

SKRIPSI

**STUDI DAN ANALISIS PERILAKU INELASTIK
GEDUNG BAJA 6 LANTAI DENGAN
VARIASI *SOFT STORY* DI-RETROFIT DENGAN
*BUCKLING RESTRAINED BRACED TWO STORY - X***



**ALVIN KURNIAWAN
NPM: 2015410035**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

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

SKRIPSI

**STUDI DAN ANALISIS PERILAKU INELASTIK
GEDUNG BAJA 6 LANTAI DENGAN
VARIASI SOFT STORY DI-RETROFIT DENGAN
*BUCKLING RESTRAINED BRACED TWO STORY - X***



ALVIN KURNIAWAN

NPM: 2015410035

BANDUNG, 25 JUNI 2019

KO-PEMBIMBING

Wivia Octarena S.T., M.T.

PEMBIMBING

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Alvin Kurniawan

NPM : 2015410035

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "*Studi dan Analisis Perilaku Inelastik Gedung Baja 6 Lantai dengan Variasi Soft Story Di-Retrofit dengan Buckling Restrained Brace Two Story - X*" 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, 25 Juni 2019



Alvin Kurniawan
NPM: 2015410035

STUDI DAN ANALISIS PERILAKU INELASTIK GEDUNG BAJA 6 LANTAI DENGAN VARIASI *SOFT STORY* DI-RETROFIT DENGAN *BUCKLING RESTRAINED BRACED TWO STORY - X*

**Alvin Kurniawan
NPM: 2015410035**

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

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

ABSTRAK

Peraturan mengenai desain bangunan gedung di Indonesia telah mengalami beberapa kali perubahan terutama dalam hal konsep desain struktur dan besarnya beban gempa. Gedung yang didesain berdasarkan peraturan lama perlu dianalisis ulang menggunakan peraturan baru untuk mengetahui apakah perlu dilakukan *retrofitting* terhadap gedung tersebut. Pada studi ini, lokasi gedung yang akan di-*retrofit* berada di Kota Palu, karena perubahan peraturan lama ke baru, kota Palu memiliki kenaikan besarnya beban gempa yang cukup besar. Studi kasus dilakukan pada gedung bertingkat 6 lantai dengan 2 variasi *soft story*. Struktur utama merupakan rangka baja dengan daktilitas penuh. *Retrofitting* dilakukan menggunakan *buckling-restrained braced* yang memiliki kekuatan tarik dan tekan sama besar. Konfigurasi breising adalah *multistory/ two story - x*. Pemodelan *retrofitting* dilakukan dengan 2 variasi yaitu, pertama: *retrofitting* eksternal dengan penempatan rangka terbreis berada pada sudut-sudut bangunan dan kedua: *retrofitting* eksternal dengan penempatan breising pada tengah sisi luar bangunan dengan menambahkan rangka terbreis pada sisi luar sejarak 1 meter dari struktur yang sudah ada. Kedua variasi *retrofitting* dianalisis dengan cara elastis dan inelastis. Analisis inelastis dilakukan dengan analisis riwayat waktu menggunakan tiga percepatan tanah dasar akibat gempa yaitu El Centro 1940, Denpasar 1979, dan Flores 1992.

Hasil analisis elastis setelah di-*retrofit*, kedua model dengan masing-masing variasi dapat memenuhi persyaratan peraturan baru. Hasil analisis inelastis riwayat waktu, pada model *retrofitting* eksternal dengan variasi penempatan rangka terbreis pada sudut-sudut bangunan dan tengah sisi luar bangunan terjadi sendi plastis pada bagian breising dan mempunyai respons yang memenuhi syarat drift pada peraturan baru. Dari analisis dengan tiga percepatan gempa, tingkat kinerja struktur untuk model *retrofitting* eksternal adalah *Life Safety* (LS). Nilai faktor kuat lebih yang didapatkan adalah 3,20, lebih besar daripada yang disyaratkan di SNI 1726:2012 yaitu 2,5. Nilai faktor pembesaran defleksi yang didapatkan yaitu 4,54, mendekati syarat pada SNI 1726:2012 yaitu 5.

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

STUDY AND ANALYSIS ON THE INELASTIC BEHAVIOR OF SIX STORY STEEL BUILDING WITH SOFT STORY VARIATIONS RETROFIT USING TWO STORY-X BUCKLING RESTRAINED BRACED

**Alvin Kurniawan
NPM: 2015410035**

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNE 2019**

ABSTRACT

Codes regarding building design in Indonesia have undergone several changes, especially in terms of structural design and earthquake loads. Buildings that are designed according to the old design codes and earthquake loads need to be re-analyzed using the new codes to determine whether retrofitting of the building needs to be done. In this case study, the location of the building to be retrofitted was in Palu city due to the changes in the new codes, Palu City had a significant increase in earthquake load. Fully ductile six story steel building with 3 soft story variations was observed. Retrofitting is carried out using a buckling-restrained brace that has the same tensile and compressive strength. Bracing configuration is multistory/ two story - x. Retrofitting model is done with 2 variations, firstly: external retrofitting with frame-bracing placement in the building corners and secondly: external frame bracing placing in the middle of external side of the building by adding frame bracing 1 meter distance from the existing structure. Both retrofitting variations will be analyzed elastically and inelastically. Inelastic analysis was carried out by a time history analysis using three earthquake ground accelerations, namely El Centro 1940, Denpasar 1979, and Flores 1992. The result of elastic analysis after retrofitting, showed that both models with each variation show good results because they meet the new codes requirements. The inelastic time history analysis results showed that in the external retrofitting models with frame bracing on the corners of the building and frame bracing in the middle side of the external building have plastic hinges on the bracing. From time history analysis with three earthquake ground accelerations, the structural performance level is Life Safety (LS). The overstrength factor from the analysis is 3.20, greater than 2.5 required in SNI 1726: 2012,. The value of the deflection amplification factor obtained is 4.54, which is close to the requirements value of 5.0 in SNI 1726: 2012,.

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

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul studi dan analisis perilaku inelastik Gedung baja 6 lantai dengan variasi *soft story* di-*retrofit* dengan *buckling restrained braced two story – X*.

Dalam menyusun laporan skripsi ini, penulis tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan doa dari orang – orang terdekat yang terkasih. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Indra Kurniawan dan Tini Supriyantini, serta kakak, Albertus Julianto Kurniawan yang selalu menjadi yang pertama dalam memberikan dukungan, doa, dan cinta pada penulis;
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kesabaran, dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
3. Wivia Octarena, S.T., M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu pengetahuan, masukan saran, dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
4. Dr. Paulus Karta Wijaya, selaku ketua bidang teknik struktur yang telah memberikan restu serta izin dalam setiap kegiatan yang menunjang skripsi ini;
5. Dosen-dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, serta staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan dukungan;
6. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Raissa Azalia, Shahira Khairunisa, Ferdinand Marcelino, Fawwas Sapta, Chandra Adi, Martinus Sunandar, dan Joanne Mavis, yang telah menjadi teman diskusi dan bertukar pikiran bersama – sama dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Teman – teman karib yaitu Ardianto Hartono, Marcellino Arifin, Louis, Regina Priscilla, Adelbert Agung, Jason Yusmario, Yohannes Alberct Montol, yang telah memberikan dukungan, semangat, serta doa kepada penulis selama ini;

8. Seluruh teman-teman angkatan 2015 teknik sipil Universitas Katolik Parahyangan, yang telah memberikan dukungan dan kebersamaannya selama ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu, memberi dukungan dan semangat selama penulisan 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, 25 Juni 2019



Alvin Kurniawan

2015410035



DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-4
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-4
1.5 Metode Penelitian.....	1-8
1.6 Diagram Alir Penelitian	1-9
1.7 Sistematika Penulisan	1-10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 SNI 1726-1989 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung.....	2-1
2.1.1 Prinsip – Prinsip Perencanaan Struktur Daktail Tahan Gempa dan Pendetailannya.....	2-1
2.1.2 Pemencaran Energi	2-1
2.1.3 Pengaruh Gempa Horizontal	2-2
2.1.4 Analisis Beban Statik Ekuivalen	2-2
2.1.5 Waktu Getar Alami Struktur Gedung	2-6
2.1.6 Pembagian Beban Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung	2-7
2.1.7 Moment Puntir Tingkat.....	2-8
2.1.8 Pusat Kekakuan dan Pusat Massa.....	2-8
2.1.9 Eksentrisitas Rencana	2-9
2.1.10 Analisis Ragam Spektrum Respons.....	2-9

2.1.11	Faktor Skala.....	2-10
2.1.12	Simpangan Antar Tingkat	2-10
2.2	Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI) 1987	2-11
2.2.1	Beban Mati	2-11
2.2.2	Beban Hidup.....	2-11
2.2.3	Beban Gempa	2-11
2.3	Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984.....	2-11
2.3.1	Sifat-sifat Bahan	2-11
2.3.2	Tegangan-tegangan Baja	2-12
2.3.3	Stabilitas batang-batang tekan	2-13
2.3.4	Ukuran minimum profil	2-13
2.3.5	Syarat Lendutan	2-13
2.4	SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung	2-14
2.4.1	Gempa Rencana	2-14
2.4.2	Faktor Keutamaan dan Kategori Struktur	2-14
2.4.3	Kombinasi Beban Terfaktor	2-15
2.4.4	Klasifikasi Situs	2-15
2.4.5	Wilayah Gempa dan Spektrum Respons.....	2-16
2.4.6	Pemilihan Sistem Struktur.....	2-19
2.4.7	Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	2-20
2.4.8	Redundansi	2-23
2.4.9	Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa.....	2-24
2.4.10	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-26
2.4.11	Penentuan Simpangan Antar Lantai	2-29
2.4.12	Analisis Spektrum Respons Ragam.....	2-30
2.4.13	Simpangan Antar Lantai Tingkat dan Deformasi.....	2-32

2.5	SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Bangunan Lain.....	2-33
2.5.1	Kombinasi Beban Terfaktor Yang Digunakan dalam Metode Desain Kekuatan.....	2-33
2.5.2	Beban Mati	2-33
2.5.3	Beban Hidup.....	2-33
2.6	SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural	2-34
2.6.1	Dasar Desain.....	2-34
2.6.2	Properti Komponen Struktur	2-35
2.6.3	Persyaratan Stabilitas Umum	2-40
2.6.4	Persyaratan Analisis Umum	2-40
2.7	SNI 7860-2015 Ketentuan Seismic untuk Struktur Bangunan Gedung Baja .2-41	
2.7.1	Persyaratan Komponen Struktur.....	2-41
2.7.2	Rangka Terbreis Penahan Tekuk.....	2-41
2.8	<i>Retrofitting</i>	2-43
2.9	Bresing Tahan Tekuk.....	2-44
2.10	Analisis Riwayat Waktu	2-45
2.11	Tingkat Kinerja Struktur	2-46
2.12	Redaman Rayleigh.....	2-47
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN GEDUNG		3-1
3.1	Data Bangunan Gedung	3-1
3.1.1	Material	3-2
3.1.2	Data Struktur	3-2
3.1.3	Kombinasi Pembebanan.....	3-5
3.1.4	Desain dan Analisis Bangunan Gedung Baja.....	3-6
3.2	Hasil Desain Bangunan Gedung Berdasarkan Peraturan Lama.....	3-7
3.2.1	Dimensi Model	3-7
3.3	<i>Retrofitting</i> Bangunan Menggunakan <i>Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)</i> pada Struktur Eksisting	3-11
3.3.1	<i>Retrofitting</i> dengan Lokasi pada Sudut Sisi Terluar Bangunan	3-11

3.3.2	<i>Retrofitting</i> dengan Lokasi pada Tengah Sisi Terluar Bangunan.....	3-17
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1	Analisis Modal Bangunan Gedung Berdasarkan Peraturan Lama	4-1
4.1.1	Model 1	4-1
4.1.2	Model 2	4-4
4.2	Evaluasi Analisis Model Bangunan Gedung Baja Berdasarkan Peraturan Lama Terhadap Peraturan Baru.....	4-8
4.2.1	Model 1	4-8
4.2.2	Model 2	4-14
4.3	Analisis Bangunan Gedung Lama yang Di- <i>Retrofit</i> dengan BRBF	4-20
4.3.1	Lokasi <i>Retrofitting</i> pada Sudut Sisi Terluar Bangunan Model 1 A...4-20	
4.3.2	Lokasi <i>Retrofitting</i> pada Sudut Sisi Terluar Bangunan Model 2 A...4-22	
4.3.3	Lokasi <i>Retrofitting</i> pada Tengah Sisi Terluar Bangunan Model 1 B 4-23	
4.3.4	Lokasi <i>Retrofitting</i> pada Tengah Sisi Terluar Bangunan Model 2 B 4-25	
4.4	Analisis Riwayat Waktu	4-26
4.4.1	Analisis Riwayat Waktu untuk Bangunan BRBF Model 1 dengan <i>Retrofitting</i> Eksternal pada Struktur Eksisting	4-28
4.4.2	Analisis Riwayat Waktu untuk Bangunan BRBF Model 2 dengan <i>Retrofitting</i> Eksternal pada Struktur Eksisting	4-54
4.5	Tingkat Kinerja Struktur	4-80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xix
LAMPIRAN		xxi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ASCE = *American Society of Civil Engineers*

Ay = Luas penampang daerah kelelahan *Buckling-Restrained Brace*

Cd = Faktor pembesaran defleksi

Ct = Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur

CP = *Collapse Prevention*

FEMA = *Federal Emergency Management Agency*

Fa = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

Fv = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik

fc' = Kuat tekan beton

fy = Kuat leleh tulangan

hsx = Tinggi tingkat di bawah tingkat x

h = Tinggi komponen struktur

Ie = Faktor keutamaan gempa

IO = *Immediate Occupancy*

IWF = *Wide Flange*

LS = *Life Safety*

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

S₁ = Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik

S_S = Percepatan batuan dasar pada periode pendek

S_u = Kuat geser niralir rata-rata

tf = Tebal sayap

tw = Tebal web

- T = Periode fundamental struktur
 T_a = Periode fundamental pendekatan
 γ_c = Berat isi beton
 γ_s = Berat isi baja
 Ω_0 = Faktor kuat lebih sistem

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Dasar Gempa (Sumber: SKBI 1.3.53.1987)	2-4
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Bangunan (I) (Sumber: SKBI 1.3.53.1987)	2-5
Tabel 2.3 Faktor Jenis Struktur (K) (Sumber: SKBI 1.3.53.1987).....	2-6
Tabel 2.4 Harga tegangan dasar (Sumber: PPBBI 1984).....	2-12
Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (SNI 1726-2012).....	2-14
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726-2012).....	2-14
Tabel 2.7 Klasifikasi Situs (SNI 1726-2012)	2-15
Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a (SNI 1726-2012)	2-17
Tabel 2.9 Koefisien Situs F_v (SNI 1726-2012).....	2-17
Tabel 2.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek (SNI 1726-2012).....	2-19
Tabel 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik (SNI 1726-2012).....	2-19
Tabel 2.12 Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726-2012)	2-20
Tabel 2.13 Persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen gaya geser dasar (SNI 1726-2012)	2-24
Tabel 2.14 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung (SNI 1726-2012)	2-27
Tabel 2.15 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x (SNI 1726-2012).....	2-27
Tabel 2.16 Simpangan antar lantai ijin, Δ_a (SNI 1726-2012).....	2-32
Tabel 2.17 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum untuk Perkantoran (Tabel 4-1 SNI 1727-2013)	2-34
Tabel 2.18 Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur yang Menahan Tekan Aksial (Sumber: AISC 360-10)	2-35
Tabel 2.19 Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur Menahan Lentur (Sumber: AISC 360-10)	2-37
Tabel 2.20 Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan Komponen Struktur Cukup Daktail dan Sangat Daktail (Sumber: AISC 341-10)	2-38
Tabel 2.21 Tingkat Kinerja Struktur (FEMA 356).....	2-47

Tabel 3.1 Dimensi Model Bangunan Gedung Baja (Peraturan Lama)	3-7
Tabel 3.2 Dimensi Breising yang Digunakan	3-11
Tabel 4.1 Simpangan Antar Lantai pada Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama.....	4-1
Tabel 4.2 Pengecekan Drift.....	4-2
Tabel 4.3 Rasio D/C Tegangan Elemen Kolom	4-3
Tabel 4.4 Rasio D/C Tegangan Elemen Balok.....	4-3
Tabel 4.5 Simpangan Antar Lantai pada Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan Lama.....	4-4
Tabel 4.6 Pengecekan Drift.....	4-5
Tabel 4.7 Rasio D/C Tegangan Elemen Kolom	4-6
Tabel 4.8 Rasio D/C Tegangan Elemen Balok.....	4-7
Tabel 4.9 Peralihan Elastik Gedung Lama Model 1 yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-8
Tabel 4.10 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung Lama yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-9
Tabel 4.11 Rasio D/C Kolom	4-10
Tabel 4.12 Rasio D/C Balok.....	4-11
Tabel 4.13 Ketidakberaturan Horizontal tipe 1A dan 1B	4-12
Tabel 4.14 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 A dan 1 B	4-13
Tabel 4.15 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B.....	4-13
Tabel 4.16 Peralihan Elastik Gedung Lama Model 2 yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-14
Tabel 4.17 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung Lama yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-15
Tabel 4.18 Rasio D/C Kolom	4-16
Tabel 4.19 Rasio D/C Balok.....	4-17
Tabel 4.20 Ketidakberaturan Horizontal tipe 1A dan 1B	4-18
Tabel 4.21 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1A dan 1B.....	4-19
Tabel 4.22 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5A dan 5B.....	4-20
Tabel 4.23 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y pada Model 1 <i>Retrofit</i> Sudut	4-20

Tabel 4.24 Rasio Demand / Capacity Breising	4-21
Tabel 4.25 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y pada Model 2 <i>Retrofit</i> Sudut	4-22
Tabel 4.26 Rasio Demand / Capacity Breising	4-23
Tabel 4.27 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y pada Model 1 <i>Retrofit</i> Tengah.....	4-23
Tabel 4.28 Rasio Demand / Capacity Breising	4-24
Tabel 4.29 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y pada Model 2 <i>Retrofit</i> Tengah.....	4-25
Tabel 4.30 Rasio Demand / Capacity Breising	4-26
Tabel 4.31 Peralihan Lantai Maksimum Model 1 A	4-28
Tabel 4.32 Faktor Kuat Lebih Model 1 A.....	4-40
Tabel 4.33 Story Drift Model 1 A	4-40
Tabel 4.34 Faktor Perbesaran Defleksi Model 1 A	4-41
Tabel 4.35 Peralihan Lantai Maksimum Model 1 B.....	4-41
Tabel 4.36 Faktor Kuat Lebih Model 1 B.....	4-53
Tabel 4.37 Story Drift Model 1 B.....	4-53
Tabel 4.38 Faktor Perbesaran Defleksi Model 1 B	4-54
Tabel 4.39 Peralihan Lantai Maksimum Model 2 A	4-54
Tabel 4.40 Faktor Kuat Lebih Model 2 A.....	4-66
Tabel 4.41 Story Drift Model 2 A	4-66
Tabel 4.42 Faktor Perbesaran Defleksi Model 2 A	4-67
Tabel 4.43 Peralihan Lantai Maksimum Model 2 B.....	4-67
Tabel 4.44 Faktor Kuat Lebih Model 2 B.....	4-79
Tabel 4.45 <i>Story Drift</i> Model 2 B.....	4-79
Tabel 4.46 Faktor Perbesaran Defleksi Model 2 B	4-80
Tabel 4.47 Tingkat Kinerja Struktur.....	4-80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Macam-macam breising konsentris	1-2
Gambar 1.2 Macam-macam BRBF	1-3
Gambar 1.3 Denah Lantai Gedung	1-4
Gambar 1.4 Penampang Melintang Model 1 dengan <i>Soft Story</i> pada lantai dasar. 1-5	
Gambar 1.5 Penampang Melintang Model 2 <i>Soft Story</i> pada story 3.....	1-5
Gambar 1.6 Pemodelan 3D Gedung	1-6
Gambar 1.7 Pemodelan 3D untuk lokasi breising pada sudut-sudut di sisi terluar bangunan	1-6
Gambar 1.8 Pemodelan 3D untuk lokasi breising pada tengah-tengah di sisi terluar bangunan	1-7
Gambar 2.1 Pembagian wilayah gempa untuk Indonesia (Sumber: SKBI 1.3.53.1987).....	2-3
Gambar 2.2 Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa (Sumber: SKBI 1.3.53.1987).....	2-3
Gambar 2.3 Diagram tegangan dan regangan yang titik lelehnya tidak jelas (PPBBI 1984)	2-12
Gambar 2.4 Spektrum Respons Desain	2-19
Gambar 2.5 Faktor Pembesaran Torsi, A_x	2-29
Gambar 2.6 Penentuan simpangan antar lantai	2-31
Gambar 2.7 Konfigurasi BRBF (NIST GCR 15-917-34)	2-44
Gambar 2.8 Komponen BRBF (NIST GCR 15-917-34)	2-45
Gambar 2.9 Penentuan Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan Deformasi (FEMA 356)	2-47
Gambar 2.10 Model Redaman Rayleigh (FEMA P-750)	2-48
Gambar 3.1 Respons Spektrum untuk Kota Palu (Peraturan Lama)	3-4
Gambar 3.2 Respons Spektrum untuk Kota Palu (Peraturan Baru)	3-5
Gambar 3.3 Tampak 3D Model 1	3-7
Gambar 3.4 Denah Lantai Model 1	3-8
Gambar 3.5 Denah Elevasi Model 1	3-8
Gambar 3.6 Tampak 3D Model 2	3-9

Gambar 3.7 Denah Lantai Model 2	3-9
Gambar 3.8 Denah Elevasi Model 2	3-10
Gambar 3.9 Gambar 3D Lokasi Penempatan Breising Model 1 pada Sudut Sisi Terluar Bangunan	3-11
Gambar 3.10 Lokasi BRBF pada Elevasi A.....	3-12
Gambar 3.11 Lokasi BRBF pada Elevasi F	3-12
Gambar 3.12 Lokasi BRBF pada Elevasi 1.....	3-13
Gambar 3.13 Lokasi BRBF pada Elevasi 6.....	3-13
Gambar 3.14 Gambar 3D Lokasi Penempatan Breising Model 2 pada Sudut Sisi Terluar Bangunan	3-14
Gambar 3.15 Lokasi BRBF pada Elevasi A.....	3-15
Gambar 3.16 Lokasi BRBF pada Elevasi F	3-15
Gambar 3.17 Lokasi BRBF pada Elevasi 1.....	3-16
Gambar 3.18 Lokasi BRBF pada Elevasi 6.....	3-16
Gambar 3.19 Gambar 3D Lokasi Penempatan Breising Model 1 pada Tengah Sisi Terluar Bangunan	3-17
Gambar 3.20 Lokasi BRBF pada Elevasi A.....	3-18
Gambar 3.21 Lokasi BRBF pada Elevasi F	3-18
Gambar 3.22 Lokasi BRBF pada Elevasi 1.....	3-19
Gambar 3.23 Lokasi BRBF pada Elevasi 6.....	3-19
Gambar 3.24 Gambar 3D Lokasi Penempatan Breising Model 2 pada Tengah Sisi Terluar Bangunan	3-20
Gambar 3.25 Lokasi BRBF pada Elevasi A.....	3-21
Gambar 3.26 Lokasi BRBF pada Elevasi F	3-21
Gambar 3.27 Lokasi BRBF pada Elevasi 1.....	3-22
Gambar 3.28 Lokasi BRBF pada Elevasi 6.....	3-22
Gambar 4.1 Grafik Simpangan Antar Lantai	4-1
Gambar 4.2 Grafik Pengecekan Drift	4-2
Gambar 4.3 Rasio D/C pada Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan lama	4-2
Gambar 4.4 Grafik Simpangan Antar Lantai	4-5
Gambar 4.5 Grafik <i>Story Drift</i>	4-5

Gambar 4.6 Rasio D/C pada Gedung yang Didesain Berdasarkan Peraturan lama	4-6
Gambar 4.7 Peralihan Elastik Gedung Lama Model 1 yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-8
Gambar 4.8 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung Lama yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-9
Gambar 4.9 Rasio D/C Tampak 3D.....	4-10
Gambar 4.10 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Gedung Lama yang Dievaluasi Terhadap Peraturan Baru	4-15
Gambar 4.11 Rasio D/C Tampak 3D.....	4-16
Gambar 4.12 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Model 1 <i>Retrofit</i> Sudut	4-21
Gambar 4.13 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Model 2 <i>Retrofit</i> Sudut	4-22
Gambar 4.14 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Model 1 <i>Retrofit</i> Tengah.....	4-24
Gambar 4.15 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Y pada Model 2 <i>Retrofit</i> Tengah.....	4-25
Gambar 4.16 Percepatan Gempa El Centro	4-27
Gambar 4.17 Percepatan Gempa Denpasar 1979	4-27
Gambar 4.18 Percepatan Gempa Flores.....	4-27
Gambar 4.19 Peralihan Lantai Maksimum arah X Model 1 A	4-29
Gambar 4.20 Peralihan Lantai Maksimum arah Y Model 1 A	4-29
Gambar 4.21 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-30
Gambar 4.22 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-30
Gambar 4.23 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-31
Gambar 4.24 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-31

Gambar 4.25 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-32
Gambar 4.26 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-32
Gambar 4.27 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-33
Gambar 4.28 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-34
Gambar 4.29 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-34
Gambar 4.30 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-35
Gambar 4.31 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-35
Gambar 4.32 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-36
Gambar 4.33 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-37
Gambar 4.34 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-37
Gambar 4.35 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-38
Gambar 4.36 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-38
Gambar 4.37 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-39
Gambar 4.38 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-39
Gambar 4.39 Peralihan Lantai Maksimum arah X Model 1 B	4-42
Gambar 4.40 Peralihan Lantai Maksimum arah Y Model 1 B	4-42
Gambar 4.41 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-43

Gambar 4.42 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-43
Gambar 4.43 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-44
Gambar 4.44 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-44
Gambar 4.45 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-45
Gambar 4.46 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-45
Gambar 4.47 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-46
Gambar 4.48 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-47
Gambar 4.49 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-47
Gambar 4.50 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-48
Gambar 4.51 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-48
Gambar 4.52 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-49
Gambar 4.53 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-50
Gambar 4.54 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-50
Gambar 4.55 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-51
Gambar 4.56 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-51
Gambar 4.57 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-52

Gambar 4.58 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-52
Gambar 4.59 Peralihan Lantai Maksimum arah X Model 2 A	4-55
Gambar 4.60 Peralihan Lantai Maksimum arah Y Model 2 A	4-55
Gambar 4.61 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-56
Gambar 4.62 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-56
Gambar 4.63 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-57
Gambar 4.64 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-57
Gambar 4.65 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-58
Gambar 4.66 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-58
Gambar 4.67 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-59
Gambar 4.68 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-60
Gambar 4.69 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-60
Gambar 4.70 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-61
Gambar 4.71 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-61
Gambar 4.72 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-62
Gambar 4.73 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D	4-63
Gambar 4.74 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-63

Gambar 4.75 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-64
Gambar 4.76 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-64
Gambar 4.77 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-65
Gambar 4.78 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-65
Gambar 4.79 Peralihan Lantai Maksimum arah X Model 2 B.....	4-68
Gambar 4.80 Peralihan Lantai Maksimum arah Y Model 2 B.....	4-68
Gambar 4.81 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-69
Gambar 4.82 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-69
Gambar 4.83 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-70
Gambar 4.84 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-70
Gambar 4.85 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-71
Gambar 4.86 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-71
Gambar 4.87 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-72
Gambar 4.88 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-73
Gambar 4.89 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-73
Gambar 4.90 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-74
Gambar 4.91 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-74

Gambar 4.92 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-75
Gambar 4.93 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-76
Gambar 4.94 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 1	4-76
Gambar 4.95 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi 6	4-77
Gambar 4.96 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Tampak 3D.....	4-77
Gambar 4.97 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi A	4-78
Gambar 4.98 Letak Sendi Plastis pada Gedung yang Di- <i>Retrofit</i> Eksternal Elevasi F	4-78

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

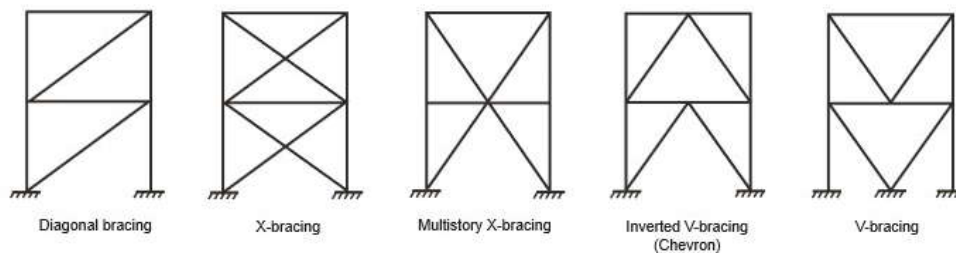
Pada era tahun 2014 – 2019, Indonesia merupakan negara berkembang dengan perkembangan pemerintahannya terfokus pada pembangunan nasional berupa gedung dan infrastruktur. Pembangunan tersebut sebagai prasarana untuk memudahkan setiap aspek kehidupan di Indonesia. Dengan adanya fungsi bangunan gedung yang dibangun untuk mendukung aktivitas dan kepentingan manusia, maka banyak gedung bertingkat yang telah didirikan di Indonesia. Gedung bertingkat ini mempunyai banyak variasi ketinggian dan bentuk struktur yang didasarkan pada fungsi bangunannya. Variasi tersebut menjadi perhatian karena berakibat pada ketidakberaturan vertikal dan horizontal. Salah satu ketidakberaturan vertikal yang dapat ditemui adalah ketidakberaturan vertikal tingkat lunak (*soft story*).

Keadaan *soft story* dapat ditemui umumnya pada bangunan yang memiliki salah satu lantai lebih tinggi daripada lantai tipikal lainnya. Kondisi gedung yang memiliki lantai tersebut sering dijumpai pada lantai dasar gedung maupun tingkat lantai yang lebih tinggi, bergantung pada fungsi gedung itu sendiri. Efek *soft story* ini akan membahayakan jika menerima beban lateral yang besar seperti gaya gempa. Jika gedung tidak didesain dengan baik maka akan menimbulkan kegagalan yang mengakibatkan kegagalan struktur.

Indonesia merupakan wilayah yang rentan mengalami gempa bumi. Resiko yang terjadi akibat gempa bumi harus dihindari, maka diperlukan bangunan yang tahan terhadap gempa. Beberapa dekade terakhir telah banyak dilakukan penelitian untuk mendapatkan sistem struktur dengan respon paling baik terhadap gempa. Pada tahun 1990-an bangunan yang ada di Indonesia umumnya telah dibangun dengan acuan pedoman SNI 1726-1989, seiring dengan berkembangnya pengetahuan tentang kegempaan, peraturan lama telah digantikan dengan peraturan

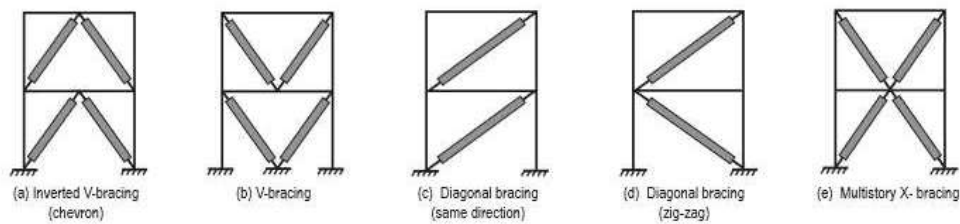
yang baru yaitu SNI 1726-2012. Demikian pula telah terjadi perubahan kekuatan gempa untuk disain, dengan terbitnya peta wilayah gempa tahun 2017.

SNI 1726-2012 tentunya memiliki beberapa perbaharuan dari SNI sebelumnya. Sehingga perlu dilakukannya evaluasi untuk mengetahui bangunan yang telah ada sebelum peraturan tersebut memenuhi SNI 1726-2012 tersebut atau tidak. Bangunan yang telah ada memiliki kemungkinan tidak memenuhi standar baru, sehingga bangunan rentan akan keamanan dan kekakuan struktur dengan peta gempa terbaru saat ini (2017). Pengkajian ulang terkait dengan bangunan yang tidak memenuhi standar diperlukan, dan dilakukan perkuatan (*retrofitting*) sebagai suatu solusi untuk memperkuat dan memperkaku struktur yang telah ada. Salah satu cara perkuatan adalah dengan menggunakan breising, seperti gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Macam-macam breising konsentris

Pada umumnya, struktur yang digunakan sebagai penahan gaya lateral adalah *Concentric Brace Frame* (CBF). Struktur CBF memiliki kekakuan lateral yang tinggi, namun sebaliknya timbul perilaku tekuk yang menyebabkan kehilangan kekuatan lateral pada struktur, sehingga mengakibatkan perilaku histeristik dari struktur CBF tidak dapat diandalkan lagi. Oleh sebab itu, BRB merupakan solusi yang diandalkan karena merupakan pengaku yang mampu mengakomodasi dan menahan gaya tekan yang dapat menyebabkan tekuk pada struktur. Choi, Hyunhoon & Kim, Jinkoo (2003) [9] telah meneliti respons struktur baja (5 sampai 10 lantai) terhadap energi disipasi akibat gempa, hasilnya menunjukkan bahwa *displacement* maksimum pada struktur baja berkurang seiring dengan dilakukannya perkuatan dengan menggunakan breising pada lokasi tertentu. Tipe lain untuk breising yaitu *Buckling Restrained Brace* (BRB).



Gambar 1.2 Macam-macam BRBF

Buckling Restrained Braced (BRB) Frame merupakan breising baja yang kekuatan menahan tarik dan tekan-nya memiliki kekuatan yang sama, sehingga perilaku tekuk pada breising baja dapat teratasi. Penelitian terhadap perilaku BRB perlu dilakukan sebagai suatu bentuk pengembangan analisis mengenai perilaku BRB yang diaplikasikan pada struktur baja pada bangunan tinggi. Penelitian mencakup perilaku, mekanisme, kinerja, dan parameter-parameter aktualnya terkait dengan adanya pengaruh gempa rencana. Hal-hal tersebut diteliti dengan melakukan perbandingan antara struktur *eksisting*, yaitu struktur rangka baja pemikul momen khusus (SRPMK), dengan struktur hasil *retrofitting*-nya yaitu SRPMK yang di-*Retrofit* dengan BRBS (*Buckling Restrained Braced System*).

1.2 Inti Permasalahan

Peraturan terkait dengan desain struktural, terutama peraturan mengenai gedung baja dan gempa terus menerus mengalami perubahan sehingga pada prakteknya perlu diadakannya evaluasi terhadap bangunan – bangunan yang telah ada. Evaluasi tersebut dapat dilakukan dengan studi dan analisis terhadap adanya perbedaan perilaku struktur antara peraturan yang lama yaitu SNI 1726-1989 dengan peraturan SNI 1726-2012. Oleh sebab itu, perlu dilakukannya studi analisis terkait dengan *retrofitting* untuk mengetahui apakah *retrofitting* dapat memperbaiki dan memperkuat struktur gedung yang ada dengan peraturan – peraturan yang baru yang berlaku sekarang.

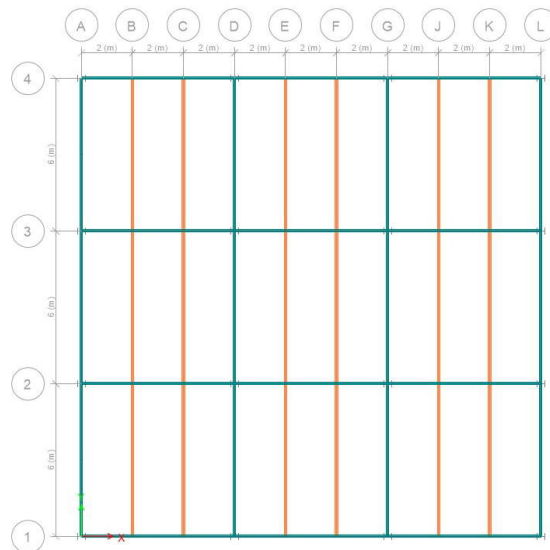
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui kinerja bangunan gedung bertingkat baja yang memiliki ketidakberaturan vertikal, yaitu *soft story* dengan pengaruh *retrofitting* menggunakan *buckling restrained braced frame two story – X* yang berada di sisi terluar struktur utama dengan lokasi penempatan yang berbeda, lalu respons elastis dan inelastis dari hasil *retrofitting* dievaluasi sesuai dengan peraturan yang berlaku saat ini.

1.4 Pembatasan Masalah

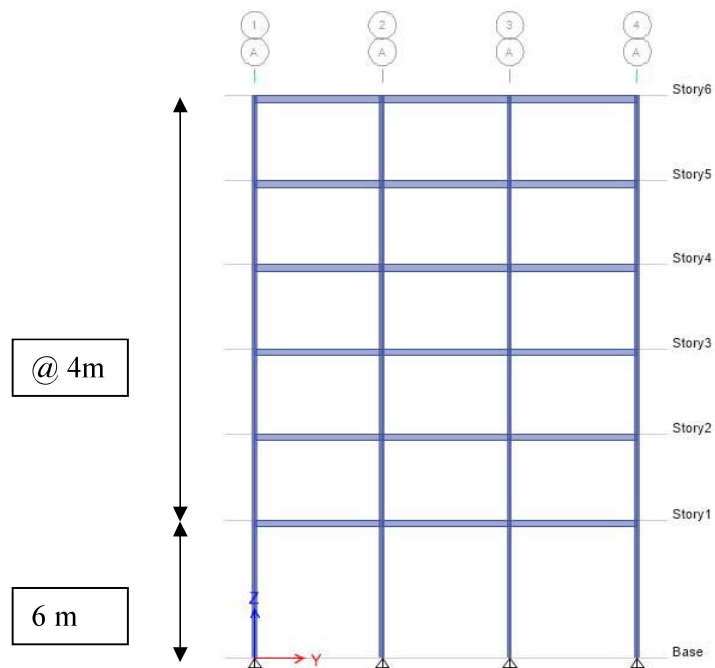
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bangunan terletak di Kota Palu diatas tanah lunak.
2. Fungsi bangunan adalah perkantoran.
3. Pemodelan gedung struktur baja adalah 2 model dengan jarak bentang antar kolom sebesar 6 meter seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1.3**

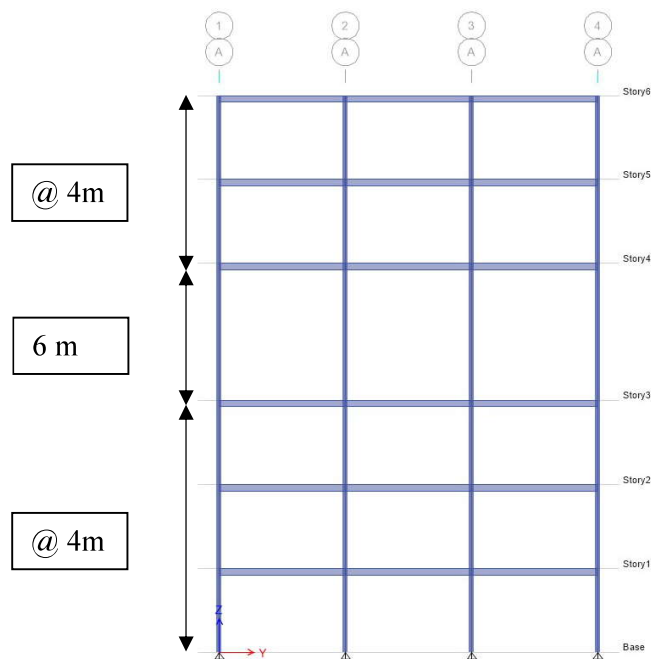


Gambar 1.3 Denah Lantai Gedung

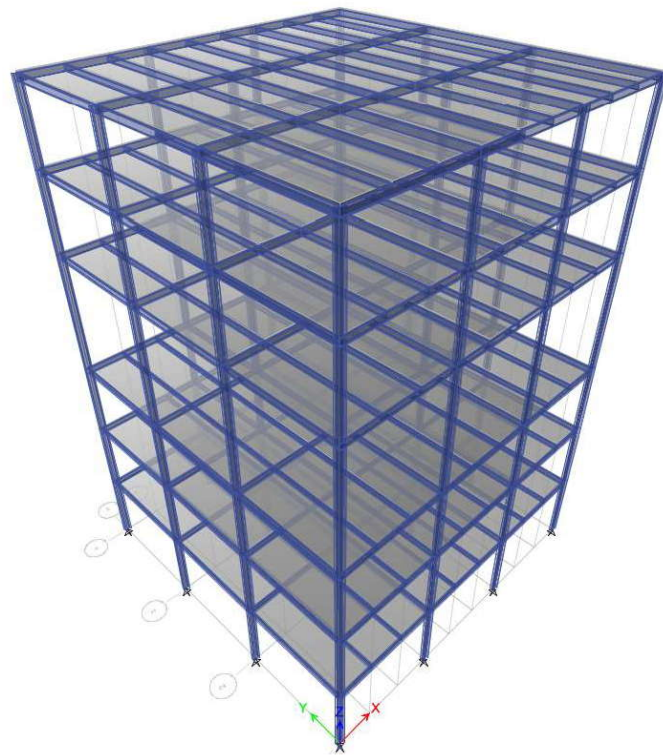
Terdapat 2 model dalam studi analisis gedung baja ini. Tiap model memiliki lantai tipikal dengan tinggi 4 m, serta lantai *soft story* dengan tinggi 6 m. Pada model 1 letak *soft story* adalah di dasar bangunan, pada model ke 2 letak *soft story* berada di lantai 3 bangunan. Berikut adalah potongan melintang model 1 dan model 2 pada **Gambar 1.4**. dan **Gambar 1.5** . serta gambar tampak model 3D pada **Gambar 1.6**.



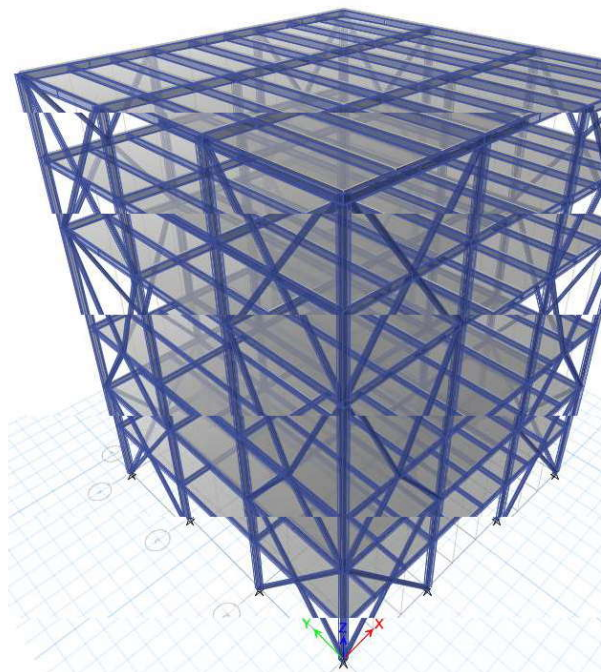
Gambar 1.4 Penampang Melintang Model 1 dengan *Soft Story* pada lantai dasar



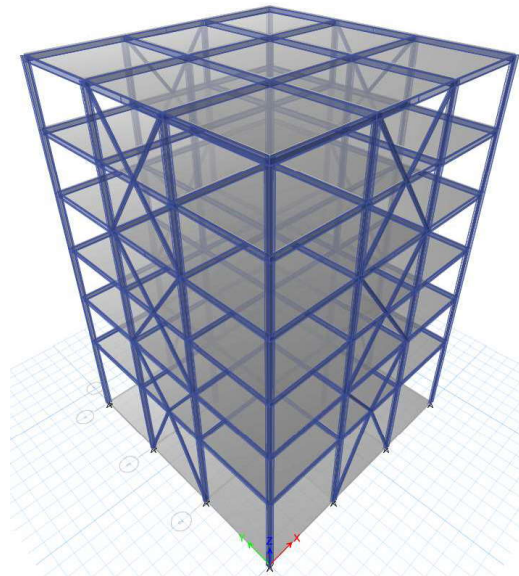
Gambar 1.5 Penampang Melintang Model 2 *Soft Story* pada story 3



Gambar 1.6 Pemodelan 3D Gedung



Gambar 1.7 Pemodelan 3D untuk lokasi breising pada sudut-sudut di sisi terluar bangunan



Gambar 1.8 Pemodelan 3D untuk lokasi breising pada tengah-tengah di sisi terluar bangunan

4. Struktur menggunakan material baja dengan mutu yang digunakan adalah BJ-41 dengan f_y : 250 MPa dan f_u : 410 MPa, menggunakan profil IWF untuk balok, dan kolom, dan Star-BRB untuk breising.
5. Bangunan adalah bangunan lama yang didesain terhadap beban gempa dari peraturan gempa lama.
6. Jenis *retrofitting* yang digunakan adalah *Buckling Restrained Braced Two Story-X* yang diletakan di sisi luar struktur utama. Pemasangan breising model 1 dilakukan 2 bagian, bagian pertama berada di bagian tengah dan bagian kedua berada pada sudut-sudut bangunan. Letak breising model 2 menyesuaikan hasil analisis dari bagian model 1 yang bagiannya memberikan respons struktur paling baik.
7. Rekaman gempa yang digunakan dalam analisis dinamik riwayat waktu adalah :
 - a. Gempa El-Centro N-S tahun 1940
 - b. Gempa Denpasar B-T tahun 1979, dan
 - c. Gempa Flores tahun 1992
8. Perencanaan bangunan gedung baja berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI) 1987, dan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1984.

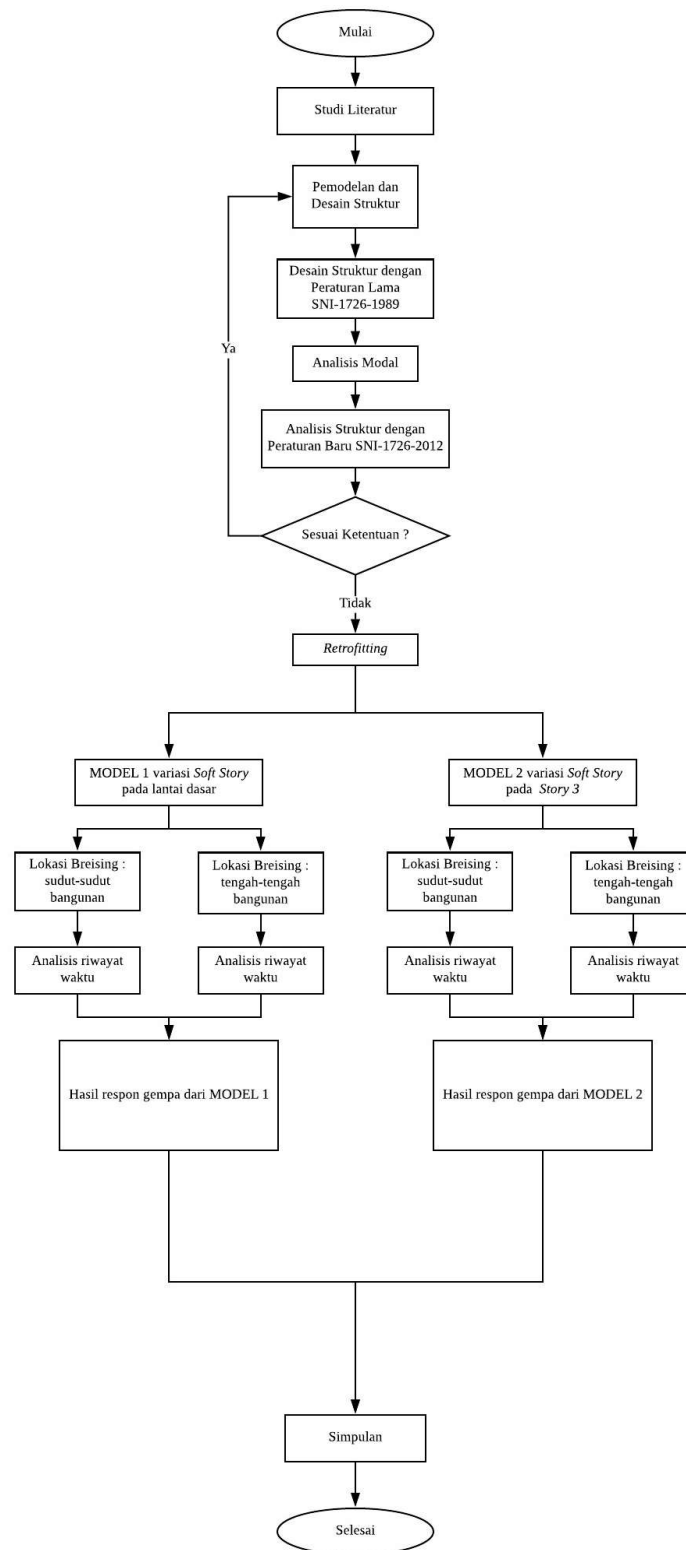
9. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan bantuan program ETABS versi 2016.
10. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain :
 - a. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1984
 - b. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 1727:1989
 - c. Pedoman perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SNI 1726:1989
 - d. Peta Gempa Indonesia 1989
 - e. SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
 - f. SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung.
 - g. SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
 - h. SNI 7860-2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja
 - i. Peta Gempa Indonesia 2017
11. Dalam Studi ini tidak dibahas mengenai sambungan antara struktur baja dan bresing baja, baik yang berhubungan langsung pada kolom eksisting, maupun struktur eksternal.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini dilakukan studi yang diperoleh dari berbagai sumber, yaitu :

1. Studi Literatur
Bahan-bahan yang digunakan berasal dari buku-buku referensi, jurnal serta peraturan mengenai perbaikan struktur, serta peraturan untuk mendesain bangunan terhadap beban gempa.
2. Studi Analisis
Analisis menggunakan bantuan program ETABS 2016. Sedangkan proses perhitungan menggunakan bantuan program Mathcad 15 dan Microsoft Excel.

1.6 Diagram Alir Penelitian



1.7 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan teori – teori yang dijadikan acuan dalam studi dan analisis pada skripsi ini.

BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang perencanaan model struktur yang akan dianalisis dan detail – detail material yang digunakan dalam struktur dengan menggunakan bantuan ETABS 2016, Microsoft Excel, dan Mathcad 15.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang tinjauan retrofitting yang diperlukan sesuai dengan peraturan yang ada, dan akan ditinjau perilaku inelastik berdasarkan analisis riwayat waktu akibat beberapa beban gempa dari struktur dengan bantuan perangkat lunak ETABS 2016.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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