

**SKRIPSI**

**STUDI PERILAKU INELASTIK STRUKTUR  
RANGKA BAJA DENGAN KETIDAKBERATURAN  
HORIZONTAL DAN VERTIKAL DI *RETROFIT*  
DENGAN RANGKA BAJA TERBREIS EKSENTRIS  
TIPE V**



**CHANDRA  
NPM : 2015410183**

**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 Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**



**SKRIPSI**

**STUDI PERILAKU INELASTIK STRUKTUR  
RANGKA BAJA DENGAN KETIDAKBERATURAN  
HORIZONTAL DAN VERTIKAL DI *RETROFIT*  
DENGAN RANGKA BAJA TERBREIS EKSENTRIS  
TIPE V**



**CHANDRA  
NPM : 2015410183**

**BANDUNG, 25 JUNI 2019**

**KO-PEMBIMBING:**

**Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

**PEMBIMBING:**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Chandra

NPM : 2015410183

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perilaku Inelastik Struktur Rangka Baja dengan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal Di-retrofit dengan Rangka Baja Terbreis Eksentris Tipe V* 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



Chandra

NPM: 2015410183









**STUDI PERILAKU INELASTIK STRUKTUR RANGKA BAJA DENGAN  
KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL DAN VERTIKAL *DI-RETROFIT*  
DENGAN RANGKA BAJA TERBREIS EKSENTRIS TIPE V**

**Chandra  
NPM: 2015410183**

**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 Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JUNI 2019**

**ABSTRAK**

Indonesia termasuk daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi. Kerusakan bangunan akibat gempa akibat terjadinya gempa-gempa kuat di Indonesia beberapa tahun terakhir menjadi dasar perubahan peraturan gempa Indonesia. Bangunan yang didesain dengan peraturan lama perlu dievaluasi kembali apakah kuat menahan beban gempa menurut peraturan baru. Evaluasi ini untuk menentukan apakah bangunan tersebut perlu di-*retrofit*. Dalam melakukan *retrofitting* pada bangunan eksisting diperlukan adanya target tingkat kinerja struktur. Analisis elastis dan inelastis diperlukan untuk mengetahui tingkat kinerja struktur. Struktur bangunan pada penelitian ini adalah rangka baja 6 lantai dengan ketidakberaturan horisontal dan vertikal. Bangunan terletak di Kota Palu dan memiliki beban gempa 2,23 kali lebih besar dibandingkan waktu mendisain bangunan lama, sehingga perlu dilakukan *retrofitting*. *Retrofitting* yang dilakukan adalah dengan menambahkan struktur rangka baja terbreis eksternal tanpa melakukan perubahan pada struktur eksisting. Pemasangan struktur rangka baja terbreis dilakukan dengan 2 cara yaitu model 1 rangka breising dipasang pada sudut-sudut bangunan dan model 2 rangka breising dipasang pada tengah-tengah bangunan. Struktur rangka baja terbreis menggunakan breising eksentris tipe V.

Berdasarkan hasil analisis elastis kedua model menunjukkan hasil memenuhi persyaratan desain struktur yang berlaku saat ini. Analisis riwayat waktu dengan menggunakan 3 rekaman percepatan tanah dasar gempa yaitu, El-Centro 1940, Denpasar 1979, dan Flores 1992 yang diskalakan terhadap respon spektrum desain. Hasil analisis inelastik pada kedua model menunjukkan memenuhi simpangan ijin dan sendi plastis terjadi pertama kali pada *link*. Tingkat kinerja struktur dari kedua model berada pada tingkat *Life Safety*. Faktor kuat lebih untuk model 1 sebesar 4,045 ; model 2 sebesar 4,946 nilai ini lebih besar dari SNI 1726 2012. Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) untuk model 1 sebesar 3,586 sedangkan model 2 sebesar 4,820 nilai ini mendekati SNI 1726 2012.

Kata kunci : *retrofitting*, breising eksentris tipe V, analisis riwayat waktu, sendi plastis, *link*, tingkat kinerja struktur



**STUDY ON THE BEHAVIOUR OF INELASTIC STEEL FRAMES  
STRUCTURES WITH HORIZONTAL AND VERTICAL  
IRREGULARITIES RETROFITTED USING ECCENTRICALLY V-  
BRACED STEEL FRAMES**

**Chandra  
NPM: 2015410183**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro  
Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

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

**ABSTRACT**

Indonesia is one of the area with high seismic risk. The experience of damage on the building because of strong earthquakes which is occurred recently, caused significant changes in the earthquake Indonesian Code. Buildings that were designed using old codes is required to be evaluated whether still withstand under the new seismic load. This evaluation is needed in order to know whether the building needs retrofitting. When the building retrofitted the performance level needs to achieve a certain target. Elastic and inelastic analysis are required to know the building structural performance. The building on this study is six-story steel frames located in Palu which have seismic load of 2.23 times the old design load. Therefore, the building needs to be retrofitted. Retrofitting is done by adding external steel braced frames without making any change on the existing building. The installation of the steel braced frames is done by using two models. In the first model, the steel braced frames were installed in the corners of the building. On the second model, the steel braced frames were installed in the middle of the external side of building. The steel braced frames that were used are the eccentrically V-braced frames.

Based on elastic analysis, both models gave results which fitted the new codes. Time history analysis using three earthquake ground acceleration records namely El-Centro 1940, Denpasar 1979, and Flores 1992 scaled to matched the design response spectrum. The inelastic analysis result on both models shows a good result because the deformation fullfiled the new codes and the first hinges occurred on the link. The structural performance level on both models is Life Safety. Over-strength factor for the first model is 4.045, while the over-strength factor for the second model is 4.946. Over-strength factor for both models is greater than the overstrength-factor in SNI 1726-2012. Deflection amplification factor ( $C_d$ ) for model 1 is 3.586 whereas for model 2 is 4.820 which is closed to the value in SNI 1726-2012.

Key words : retrofitting, eccentrically V-braced frames, time history, hinges, link, performance level



# PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Perilaku Inelastik Struktur Rangka Baja dengan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal Di-retrofit dengan Rangka Baja Breising Eksentris Tipe V”. Skripsi ini adalah salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana bidang teknik sipil di Universitas Katolik Parahyangan.

Penyusunan skripsi ini dilalui dengan berbagai hambatan. Hambatan tersebut dapat dilalui dan membuat skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik adalah berkat bantuan, bimbingan, serta dukungan yang diterima oleh penulis dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Andi Suherman dan Eni Nuraeni selaku orangtua penulis serta Cecilia Christanti, Andrian, dan Dennis Aditya Andi selaku adik dari penulis yang telah memberi dukungan berupa doa dan semangat;
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberi ilmu yang dapat membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
3. Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku ko-pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya dan Helmy Hermawan Tjahjanto. Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberi banyak masukan;
5. Seluruh dosen dan staf pengajar KBI Struktur Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberi saran dan kritik untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik;
6. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberi penulis ilmu saat menjalani studi di Universitas Katolik Parahyangan;
7. Sahabat-sahabat CIREG yaitu Ferdinand Marcellino, Pio Kefas, Fawwaz Sapta Adli, Ignatius Alvin Yo, Ega Cia Putra, F.X Eko, Christopher

Amadeus , dan Adelbert Agung yang telah memberi dukungan dan semangat pada penulis;

8. Teman-teman seperjuangan skripsi Alvin K, Martinus, Joane, Raissa, Shahira yang telah menjadi teman diskusi dan bertukar pikiran bersama-sama dalam penyelesaian skripsi ini;
9. Seluruh mahasiswa teknik sipil angkatan 2015 yang tidak bisa penulis sebutkan satu satu yang telah menemani penulis dalam menjalani studi sarjana selama 4 tahun.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu, memberi dukungan dan semangat selama penulisa skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan oleh penulis untuk menjadi yang lebih baik kedepannya.

Penulis berharap agar skripsi ini berguna tidak hanya untuk penulis, namun untuk mahasiswa dan pihak lainnya dalam bidang teknik sipil.

Bandung, 25 Juni 2019

Penulis,



Chandra

2015410183

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1-1</b>
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 Metodologi Penelitian.....	1-8
1.6 Diagram Alir Penelitian .....	1-10
1.7 Sistematika Penulisan .....	1-11
<b>BAB 2 STUDI PUSTAKA .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.....	2-1
2.1.1 Pembebanan .....	2-1
2.1.2 Beban Mati .....	2-1
2.1.3 Beban Hidup .....	2-1
2.2 Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1983 .....	2-2
2.2.1 Sifat – sifat Bahan dan Tegangan – Tegangan Dasar .....	2-2
2.2.2 Stabilitas Batang - batang Tekan.....	2-3
2.2.3 Ukuran Minimum Profil.....	2-4
2.2.4 Syarat Lendutan .....	2-5
2.3 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987.....	2-5
2.3.1 Daktilitas .....	2-5
2.3.2 Analisis Beban Statik Ekuivalen.....	2-6
2.4 SNI 1727-2013 Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Bangunan Lain.....	2-10
2.4.1 Beban Mati .....	2-10

2.4.2	Beban Hidup.....	2-11
2.5	SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.....	2-11
2.5.1	Gempa Rencana.....	2-11
2.5.2	Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	2-11
2.5.3	Kombinasi Beban Terfaktor.....	2-12
2.5.4	Klasifikasi Situs.....	2-13
2.5.5	Parameter Percepatan Gempa.....	2-13
2.5.6	Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCEr).....	2-13
2.5.7	Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-14
2.5.8	Spektrum Respons Desain.....	2-14
2.5.9	Kategori Desain Seismik.....	2-15
2.5.10	Struktur Penahan Beban Gempa.....	2-16
2.5.11	Persyaratan Sistem Ganda.....	2-16
2.5.12	Redudansi.....	2-16
2.5.13	Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa.....	2-17
2.5.14	Gaya Lateral Ekuivalen.....	2-18
2.5.15	Periode Fundamental Struktur.....	2-18
2.5.16	Skala Gempa.....	2-19
2.5.17	Simpangan Antar Lantai.....	2-20
2.5.18	Ketidakteraturan Struktur Bangunan Gedung.....	2-20
2.6	SNI 1729-2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Stuktural.....	2-22
2.6.1	Dasar Desain.....	2-22
2.6.2	Properti Komponen Stuktur.....	2-23
2.6.3	Persyaratan Stabilitas Umum.....	2-24
2.6.4	Persyaratan Analisis Umum.....	2-24
2.6.5	Pertimbangan Ketidakteraturan Awal.....	2-25
2.7	SNI 7860-2015 Tentang Ketentuan Seismik Untuk Struktur Bangunan Gedung Baja.....	2-25
2.7.1	Persyaratan Komponen Struktur.....	2-25
2.7.2	Sistem Rangka Terbreis Eksentris.....	2-25
2.8	<i>Retrofitting</i> .....	2-26
2.8.1	Retrofitting Lokal.....	2-26
2.8.2	Retrofitting Global.....	2-27
2.9	Breising Eksentris.....	2-27



2.9.1	Link .....	2-28
2.10	Level Kinerja Struktur .....	2-29
2.11	Model Histeresis .....	2-32
2.12	Analisis Riwayat Waktu .....	2-33
2.13	Redaman <i>Rayleigh</i> .....	2-34
<b>BAB 3 DESAIN DAN <i>RETROFITTING</i> STRUKTUR.....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Data Bangunan Gedung .....	3-1
3.1.1	Data Material.....	3-1
3.1.2	Data Struktur .....	3-2
3.1.3	Data Pembebanan.....	3-3
3.1.4	Kombinasi Pembebanan.....	3-6
3.2	Hasil Desain Bangunan Lama Berdasarkan Peraturan Lama .....	3-7
3.3	Analisis Bangunan Lama Berdasarkan Peraturan Lama.....	3-11
3.3.1	Peralihan Lantai Maksimum Bangunan Lama.....	3-11
3.3.2	Peralihan Lantai Bangunan Lama .....	3-12
3.3.3	Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Lama .....	3-13
3.3.4	<i>Demand/Capacity Ratio</i> Bangunan Lama.....	3-14
3.4	Evaluasi Hasil Desain Bangunan Lama Terhadap Peraturan Baru.....	3-16
3.4.1	Pengecekan Peralihan Lantai Maksimum .....	3-17
3.4.2	Pengecekan Simpangan Antar Lantai .....	3-18
3.4.3	Pengecekan Kapasitas Balok dan Kolom.....	3-18
3.4.4	Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal.....	3-20
3.4.5	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal.....	3-23
3.5	Model 1 <i>Retrofitting</i> Bangunan .....	3-26
3.5.1	Respons Struktur Model 1 Hasil Analisis Modal.....	3-30
3.6	Model 2 <i>Retrofitting</i> .....	3-34
3.6.1	Respons Struktur Model 2 Hasil Analisis Modal.....	3-38
<b>BAB 4 ANALISIS HASIL <i>RETROFITTING</i> .....</b>		<b>4-1</b>
4.1	Analisis Riwayat Waktu .....	4-1
4.2	Hasil Respons Inelastis Struktur .....	4-1
4.2.1	Peralihan Lantai Maksimum .....	4-2
4.2.2	Rasio Simpangan Antar Lantai .....	4-4
4.2.3	Sendi Plastis .....	4-7
4.2.4	Gaya Geser Dasar.....	4-15
4.2.5	Faktor Pembesaran Defleksi .....	4-16
4.2.6	Tingkat Kinerja Struktur .....	4-17

<b>BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 SIMPULAN.....	5-1
5.2 SARAN .....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang
ASCE	= <i>American Society of Civil Engineers</i>
b	= Lebar penampang
C	= Koefisien dasar gempa
C <sub>d</sub>	= Faktor pembesaran defleksi
C <sub>s</sub>	= Koefisien respons gempa
C <sub>t</sub>	= Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
C <sub>u</sub>	= Koefisien untuk menentukan batas atas periode fundamental
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
DFBK	= Desain factor beban dan ketahanan
E	= Modulus elastisitas
e*	= Eksentrisitas tambahan
ec	= eksentrisitas teoritis
ed	= eksentrisitas rencana
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
F <sub>a</sub>	= Faktor amplifikasi getarna terkait percepatan pada getaran periode pendek
F <sub>i</sub>	= Beban gempa horizontal dalam arah yang ditinjau yang bekerja pada tingkat i (kg)
F <sub>v</sub>	= Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
f <sub>c</sub> '	= Kuat tekan beton
f <sub>y</sub>	= Kuat leleh
G	= Modulus gravitasi
h	= Tinggi penampang
h <sub>sx</sub>	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
I/I <sub>e</sub>	= Faktor keutamaan
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
i	= Jari – jari kelembaman

K	= Faktor jenis struktur
$L_k$	= Panjang tekuk
LS	= <i>Life Safety</i>
ln	= Bentang bersih untuk komponen struktur
$MCE_R$	= <i>Risk Targeted Maximum Considered Earthquake</i>
MPa	= Mega Paskal
m	= meter
mm	= millimeter
N	= Gaya normal
n	= Faktor amplifikasi momen
R	= Fakto modifikasi respons
$S_{D1}$	= Parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik
$S_{DS}$	= Parameter percepatan spectral desian untuk perioda pendek
$S_{M1}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
$S_{MS}$	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
SNI	= Standar Nasional Indonesia
$S_1$	= Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
$S_S$	= Percepatan batuan dasar pada perioda pendek
T	= Periode fundamental struktur
$T_a$	= Periode fundamental pendekatan
$t_b$	= tebal badan (web)
$t_s$	= tebal sayap (flens)
V	= Beban gempa horizontal
W	= Modulus penampang ( <i>Section modulus</i> )
$W_i$	= Bagian dari seluruh beban vertikal yang disumbangkan oleh beban-beban vertikal yang bekerja pada tingkat i (kg) pada peninjauan gempa
WF	= <i>Wide Flange</i>
$W_t$	= berat seismik efektif struktur

$\nu$	= Angka poisson
$\sigma_{ijin}$	= Tegangan ijin
$\tau$	= Tegangan geser
$\omega$	= Koefisien tekuk
$\rho$	= Faktor redudansi
$\Omega_0$	= Faktor kuat lebih
$\Delta$	= Simpangan antar lantai tingkat desain
$\gamma_c$	= Berat isi beton
$\gamma_s$	= Berat isi baja
$\delta$	= Peralihan lantai
$\delta_{xe}$	= Defleksi pada lokasi yang disyaratkan yang ditentukan dalam analisis elastis



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Sistem Rangka Breising Eksentris.....	1-3
<b>Gambar 1.2</b> Sistem Rangka Breising Konsentris .....	1-3
<b>Gambar 1.3</b> Model 3D Bangunan Lama.....	1-5
<b>Gambar 1.4</b> Denah Lantai 1 – 3.....	1-5
<b>Gambar 1.5</b> Denah Lantai 4 – 6.....	1-5
<b>Gambar 1.6</b> Model 3D Model 1 (Breising di sudut-sudut bangunan).....	1-6
<b>Gambar 1.7</b> Denah lantai 1-3 Model 1 (Breising di sudut sudut bangunan) .....	1-6
<b>Gambar 1.8</b> Denah lantai 4-6 Model 1 ( Breising di sudut-sudut bangunan).....	1-6
<b>Gambar 1.9</b> Model 3D Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan) .....	1-7
<b>Gambar 1.10</b> Denah lantai 1-3 Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan) .....	1-7
<b>Gambar 1.11</b> Denah lantai 4-6 Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan) .....	1-7
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Tegangan Regangan.....	2-2
<b>Gambar 2.2</b> Pembagian wilayah gempa untuk Indonesia.....	2-6
<b>Gambar 2.3</b> Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa .....	2-7
<b>Gambar 2.4</b> Spektrum Respons Desain .....	2-15
<b>Gambar 2.5</b> Jenis - jenis Breising Eksentris .....	2-28
<b>Gambar 2.6</b> Level Kinerja Struktur Berdasarkan Deformasi .....	2-31
<b>Gambar 2.7</b> Model Histeresis Elastis .....	2-32
<b>Gambar 2.8</b> Model Histeresis Kinematik .....	2-33
<b>Gambar 2.9</b> Contoh Model Redaman Rayleigh .....	2-35
<b>Gambar 3.1</b> Peta Pembagian Wilayah Gempa Indonesia 1987 .....	3-4
<b>Gambar 3.2</b> Koefisien Gempa Dasar untuk Wilayah 3 .....	3-5
<b>Gambar 3.3</b> Respons Spektrum Kota Palu .....	3-6
<b>Gambar 3.4</b> Balok dan kolom untuk elevasi 1, 2, dan 3.....	3-8
<b>Gambar 3.5</b> Balok dan Kolom untuk elevasi 4, 5, dan 6.....	3-8
<b>Gambar 3.6</b> Balok dan Kolom untuk elevasi 7 dan 8.....	3-8
<b>Gambar 3.7</b> Balok dan Kolom untuk elevasi A, B, G, dan H.....	3-9
<b>Gambar 3.8</b> Balok dan kolom untuk elevasi C dan F.....	3-9
<b>Gambar 3.9</b> Balok dan kolom untuk elevasi D dan E .....	3-9
<b>Gambar 3.10</b> Denah Balok dan Kolom untuk Lantai 1 – 3 (Tipikal).....	3-10
<b>Gambar 3.11</b> Denah Balok dan Kolom untuk Lantai 4 – 6 (Tipikal).....	3-10

<b>Gambar 3.12</b> Model 3D .....	3-11
<b>Gambar 3.13</b> Grafik Peralihan Lantai Maksimum Bangunan Lama .....	3-12
<b>Gambar 3.14</b> Grafik Peralihan Antar Lantai Bangunan Lama.....	3-13
<b>Gambar 3.15</b> Grafik Simpangan Antar Lantai Bangunan Lama.....	3-14
<b>Gambar 3.16</b> Denah balok dan kolom lantai 1-3 .....	3-16
<b>Gambar 3.17</b> Denah balok dan kolom lantai 4-6 .....	3-16
<b>Gambar 3.18</b> Grafik Peralihan Lantai Maksimum Evaluasi Bangunan Lama..	3-17
<b>Gambar 3.19</b> Grafik Simpangan Antar Lantai Evaluasi Bangunan Lama.....	3-18
<b>Gambar 3.20</b> Denah Struktur Lantai 1-3.....	3-22
<b>Gambar 3.21</b> Tampak 3D Model 1 .....	3-27
<b>Gambar 3.22</b> Denah Lantai 1-3 Model 1 .....	3-28
<b>Gambar 3.23</b> Denah Lantai 4-6 Model 1 .....	3-28
<b>Gambar 3.24</b> Tampak Samping elevasi 1 dan 9 Model 1 .....	3-29
<b>Gambar 3.25</b> Tampak samping elevasi 12 Model 1.....	3-29
<b>Gambar 3.26</b> Tampak samping elevasi A dan N Model 1 .....	3-29
<b>Gambar 3.27</b> Tampak samping elevasi D dan K Model 1 .....	3-30
<b>Gambar 3.28</b> Grafik Peralihan Lantai Maksimum Model 1 .....	3-31
<b>Gambar 3.29</b> Grafik Simpangan Antar Lantai Model 1 .....	3-32
<b>Gambar 3.30</b> Demand/Capacity Ratio Breising Model 1 .....	3-34
<b>Gambar 3.31</b> Tampak 3D Model 2 .....	3-35
<b>Gambar 3.32</b> Denah Lantai 1-3 Model 2 .....	3-36
<b>Gambar 3.33</b> Denah Lantai 4-6 Model 2 .....	3-36
<b>Gambar 3.34</b> Tampak samping elevasi 1 dan 9 Model 2.....	3-37
<b>Gambar 3.35</b> Tampak samping elevasi 5 dan 12 Model 2.....	3-37
<b>Gambar 3.36</b> Tampak samping elevasi A, F, I, dan N Model 2 .....	3-37
<b>Gambar 3.37</b> Grafik Peralihan Lantai Maksimum Model 2 .....	3-38
<b>Gambar 3.38</b> Grafik Simpangan Antar Lantai Model 2 .....	3-39
<b>Gambar 3.39</b> Demand/Capacity Ratio Breising Model 2 .....	3-41
<b>Gambar 4.1</b> Peralihan Lantai Maksimum Arah X Model 1 .....	4-3
<b>Gambar 4.2</b> Peralihan Lantai Maksimum Arah Y Model 1 .....	4-3
<b>Gambar 4.3</b> Peralihan Lantai Maksimum Arah X Model 2.....	4-3
<b>Gambar 4.4</b> Peralihan Lantai Maksimum Arah Y Model 2.....	4-4



<b>Gambar 4.5</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X Model 1.....	4-5
<b>Gambar 4.6</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y Model 1.....	4-5
<b>Gambar 4.7</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X Model 2.....	4-6
<b>Gambar 4.8</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y Model 2.....	4-6
<b>Gambar 4.9</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 1 akibat gempa Denpasar saat detik ke 6,8 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-7
<b>Gambar 4.10</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 1 akibat gempa Denpasar saat detik ke 30.....	4-8
<b>Gambar 4.11</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 akibat gempa Denpasar saat detik ke 6,9 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-8
<b>Gambar 4.12</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 akibat gempa Denpasar saat detik ke 30.....	4-8
<b>Gambar 4.13</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 1 akibat gempa El-Centro saat detik ke 2 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-9
<b>Gambar 4.14</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 1 akibat gempa El-Centro saat detik ke 14.....	4-9
<b>Gambar 4.15</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 Akibat Gempa El-Centro saat detik ke 2,2 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-9
<b>Gambar 4.16</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 akibat gempa El-Centro saat detik ke 14.....	4-10
<b>Gambar 4.17</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 1 akibat gempa Flores saat detik ke 17,8 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-10
<b>Gambar 4.18</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 akibat gempa Flores saat detik ke 17,8 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-11
<b>Gambar 4.19</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 1 akibat gempa Flores saat detik ke 40.....	4-11
<b>Gambar 4.20</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa Denpasar saat detik ke 6,8 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-11
<b>Gambar 4.21</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa Denpasar saat detik ke 30.....	4-12
<b>Gambar 4.22</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa Denpasar saat detik ke 6,4 (Awal terjadi sendi plastis).....	4-12

<b>Gambar 4.23</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa Denpasar saat detik ke 30 .....	4-12
<b>Gambar 4.24</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa El-Centro saat detik ke 2 (Awal terjadi sendi plastis) .....	4-13
<b>Gambar 4.25</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa El-Centro saat detik ke 14 .....	4-13
<b>Gambar 4.26</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa El-Centro saat detik ke 1,9 (Awal terjadi sendi plastis) .....	4-13
<b>Gambar 4.27</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa El-Centro saat detik ke 14 .....	4-14
<b>Gambar 4.28</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa Flores saat detik ke 9,3 (Awal terjadi sendi plastis) .....	4-14
<b>Gambar 4.29</b> Letak Sendi Plastis Arah-X Model 2 akibat gempa Flores saat detik ke 40 .....	4-14
<b>Gambar 4.30</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa Flores saat detik ke 9 (Awal terjadi sendi plastis) .....	4-15
<b>Gambar 4.31</b> Letak Sendi Plastis Arah-Y Model 2 akibat gempa Flores saat detik ke 40 .....	4-15

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tegangan Leleh dan Tegangan Dasar .....	2-3
<b>Tabel 2.2</b> Faktor Keutamaan Bangunan ( I ) .....	2-7
<b>Tabel 2.3</b> Faktor Jenis Struktur ( K ) .....	2-8
<b>Tabel 2.4</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa .....	2-12
<b>Tabel 2.5</b> Faktor Keutamaan Gempa .....	2-12
<b>Tabel 2.6</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek .....	2-15
<b>Tabel 2.7</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik .....	2-15
<b>Tabel 2.8</b> Faktor R, Cd, dan $\Omega_0$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	2-16
<b>Tabel 2.9</b> Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	2-19
<b>Tabel 2.10</b> Nilai Parameter Perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	2-19
<b>Tabel 2.11</b> Simpangan Antar Lantai Ijin .....	2-20
<b>Tabel 2.12</b> Ketentuan Tingkat Kinerja Struktur .....	2-31
<b>Tabel 3.1</b> Beban Mati Tambahan .....	3-4
<b>Tabel 3.2</b> Beban Mati Tambahan .....	3-5
<b>Tabel 3.3</b> Hasil Desain Kolom Bangunan Lama .....	3-7
<b>Tabel 3.4</b> Hasil Desain Balok Bangunan Lama .....	3-7
<b>Tabel 3.5</b> Peralihan Lantai Maksimum Bangunan Lama .....	3-11
<b>Tabel 3.6</b> Peralihan Lantai Bangunan Lama .....	3-12
<b>Tabel 3.7</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Lama .....	3-13
<b>Tabel 3.8</b> D/C Ratio untuk Balok Bangunan Lama .....	3-14
<b>Tabel 3.9</b> D/C Ratio untuk Kolom Bangunan Lama .....	3-15
<b>Tabel 3.10</b> Peralihan Lantai Maksimum Evaluasi Bangunan Lama .....	3-17
<b>Tabel 3.11</b> Simpangan Antar Lantai Evaluasi Bangunan Lama .....	3-18
<b>Tabel 3.12</b> D/C Ratio untuk Balok Evaluasi Bangunan Lama .....	3-19
<b>Tabel 3.13</b> D/C Ratio untuk Kolom Evaluasi Bangunan Lama .....	3-19
<b>Tabel 3.14</b> Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b .....	3-21
<b>Tabel 3.15</b> Ketidakberaturan Horizontal Tipe 2 .....	3-22

<b>Tabel 3.16</b> Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a .....	3-23
<b>Tabel 3.17</b> Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b .....	3-24
<b>Tabel 3.18</b> Ketidakberaturan Vertikal Berat Massa.....	3-24
<b>Tabel 3.19</b> Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3 .....	3-25
<b>Tabel 3.20</b> Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a .....	3-25
<b>Tabel 3.21</b> Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b .....	3-26
<b>Tabel 3.22</b> Dimensi Profil Portal Breising Model 1 .....	3-27
<b>Tabel 3.23</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 1 .....	3-30
<b>Tabel 3.24</b> Simpangan Antar Lantai Model 1 .....	3-31
<b>Tabel 3.25</b> Demand/Capacity Ratio untuk Balok Eksisting Model 1 .....	3-32
<b>Tabel 3.26</b> Demand/Capacity Ratio untuk Kolom Eksisting Model 1 .....	3-33
<b>Table 3.27</b> Dimensi Profil Portal Breising Model 2 .....	3-35
<b>Tabel 3.28</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 2 .....	3-38
<b>Tabel 3.29</b> Simpangan Antar Lantai Model 2.....	3-39
<b>Tabel 3.30</b> Demand/Capacity Ratio untuk Balok Model 2.....	3-39
<b>Tabel 3.31</b> Demand/Capacity Ratio untuk Kolom Model 2 .....	3-40
<b>Tabel 4.1</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 1 .....	4-2
<b>Tabel 4.2</b> Peralihan Lantai Maksimum Model 2 .....	4-2
<b>Tabel 4.3</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Model 1 .....	4-4
<b>Tabel 4.4</b> Rasio Simpangan Antar Lantai Model 2 .....	4-4
<b>Tabel 4.5</b> Lokasi Awal Muncul Sendi Plastis pada Link.....	4-7
<b>Tabel 4.6</b> Gaya Geser Dasar dan Faktor Kuat Lebih.....	4-16
<b>Tabel 4.7</b> Faktor Perbesaran Defleksi Model 1 .....	4-16
<b>Tabel 4.8</b> Faktor Perbesaran Defleksi Model 2 .....	4-17
<b>Tabel 4.9</b> Tingkat Kinerja Struktur Model 1 .....	4-17
<b>Tabel 4.10</b> Tingkat Kinerja Stuktur Model 2.....	4-18

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1 FAKTOR SKALA</b> .....	L1-1
<b>LAMPIRAN 2 PROFIL BAJA</b> .....	L2-1
<b>LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN BALOK DAN KOLOM (PPBBI 1984)</b> L3-1	
<b>LAMPIRAN 4 PANJANG LINK</b> .....	L4-1
<b>LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN RANGKA BREISING</b> .....	L5-1
<b>LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN BALOK &amp; KOLOM BANGUNAN EVALUASI</b> .....	L6-1
<b>LAMPIRAN 7 KURVA HISTERESIS</b> .....	L7-1
<b>LAMPIRAN 8 PERBEDAAN PPKGURG 1987 dan SNI 1726-2012</b> .....	L8-1



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini jumlah penduduk semakin bertambah banyak. Akibat pertumbuhan jumlah manusia yang pesat, kebutuhan lahan akan semakin meningkat. Keterbatasan lahan yang ada tidak dapat mengimbangi pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat. Hal ini menjadi masalah di kota – kota besar di Indonesia, yang disebabkan oleh penyebaran penduduk yang tidak merata. Bangunan bertingkat merupakan salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini, yaitu dengan mengoptimalkan lahan yang kecil sehingga dapat meningkatkan daya tampung yang banyak.

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik sehingga menjadikan Indonesia daerah yang rawan gempa. Lempeng – lempeng tersebut dapat bergeser kapan saja yang dapat menyebabkan gempa bumi. Gempa bumi adalah salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam mendesain bangunan bertingkat. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan yang besar dan fatal. Apabila bangunan tidak didesain dengan baik, gempa bumi yang besar dapat mengakibatkan bangunan runtuh dan korban jiwa dalam jumlah yang besar.

Selain faktor gempa bumi, desain bangunan bertingkat yang memiliki bentuk bervariasi dan tidak beraturan menjadi salah satu faktor dalam mendesain. Ketidakberaturan tersebut terjadi dalam arah horizontal dan vertikal. Arah horizontal dapat disebabkan oleh aspek estetika, sedangkan arah vertikal disebabkan adanya perbedaan fungsi tiap lantai. Misalnya bangunan bertingkat perkantoran, untuk ruang kantor dan lantai lainnya akan berbeda pembebanannya dengan ruang penyimpanan arsip dan barang lainnya.

Baja adalah salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi bangunan. Keunggulan baja adalah memiliki daya tinggi dalam menahan tegangan tarik, memiliki kemampuan untuk berdeformasi sebelum baja putus (daktilitas), dan memiliki rasio yang kecil antara berat struktur dengan daya dukung terhadap beban yang dapat dipikul. Selain itu, penggunaan baja sebagai struktur menambah volume ruang yang digunakan karena profil baja yang relatif lebih

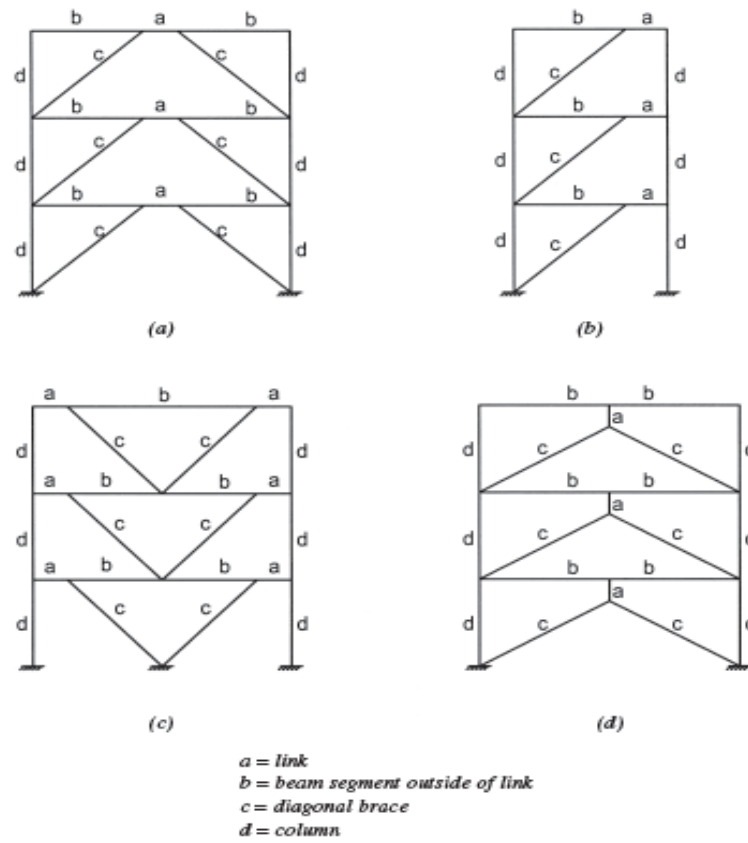
langsing daripada material lain pada umumnya. Proses pengerjaannya pun lebih menghemat waktu serta mudah dilakukan, karena proses penyambungan profil - profil baja dilakukan dengan menggunakan alat sambungan seperti las ataupun baut. Sebagian besar komponen konstruksi yang menggunakan baja sudah disiapkan dari pabrik sehingga sudah sesuai standar.

Dalam mendesain struktur bangunan bertingkat harus mengikuti kaidah-kaidah yang terdapat pada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI). Peraturan ini terus diperbarui seiring berkembangnya peta gempa yang ada di Indonesia. Bangunan bertingkat yang didesain menggunakan peraturan lama harus ditinjau ulang menggunakan peraturan baru. Bangunan bertingkat yang sudah berdiri lama bisa jadi tidak kuat.

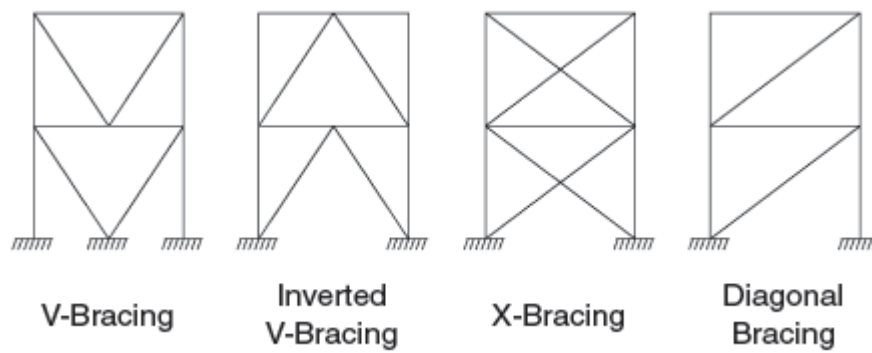
*Retrofitting* adalah perkuatan struktur untuk bangunan eksisting. Sistem *retrofitting* dibagi menjadi 2 yaitu lokal dan global. *Retrofitting* lokal adalah perkuatan pada elemen struktur seperti kolom atau balok yang mengalami defisiensi. Contoh dari *retrofitting* lokal adalah FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) dan *steel jacket*. *Retrofitting* global adalah perkuatan pada seluruh struktur bangunan yang berdiri. Contoh *retrofitting* global adalah pemasangan *shearwall* dan breising pada bangunan.

Breising baja terdiri dari beberapa tipe diantaranya sistem struktur rangka breising eksentris (SRBE) (Gambar 1.1) dan sistem struktur rangka breising konsentris (SRBK) (Gambar 1.2). Sistem struktur rangka breising eksentris adalah kombinasi dari sistem rangka pemikul momen dan sistem rangka breising konsentris. Penggabungan dari kedua sistem tersebut menghasilkan daktilitas dan kekakuan yang tinggi. Kekakuannya diperoleh dari struktur portal sedangkan daktilitas diperoleh dari link yang mampu berdeformasi inelastik. Link di rencanakan secara khusus yang berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa.





**Gambar 1.1** Sistem Rangka Breising Eksentris  
 (Sumber: Gambar C-F3.1. AISC 341-10)



**Gambar 1.2** Sistem Rangka Breising Konsentris  
 (Sumber: Gambar C-F2.1. AISC 341-10)

## 1.2 Inti Permasalahan

Bangunan – bangunan di Indonesia yang berada di daerah rawan gempa banyak mengalami peningkatan gaya gempa yang disyaratkan di peraturan sehingga memungkinkan bangunan yang sudah berdiri tidak kuat. Oleh karena itu, bangunan yang didesain dengan PPKGURG-1987 perlu dievaluasi menggunakan SNI 1726-2012. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah perlu dilakukan *retrofitting* pada bangunan tersebut. *Retrofitting* akan dilakukan bila dari hasil analisis diperlukan adanya perkuatan struktur. Salah satu retrofit yang akan dilakukan adalah dengan menambahkan breising eksentris tipe V.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

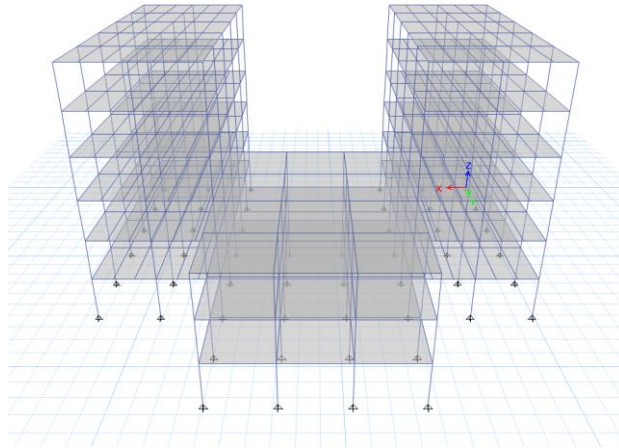
1. Menganalisis dan mengevaluasi bangunan yang didesain dengan peraturan lama PPKGURG-1987 terhadap peraturan baru SNI 1726-2012
2. Melakukan *retrofitting* terhadap bangunan lama dengan breising eksentris tipe V
3. Mengetahui perilaku inelastik dan kinerja gedung akibat pengaruh *retrofitting*

## 1.4 Pembatasan Masalah

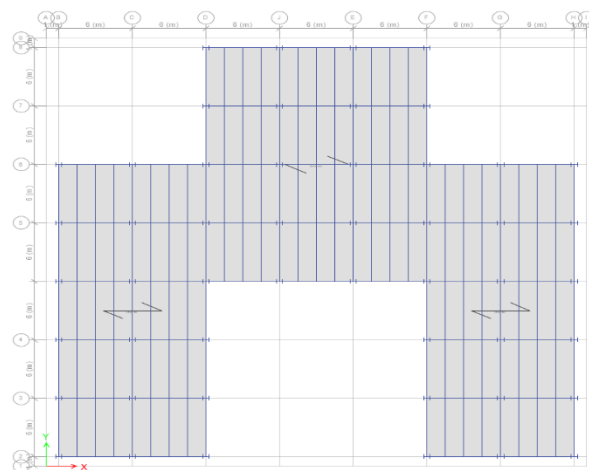
Pembatasan masalah pada seminar judul skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan bangunan struktur baja 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian 4 meter dengan panjang bentang dalam arah x dan y adalah 6 meter
2. Struktur memiliki ketidakberaturan arah horizontal yaitu ketidakberaturan sudut dalam dan arah vertikal yaitu ketidakberaturan geometri vertikal
3. Profil baja yang digunakan untuk struktur utama seperti kolom dan balok serta portal breising memiliki mutu baja  $F_y = 240$  MPa, dan  $F_u = 370$  MPa
4. Bangunan *eksisting* adalah portal daktail baja
5. Fungsi bangunan adalah gedung perkantoran

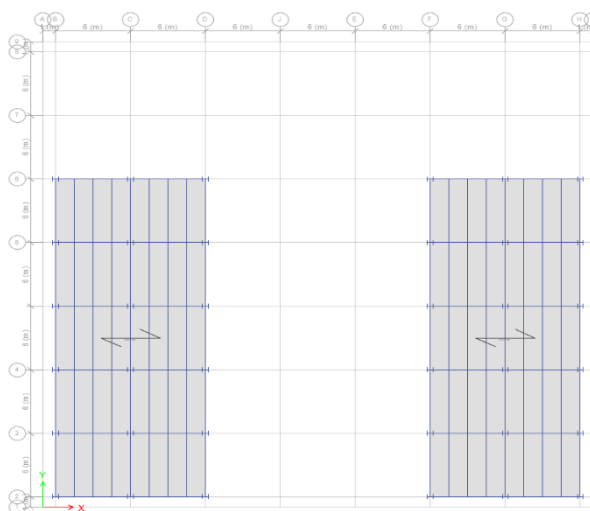
## 6. Bangunan terletak di atas tanah lunak di kota Palu



**Gambar 1.3 Model 3D Bangunan Lama**

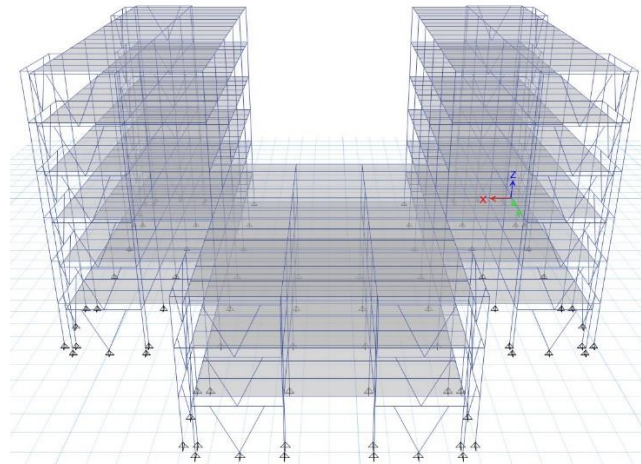


**Gambar 1.4 Denah Lantai 1 – 3**

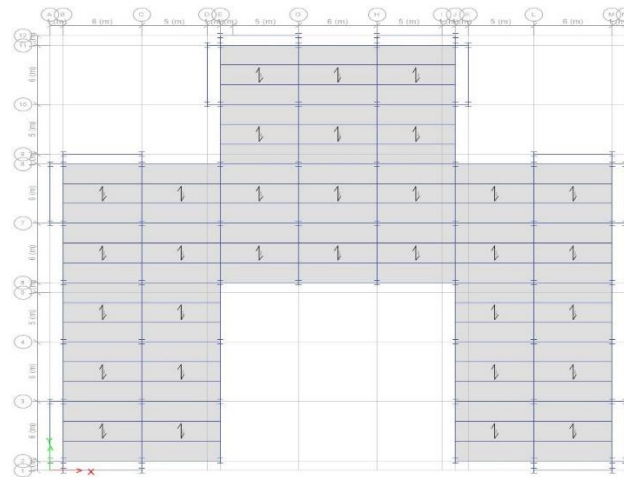


**Gambar 1.5 Denah Lantai 4 – 6**

7. **Retrofitting** menggunakan rangka breising eksentris tipe V



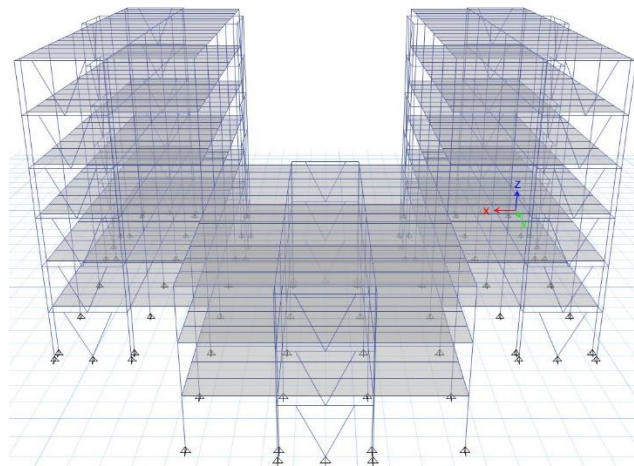
**Gambar 1.6** Model 3D Model 1 (Breising di sudut-sudut bangunan)



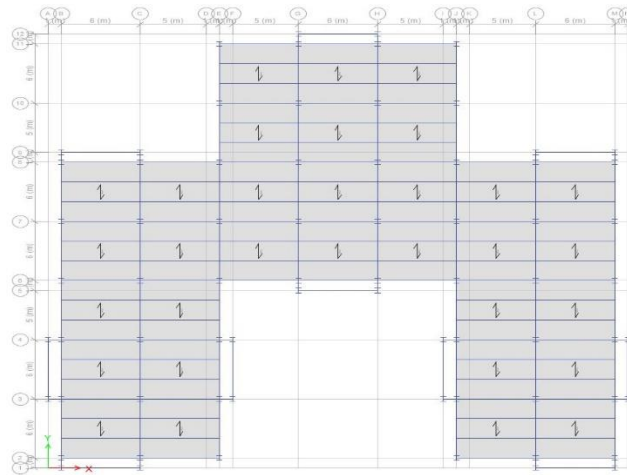
**Gambar 1.7** Denah lantai 1-3 Model 1 (Breising di sudut sudut bangunan)



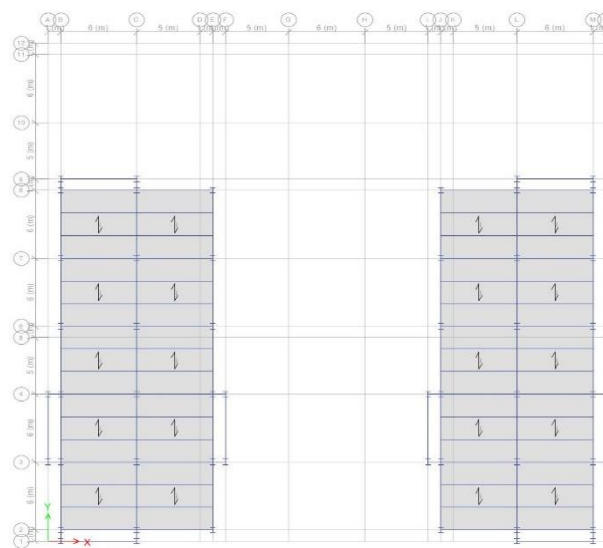
**Gambar 1.8** Denah lantai 4-6 Model 1 ( Breising di sudut-sudut bangunan)



**Gambar 1.9** Model 3D Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan)



**Gambar 1.10** Denah lantai 1-3 Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan)



**Gambar 1.11** Denah lantai 4-6 Model 2 (Breising di tengah-tengah bangunan)

8. Perencanaan bangunan gedung baja berdasarkan pada peraturan lama adalah sebagai berikut :
  - PPKGURG-1987 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung dan
  - PPIUG-1983 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
  - PPBBI 1984 Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia
9. Peraturan baru yang digunakan sebagai acuan untuk *retrofitting* adalah sebagai berikut :
  - SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
  - SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Bangunan Lain
  - SNI 1729-2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
  - SNI 7860-2015 Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja
10. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan bantuan program ETABS 9.7.4 dan ETABS 16.2.0
11. Analisis dinamik riwayat waktu dengan menggunakan rekaman gempa El-Centro 1940 N-S, gempa Denpasar 1979 B-T, dan gempa Flores 1992
12. Sambungan dan fondasi tidak dianalisis
13. Sambungan antara diafragma dan elemen kolektor tidak dianalisis

## **1.5 Metodologi Penelitian**

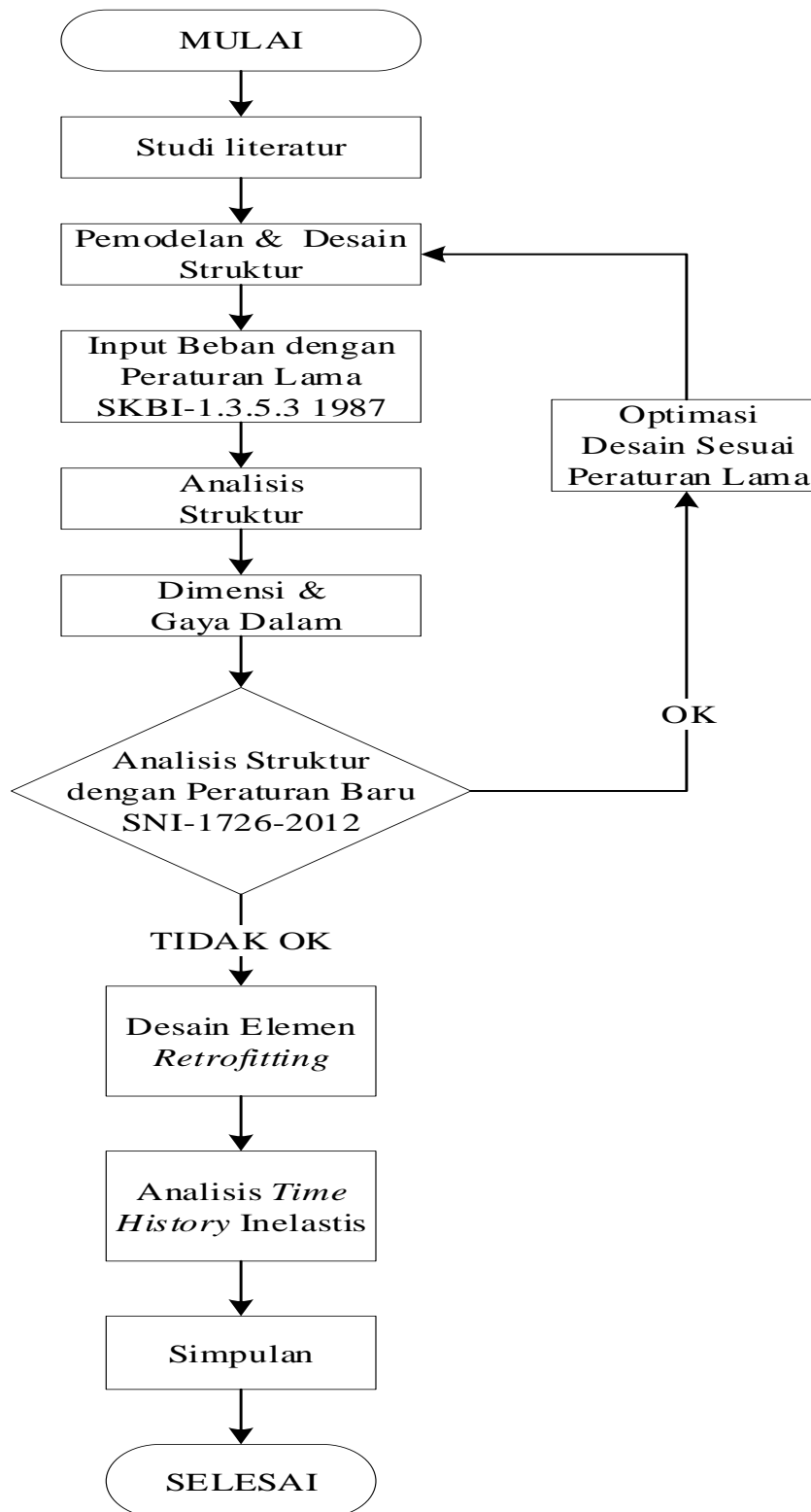
### 1. Studi pustaka

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

## 2. Studi numerikal

Analisis linier dan non-linier menggunakan bantuan program ETASB 9.7.4 dan ETABS 16.2.0, yaitu dengan mensimulasikan gedung mengalami percepatan tanah dasar akibat gempa. Dalam proses perhitungan juga digunakan bantuan program Mathcad 15 dan Microsoft Excel.

## 1.6 Diagram Alir Penelitian





## 1.7 Sistematika Penulisan

Berikut ini adalah sistematika penulisan skripsi ini:

### BAB 1 Pendahuluan

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

### BAB 2 Studi Pustaka

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

### BAB 3 Desain dan *Retrofitting* Bangunan

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja yang mengacu pada peraturan lama menggunakan ETABS 9.7.4 dan peraturan baru menggunakan program ETABS 16.2.0, serta pengecekan syarat struktur bangunan tahan gempa. Kemudian gedung diperkuat dengan breising baja eksentris tipe V.

### BAB 4 Analisis Hasil *Retrofitting*

Bab ini berisi tinjauan hasil analisis *retrofitting* menggunakan breising baja eksentris tipe V, respons inelastik struktur menggunakan analisis riwayat waktu nonlinier dengan bantuan program ETABS 16.2.0.

### BAB 5 Simpulan dan Saran

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

