



Gambar 1. 7 Diagram Alir Penulisan

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut,

### BAB I Pendahuluan

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

### BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi dasar teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam proses pemodelan dan analisis bangunan gedung

### BAB III Pemodelan Bangunan

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja dengan desain peraturan lama dan peraturan baru beserta dengan breising yang digunakan

### BAB IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tinjauan respon inelastik struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan program ETABS.

### BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang didapat dan saran berdasarkan kesimpulan yang didapat.