

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK RANGKA
BREISING EKSENTRIS DENGAN *LINK* KONVENSIONAL
DAN *ROTATIONAL BOLTED ACTIVE LINK***



**ELSHANDO SAPUTRA
NPM: 2016410170**

PEMBIMBING : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

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
AGUSTUS 2021**

SKRIPSI
STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK
RANGKA BREISING EKSENTRIS DENGAN *LINK*
KONVENSIONAL DAN *ROTATIONAL BOLTED*
ACTIVE LINK



NAMA: ELSHANDO SAPUTRA
NPM: 2016410170

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

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

PENGUJI 1: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.

PENGUJI 2: Dr. Djoni Simanta, Ir., 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
2021

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Elshando Saputra
NPM : 2016410170
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi dengan judul:

STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK RANGKA BREISING EKSENTRIS DENGAN LINK KONVENSIONAL DAN ROTATIONAL BOLTED ACTIVE LINK

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Jakarta, 28 Juli 2021



Elshando Saputra
2016410170

STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK RANGKA BREISING EKSENTRIS DENGAN LINK KONVENSIONAL DAN ROTATIONAL BOLTED ACTIVE LINK

Elshando Saputra
NPM: 2016410170

Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

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
AGUSTUS 2021

ABSTRAK

Struktur baja tahan gempa yang menggunakan sistem rangka baja dengan bresing eksentris (SRBE) bekerja dengan baik untuk menahan beban lateral akibat gempa. Setelah gempa yang terjadi di Christchurch dari tahun 2010 – 2011 dapat diobservasi bahwa struktur baja dengan SRBE bekerja dengan baik saat terjadi gempa, tetapi memerlukan penilaian pasca gempa yang ekstensif. Hal ini karena proses penggantian *link* pada SRBE yang telah berdeformasi plastis. *Rotational Bolted Active Link* (RBAL) merupakan sebuah solusi yang diusulkan oleh Leung et al. untuk menjadi sebuah *link* alternatif yang memiliki performa lebih unggul pasca gempa dikarenakan deformasi plastis yang terjadi pada *link* dapat dicapai dengan *frictional sliding* pada RBAL, maka dari itu proses perbaikan RBAL lebih sederhana dan dengan biaya yang lebih sedikit. Walaupun begitu, RBAL merupakan ide yang belum lama diusulkan, sehingga cara mendesain dan pemodelan perilaku nonlinearnya perlu diteliti dan dikembangkan lebih jauh lagi. Dalam skripsi ini, dilakukan analisis terhadap gedung 4 lantai yang berfungsi sebagai apartemen dan menggunakan SRBE, dengan *link* konvensional maupun RBAL. Berdasarkan hasil dari analisis statik beban dorong, didapat bahwa simpangan maksimum model yang menggunakan *link* konvensional lebih besar dibandingkan model dengan RBAL. Selain itu, model yang menggunakan *link* konvensional juga dapat menahan beban lateral yang lebih besar dibanding model yang menggunakan RBAL. Kedua jenis *link* berhasil membatasi perilaku inelastik hanya pada elemen *fuse* saja.

Kata Kunci: Struktur Rangka Bresing Eksentris (SRBE), *Rotational Bolted Active Link* (RBAL), Analisis Beban Dorong, Perilaku Inelastik

COMPARATIVE STUDY OF INELASTIC BEHAVIOUR IN ECCENTRICALLY BRACED FRAME WITH CONVENTIONAL AND ROTATIONAL BOLTED ACTIVE LINKS

**Elshando Saputra
NPM: 2016410170**

Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**
(Accredited by SK-BAN PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

**BANDUNG
AUGUST 2021**

ABSTRACT

Seismic resisting steel structures with eccentrically braced frame (EBF) performed well in withstanding lateral loads due to earthquakes. After the earthquake that occurred in Christchurch from 2010 – 2011 it can be observed that steel structures with EBF performed very well during earthquakes, but require extensive post-earthquake assessment, due to the replacement of plastic deformed active link. Rotational Bolted Active Link (RBAL) is a solution proposed by Leung et al. to serve as an alternative link that has superior post-earthquake performance, because the plastic deformation that occurs in the link can be achieved by frictional sliding of the RBAL, therefore the RBAL repair process is a lot easier and at a lower economic cost. Unfortunately, RBAL is a recently proposed idea, therefore not many tests and application are done. In this thesis, an analysis of a 4-storey building that serves as an apartment using the Eccentrically Braced Frame, with conventional and RBAL links. Based on the results of the pushover analysis, it was shown that the maximum displacement using the conventional link is greater than the RBAL model. In addition, the model using the conventional link can also withstand greater lateral loads than the model using RBAL. However, models using RBAL are able to limit the inelastic behavior to the fuse element. Both links are able to confine inelastic behaviour in the fuse element.

Keywords: Eccentrically Braced Frame (EBF), Rotational Bolted Active Link (RBAL), Pushover Analysis, Inelastic Behaviour

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya yang tidak pernah berhenti sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Rangka Breising Eksentrik dengan *Link* Konvensional dan Rotational Bolted Active Link” dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai macam hambatan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, maupun penulisan.

Oleh karenanya penulis sangat berterima kasih atas saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada:

1. **Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.** selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan, dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. **Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.** selaku dosen Ko-Pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan, dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Para dosen penguji skripsi yang telah hadir baik saat seminar judul, seminar isi, dan sidang, yang telah memberikan banyak saran dan masukan.
4. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan doa setiap saat dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah mengajarkan ilmu mengenai bidang teknik sipil kepada penulis selama masa studi penulis,
6. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil angkatan 2016 yang telah membantu serta memberikan dukungan dan semangat selama masa studi penulis, sehingga penulis dapat lulus dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang

memerlukan informasi mengenai struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris, khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Penulis telah berusaha mengerjakan skripsi ini sesuai dengan kemampuan penulis, akan tetapi penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Maka dari itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna menyempurnakan laporan dan tugas penulis berikutnya.

Jakarta, 5 Agustus 2021



Elshando Saputra

2016410170



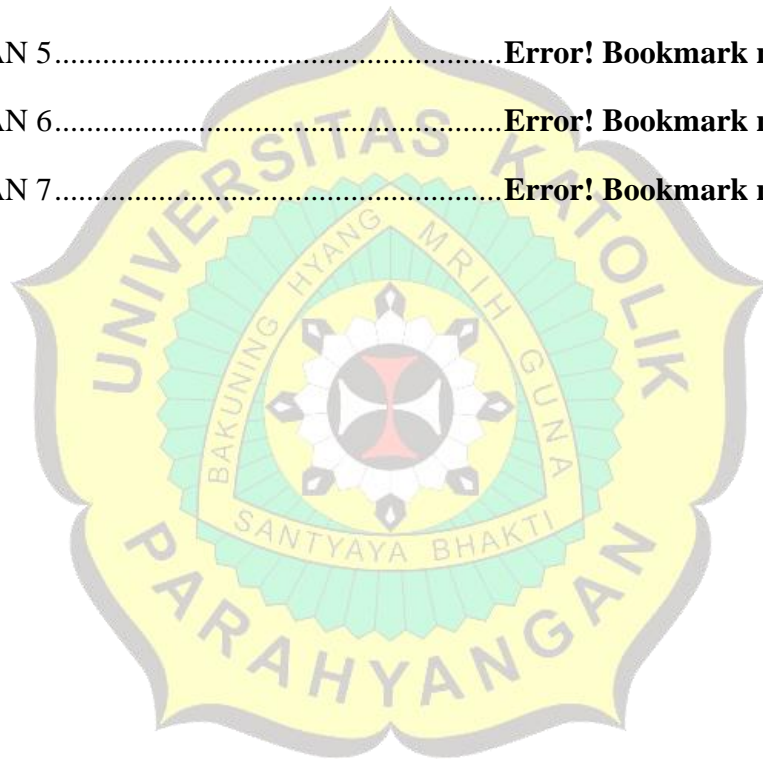
DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	Error! Bookmark not defined.	
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.	
PRAKATA	i	
DAFTAR ISI	iv	
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ix	
DAFTAR GAMBAR.....	xix	
DAFTAR TABEL	xxiii	
BAB 1	PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1	Latar Belakang Permasalahan	Error! Bookmark not defined.
1.2	Inti Permasalahan	Error! Bookmark not defined.
1.3	Pembatasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.4	Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5	Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
1.6	Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1	Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung	Error! Bookmark not defined.
2.1.1	Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	Error! Bookmark not defined.
2.1.2	Klasifikasi Situs	Error! Bookmark not defined.
2.1.3	Parameter Percepatan Gempa.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.4	Kategori Desain Seismik	Error! Bookmark not defined.
2.1.5	Sistem Struktur Penahan Beban Gempa	Error! Bookmark not defined.
2.1.6	Analisis Statik Ekuivalen.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.7	Skala Gaya	Error! Bookmark not defined.

2.2	Kombinasi Pembebanan.....	Error! Bookmark not defined.
2.3	Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa	Error! Bookmark not defined.
2.4	Struktur dengan Rangka Bresing Eksentris	Error! Bookmark not defined.
2.5	<i>Rotational Bolted Active Link</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6	Analisis Statik Nonlinear	Error! Bookmark not defined.
2.6.1	Analisis Beban Dorong	Error! Bookmark not defined.
BAB 3	PEMODELAN DAN DESAIN....	Error! Bookmark not defined.
3.1	Umum	Error! Bookmark not defined.
3.2	Sistem Struktur.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Data Material	Error! Bookmark not defined.
3.4	Komponen Struktur.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Link	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Balok	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Kolom	Error! Bookmark not defined.
3.4.4	Bracing Diagonal	Error! Bookmark not defined.
3.5	Pembebanan	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Beban Mati.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.2	Beban Mati Tambahan	Error! Bookmark not defined.
3.5.3	Beban Hidup	Error! Bookmark not defined.
3.5.4	Beban Gempa.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.5	Kombinasi Pembebanan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.6	Prosedur Pemberian Pembebanan	Error! Bookmark not defined.
3.6	Analisis Beban Gempa.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Penskalaan Gaya	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Pemeriksaan Kapasitas Komponen Struktur	Error! Bookmark not defined.
3.6.3	Demand and Capacity Ratio	Error! Bookmark not defined.

- 3.7 Pengecekan Gedung terhadap Persyaratan Desain Seismik **Error!**
Bookmark not defined.
- 3.7.1 Simpangan Antarlantai dan Simpangan Antarlantai Izin**Error!**
Bookmark not defined.
- 3.7.2 Kekakuan Tingkat..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.7.3 Ketidakberaturan Horizontal Struktur**Error! Bookmark not defined.**
- 3.7.4 Ketidakberaturan Vertikal Struktur**Error! Bookmark not defined.**
- 3.7.5 Faktor Perbesaran Torsi Tak Terduga**Error! Bookmark not defined.**
- 3.8 Desain Kapasitas Komponen Struktur**Error! Bookmark not defined.**
- 3.9 Desain Rotational Bolted Active Link**Error! Bookmark not defined.**
- 3.9.1 Prosedur Desain Rotational Bolted Active Link**Error! Bookmark not defined.**
- 3.10 Analisis Statik Nonlinear **Error! Bookmark not defined.**
- 3.10.1 Mendefinisikan Parameter Nonlinear**Error! Bookmark not defined.**
- 3.10.2 Pemodelan Letak Sendi Plastis.... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.10.3 Prosedur Analisis Statik Nonlinear**Error! Bookmark not defined.**
- BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1 Analisis Perilaku Struktur secara Global**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.1 Simpangan Lantai **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.2 Kurva Hubungan Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Lateral Atap **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.3 Persebaran Sendi Plastis **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Analisis Perilaku Struktur secara Lokal**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.1 Respons Sendi Plastis **Error! Bookmark not defined.**

BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 1.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 2.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 3.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 4.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 5.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 6.....		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN 7.....		Error! Bookmark not defined.



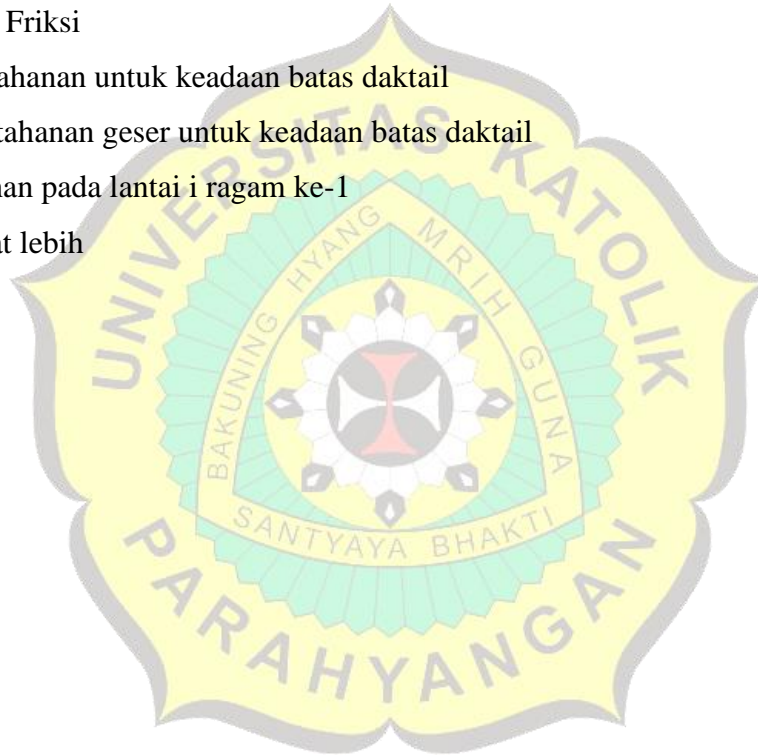
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AISC	: <i>American Institute of Steel Construction</i>
ASCE	: <i>American Society of Civil Engineers</i>
A_g	: Luas penampang bruto
A_w	: Luas badan, tinggi keseluruhan dikalikan dengan tebal badan
A	: Jarak horizontal dari muka sayap kolom ke awal pemotongan penampang balok tereduksi
b	: Panjang pemotongan penampang balok tereduksi
b_{bf}	: Lebar sayap balok
C_d	: Faktor pembesaran defleksi
C_{pr}	: Faktor untuk memperkirakan kekuatan puncak sambungan
C_s	: Koefisien respon seismik
C_t	: Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
C_{v1}	: Koefisien geser badan
c	: Kedalaman pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi
DC	: <i>Damage Control</i>
DL	: Beban mati
d	: Tinggi penampang balok
d_b	: Tinggi balok
d_c	: Tinggi kolom
d_{stud}	: Diameter <i>stud</i>
E	: Beban gempa
E'	: Modulus Elastisitas Baja
E_c	: Modulus Elastisitas Beton
E_h	: Beban gempa horizontal
E_v	: Beban gempa vertikal
F_a	: Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
F_u	: Kekuatan tarik minimum
F_v	: Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1

	detik
F_y	: Tegangan leleh minimum
F_{yb}	: Tegangan leleh balok minimum yang disyaratkan
F_{yc}	: Tegangan leleh kolom minimum yang disyaratkan
h_r	: Tinggi deck
h_s	: Tinggi <i>stud</i>
IO	: <i>Immediate Occupancy</i>
I_e	: Faktor keutamaan gempa
JIS	: <i>Japanese Industrial Standard</i>
kN	: Kilo Newton
LL	: Beban hidup
L_r	: Beban hidup atap
LS	: <i>Life Safety</i>
L_h	: Jarak antara lokasi sendi plastis
MPa	: Mega Pascal
M_f	: Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom
M_{pe}	: Momen plastis balok berdasarkan tegangan ekspetasi
M_{pr}	: Momen maksimum yang mungkin terjadi pada pusat penampang balok tereduksi
M_{RBAL}	: Momen kapasitas <i>Rotational Bolted Active Link</i>
m	: Meter
mm	: Milimeter
PBT	: Penampang Balok Tereduksi
PF_1	: Faktor partisipasi ragam untuk ragam ke-1
P_{uc}	: Kekuatan tekan perlu dengan menggunakan kombinasi beban DFBK, termasuk beban seismik teramplifikasi
P_u	: Kekuatan aksial yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI
P_y	: Kekuatan leleh aksial dari kolom
R	: Faktor modifikasi respons
R_u	: Kekuatan geser pada zona panel kolom
R_v	: Kekuatan geser nominal

R_y : Rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan
 R_{yb} : kekuatan geser nominal pada balok
 R_{yc} : kekuatan geser nominal pada kolom
 SNI : Standar Nasional Indonesia
 SRPMB : Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
 SRPMK : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
 SPRMM : Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
 SS : *Structure Stability*
 S_{DS} : Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
 S_{D1} : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
 S_{MS} : Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
 S_{M1} : Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
 S_a : Spektral percepatan
 S_d : Spektral perpindahan
 S_s : Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode pendek
 S_1 : Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik
 S_h : Jarak dari sendi plastis ke muka kolom
 S_r : Jarak antar rusuk
 s : detik
 T : Periode getar fundamental struktur
 T_a : Periode fundamental pendekatan
 t_{bf} : Tebal sayap balok
 t_{bw} : Tebal badan kolom
 t_{cf} : Tebal sayap kolom
 t_c : Tinggi pelat
 V_n : Kekuatan geser nominal
 V_s : Gaya geser dasar statik
 V_u : Kekuatan geser perlu dari balok dan sambungan badan balok-ke kolom

- W : berat seismik efektif
 WF : *Wide Flange*
 W_{rb} : Lebar rusuk bawah
 W_{rt} : Lebar rusuk atas
 Z_{RBS} : Modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi
 Z_x : Modulus penampang plastis terhadap sumbu-x, untuk penampang balok penuh
 α_1 : Koefisien massa ragam untuk ragam ke-1
 γ_{baja} : Berat Jenis Baja
 γ_{beton} : Berat Jenis Beton
 μ : Koefisien Friksi
 ϕ_d : Faktor ketahanan untuk keadaan batas daktail
 ϕ_v : Faktor ketahanan geser untuk keadaan batas daktail
 ϕ_{i1} : Perpindahan pada lantai i ragam ke-1
 Ω_0 : Faktor kuat lebih



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** *Rotational Bolted Active Link* (Sumber: *Experimental Studies of Eccentrically Braced Frame with Rotational Bolted Active Links*) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.2** Denah Tipikal Lantai 1-4..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.3** Potongan As 1,6,A, dan F pada Konfigurasi *Inverted -V*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.4** Diagram Alir Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1** Perbandingan SRBE, SRBK, dan SRPM **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2** Konfigurasi Struktur dengan Rangka Bresing Eksentris **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3** Layout *Rotational Bolted Active Link* (Leung, 2015) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4** *Rotational Bolted Active Link* Sebelum dan Sesudah Dibebani **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5** Skema Analisis Statik Beban Dorong **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1** Pemodelan Struktur Tiga Dimensi ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2** Potongan as 1, 6, A, F pada model *Inverted – V* ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3** Potongan as 2-5 dan B-F pada model *Inverted – V*... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4** Denah balok lantai 1-4 pada model *Inverted – V* .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5** Penampang melintang *Bond Deck*.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6** Pemodelan *Link* Konvensional **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7** Respons Spektrum Desain Bandung pada Tanah Lunak (SE) . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8** D/C *ratio* maksimum kolom pada model *Inverted – V* **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 3.9** D/C *ratio* maksimum balok induk model *Inverted – V*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.10** D/C *ratio* maksimum *link* model *Inverted – V*.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.11** D/C *ratio* maksimum bresing model *Inverted – V*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.12** Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Antar Lantai Izin Struktur **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.13** Pemodelan RBAL dengan konfigurasi 2 baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.14** Pemodelan RBAL dengan konfigurasi 3 baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.15** Pemodelan RBAL dengan konfigurasi 4 baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.16** Kurva Hubungan Momen – Rotasi pada Balok .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.17** Parameter nonlinear *link* konvensional**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.18** Parameter nonlinear untuk RBAL konfigurasi 2 baut.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.19** Parameter nonlinear untuk RBAL konfigurasi 3 baut.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.20** Parameter nonlinear untuk RBAL konfigurasi 4 baut.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.21** Pemodelan Letak Sendi Plastis pada SRBE *link* konvensional **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.22** Pemodelan Letak Sendi Plastis pada SRBE dengan RBAL konfigurasi 2 baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.23** Pemodelan Letak Sendi Plastis pada SRBE dengan RBAL konfigurasi 3 baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.24** Pemodelan Letak Sendi Plastis pada SRBE dengan RBAL konfigurasi 4 baut **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.1** Grafik Simpangan Lantai saat *target displacement* Tipe Beban
Load Pattern.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2** Grafik Simpangan Lantai saat *target displacement* Tipe Beban
Acceleration.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3** Grafik Simpangan Lantai saat *target displacement* Tipe Beban
Modal.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4** Kurva Kapasitas Setiap Model Struktur Akibat Beban Dorong
Tipe *Load Pattern***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5** Kurva Kapasitas Setiap Model Struktur Akibat Beban Dorong
Tipe Akselerasi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6** Kurva Kapasitas Setiap Model Struktur Akibat Beban Dorong
Tipe Modal**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7** Sendi Plastis Pertama pada Model *Link* Konvensional **Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Plastis pada
Model *Link* Konvensional**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9** Sendi Plastis Pertama yang Runtuh pada Model *link*
konvensional.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut**Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot
pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut..... **Error! Bookmark not
defined.**
- Gambar 4.12** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada
Model RBAL konfigurasi 2 Baut ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut**Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot
pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut..... **Error! Bookmark not
defined.**
- Gambar 4.15** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada
Model RBAL konfigurasi 3 Baut ...**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.16** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.17** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.18** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.19** Sendi Plastis Pertama pada Model *Link Konvensional* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.20** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Plastis pada Model *Link Konvensional*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.21** Sendi Plastis Pertama yang Runtuh pada Model *link* konvensional **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.22** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.23** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.24** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.25** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.26** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.27** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.28** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.29** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.30** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.31** Sendi Plastis Pertama pada Model *Link* Konvensional **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.32** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Plastis pada Model *Link* Konvensional**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.33** Sendi Plastis Pertama yang Runtuh pada Model *link* konvensional.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.34** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.35** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.36** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 2 Baut...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.37** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.38** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.39** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 3 Baut...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.40** Sendi Plastis Pertama pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.41** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kapasitas Lubang Slot pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.42** Sendi Plastis Pertama yang Mencapai Kondisi Ultimit pada Model RBAL konfigurasi 4 Baut...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.37** Perbandingan respons sendi plastis *link* konvensional Lantai 1 & 2.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.38 Perbandingan respons sendi plastis RBAL 2 Baut Lantai 1 &
4..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.39 Perbandingan respons sendi plastis RBAL 3 Baut Lantai 1 &
3..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.40 Perbandingan respons sendi plastis RBAL 4 Baut Lantai 1 &
3..... **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1** Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Rangka Baja dengan Bresing Eksentris**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.1** Parameter Respons Spektra dan Sistem Struktur **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2** Periode Struktur dan Partisipasi Massa Ragam .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.3** Massa Struktur**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.4** Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Respons Spektrum **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.5** D/C ratio maksimum dan minimum pada model *Inverted - V* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.6** Pengecekan Simpangan Antar Lantai Struktur pada Arah X **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.7** Pengecekan Simpangan Antar Lantai Struktur pada Arah Y **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.8** Kekakuan tingkat.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.9** Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a pada Arah X ...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.10** Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a pada Arah Y .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.11** Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1b pada Arah X .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.12** Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1b pada Arah Y .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.13** Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a pada Arah X**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.14** Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a pada Arah Y**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.15 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b pada Arah X..... **Error! Bookmark not defined.**

Table 3.16 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b pada Arah Y..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.17 Faktor Perbesaran Torsi Tak Terduga Arah X & Y. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.18 Perbandingan Nilai Parameter Nonlinear Model 2,3 dan 4**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.1 Simpangan Lantai Tipe Beban *Load Pattern***Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.2 Simpangan Lantai Tipe Beban *Acceleration***Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Simpangan Lantai Tipe Beban *Modal* .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Sendi Plastis Tipe Beban *Load Pattern* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Sendi Plastis Tipe Beban *Acceleration* **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Sendi Plastis Tipe Beban *Modal* **Error! Bookmark not defined.**



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

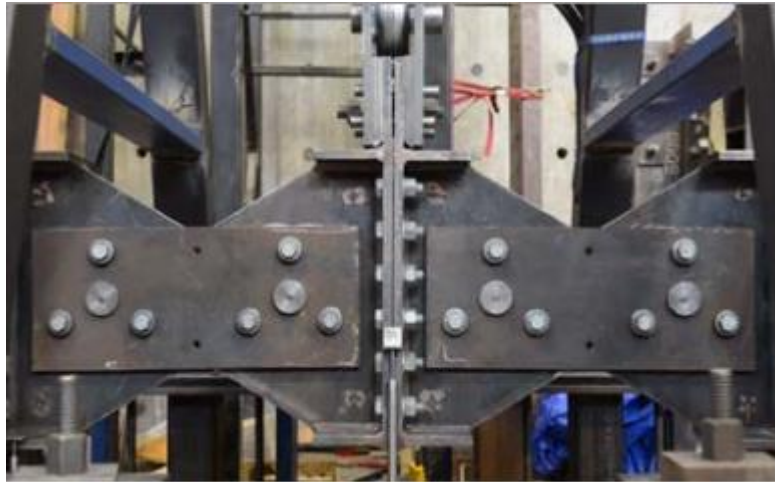
Baja merupakan salah satu material yang sering dipakai dalam dunia konstruksi. Salah satu keuntungan baja adalah keseragaman bahan dan sifat-sifatnya. Kestabilan dimensional, kemudahan pembuatan, dan cepatnya pelaksanaan juga merupakan hal-hal yang menguntungkan dari struktur baja ini. Karakteristik baja sangatlah cocok untuk konstruksi bangunan di daerah-daerah yang berisiko terjadi gempa. Hal ini dikarenakan sifat baja yang memiliki daktilitas tinggi sehingga mampu menyerap energi gempa dengan jumlah yang besar.

Gempa pada dasarnya merupakan beban lateral yang memiliki sifat bolak-balik, beban lateral tersebut ditahan oleh kekakuan yang dimiliki struktur. Kekakuan pada struktur baja dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem rangka breising. Sistem breising terdiri dari beberapa jenis, diantaranya terdapat struktur rangka baja dengan bresing konsentris (SRBK), struktur rangka baja dengan bresing eksentris (SRBE), *buckling restrained braced frame* (BRBF), *knee braced frame* (KBF), dan sebagainya. Sistem bresing pada SRBE memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem breising SRBK.

Pemakaian SRBE sudah sering ditemukan pada bangunan-bangunan yang didesain untuk tahan gempa. Hal ini dikarenakan oleh sifat SRBE yang memiliki daktilitas tinggi dan efektif dalam mendisipasi energi gempa yang terjadi. Dalam SRBE terdapat elemen *link*, yaitu elemen struktur yang berfungsi sebagai balok pendek dan di desain untuk mengalami sendi plastis yang sangat berpengaruh dalam proses disipasi energi. Kinerja *link* sangat bergantung pada panjang elemen *link* tersebut. Jika ditinjau dari panjangnya maka terdapat *short link* (*link* pendek), *intermediate link* (*link* menengah) dan *long link* (*link* panjang).

Setelah terkena beban gempa yang cukup besar, maka akan terjadi kerusakan pada *link*. Untuk menangani kerusakan tersebut maka *link* tersebut harus diganti. RBAL merupakan sebuah *link* alternatif yang diusulkan oleh Leung et al.

(2015). RBAL merupakan pelat buhul yang disambung pada balok dengan baut dan las, kemudian dijepit dengan 2 buah pelat tahan abrasi menggunakan *Central Pin*. Dengan menggunakan *link* RBAL, segala kerusakan yang terjadi pada *link* setelah gempa akan lebih mudah diperbaiki hanya dengan melepas baut.



Gambar 1.1 *Rotational Bolted Active Link* (Sumber: *Experimental Studies of Eccentrically Braced Frame with Rotational Bolted Active Links*)

1.2 Inti Permasalahan

Penggunaan *Rotational Bolted Active Link* sebagai *link* alternatif dalam SRBE merupakan suatu ide yang menarik, karena dengan menggunakan RBAL kerusakan pada *link* setelah gempa dapat lebih mudah diperbaiki. Namun, RBAL merupakan ide yang belum lama dikemukakan sehingga belum banyak aplikasinya. Oleh karena itu skripsi ini akan membahas pengaplikasian RBAL pada SRBE, serta membandingkan perilaku inelastiknya dengan SRBE yang menggunakan *link* konvensional.

1.3 Tujuan Penelitian

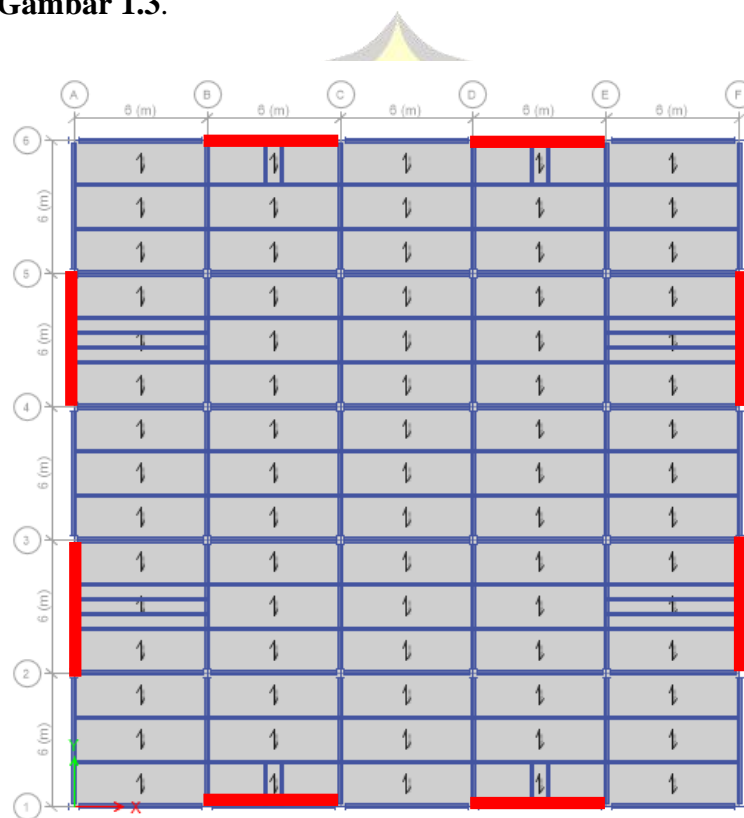
Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mendesain suatu struktur SRBE dengan menggunakan *link* konvensional dan juga RBAL dengan parameter-parameter desain yang ditetapkan oleh AISC 341-16, RBAL yang digunakan akan dimodelkan sesuai dengan ketentuan pada paper leung et al., setelah pemodelan selesai maka akan dilakukan analisis non-linier berupa analisis statik beban dorong, hasil dari

analisis tersebut kemudian akan dibandingkan untuk mengetahui perilaku kedua struktur SRBE dengan menggunakan *link* yang berbeda.

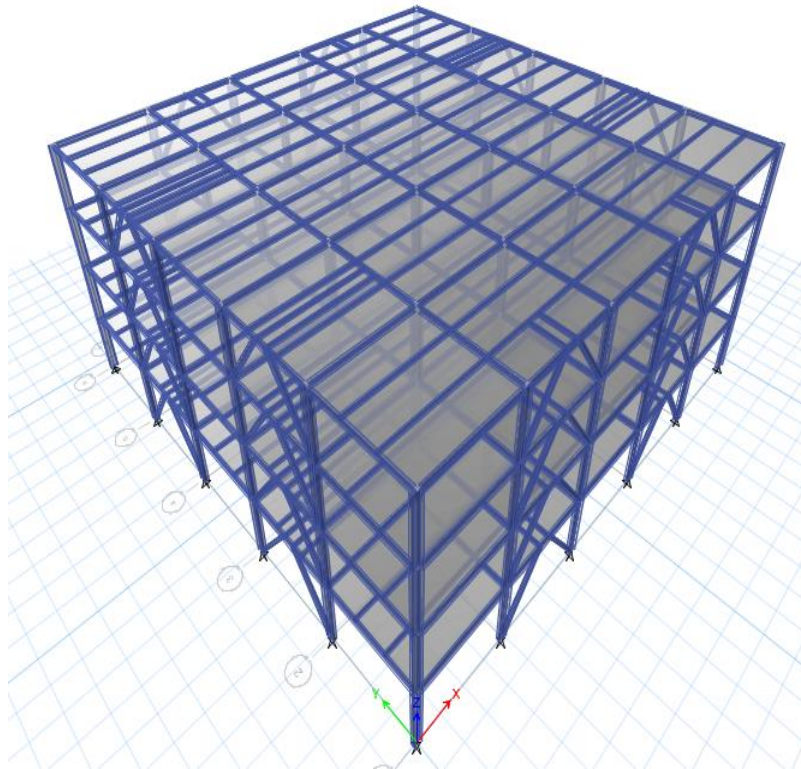
1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan pada gedung 4 lantai dengan ukuran 30 m x 30 m. Jumlah bentang 5 dan masing-masing balok memiliki bentang sepanjang 6 m baik ke arah x maupun arah y, tinggi tipikal lantai sebesar 3,6 m. Denah tipikal gedung seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1.2** dan **Gambar 1.3**.

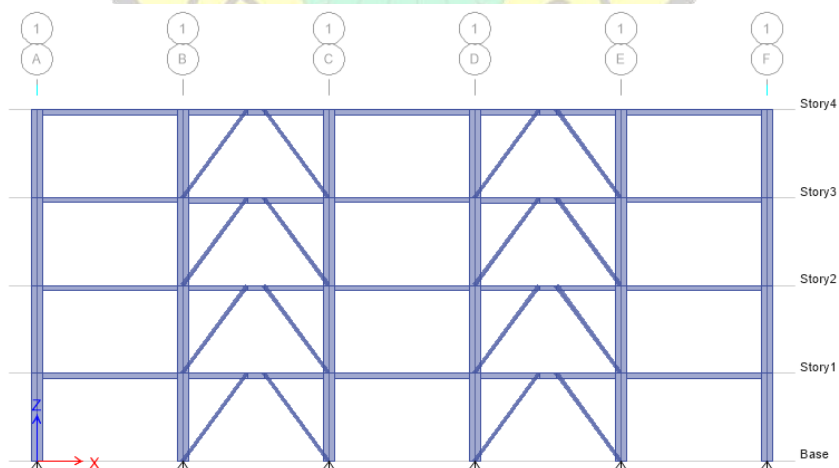


Gambar 1.2 Denah Tipikal Lantai 1-4



Gambar 1.1 Tampak 3 Dimensi pada Konfigurasi *Inverted - V*

2. Breising terletak pada bentang ke-2 dan ke-4 di perimeter terluar gedung untuk semua lantai ke arah x dan y seperti pada Gambar 1.2. konfigurasi yang digunakan merupakan *Inverted-V* seperti pada gambar



Gambar 1.2 Potongan As 1,6,A, dan F pada Konfigurasi *Inverted -V*

3. Struktur dengan rangka bresing eksentris (SRBE) dengan kategori *short link*.
4. Pemodelan dilakukan pada bangunan reguler (teratur) dan tidak memiliki ketidakberaturan vertikal dan horizontal.
5. Profil baja yang digunakan HSS persegi untuk bresing, sedangkan profil baja WF untuk link, balok, dan kolom. Mutu baja yang digunakan adalah BJ-41 dengan $f_y = 250$ MPa dan $f = 410$ MPa
6. Profil baja yang digunakan dalam analisis mengacu pada JIS (*Japanese Industrial Standards*).
7. Perencanaan pembebanan struktur sesuai dengan fungsi struktur gedung bertingkat sebagai apartemen.
8. Gedung bertingkat direncanakan terletak pada wilayah Bandung dengan klasifikasi situs tanah lunak (SE).
9. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CSI ETABS 16.
10. Desain Struktur dilakukan dengan analisis elemen yang menerapkan konsep desain kapasitas.
11. Tumpuan untuk setiap kolom dimodelkan sebagai sendi.
12. Material yang digunakan dalam mendesain RBAL mengacu pada jurnal Leung et al. Untuk *capping plate* RBAL baja tahan kakis Bis-alloy 400 dengan $f_y = 1070$ MPa dan $f_u = 1320$ MPa dan koefisien friksi rata – rata $\mu = 0.29$, untuk baut pada RBAL digunakan baut ASTM.
13. Sambungan antara balok luar *link* dengan RBAL merupakan sambungan pelat ujung.
14. Peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. SNI 1726:2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia
 - b. SNI 1727:2013. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.

- c. SNI 1729:2015. (2015). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- d. SNI 7860:2015. (2015). *Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung*.
- e. AISC 341-16. (2016) *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*

1.5 Metode Penelitian

Langkah-langkah metode penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

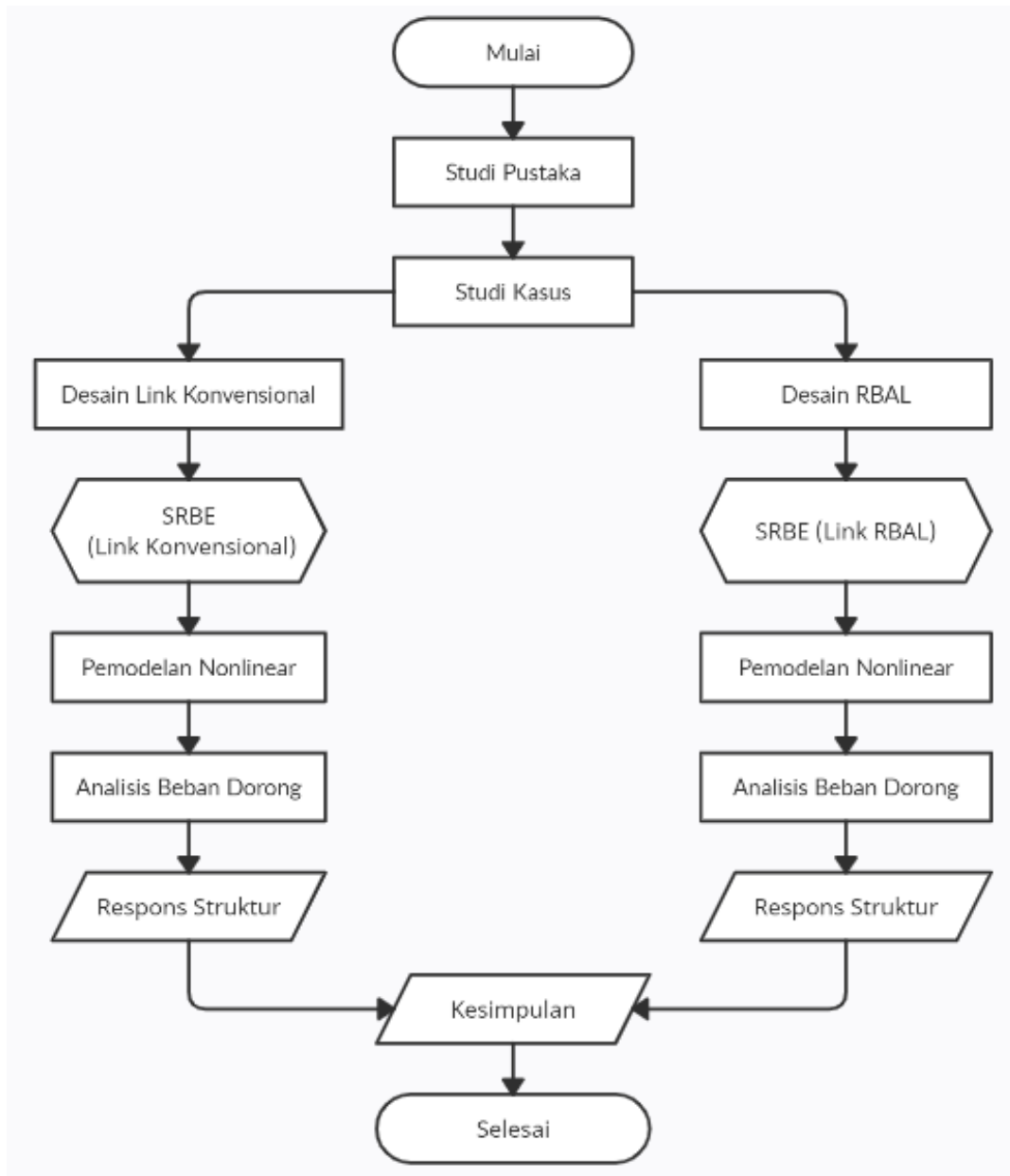
1. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari jurnal, artikel, buku, skripsi pembeding dan referensi lainnya yang berhubungan dengan topik penelitian untuk memahami konsep desain struktur dengan rangka bresing eksentris (SRBE) dan *Rotational bolt active link* (RBAL) yang diperlukan untuk mendukung analisis yang akan dilakukan.
2. Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CSI ETABS 2016, Perhitungan secara manual juga dilakukan dengan menerapkan konsep desain kapasitas dan dibantu dengan perangkat lunak SMATH.
3. Studi analisis beban lateral gempa pada kondisi inelastik dengan analisis beban dorong.
4. Kesimpulan mengenai hasil yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa Bab sebagai berikut:

- Bab I** : Pendahuluan, membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, batasan masalah, serta metode penelitian.
- Bab II** : Dasar Teori, berisikan teori-teori terkait topik penelitian serta referensi yang akan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian ini.
- Bab III** : Studi Kasus, berisikan detail dari langkah pembuatan model struktur yang mengaplikasikan sistem rangka bresing eksentris dengan *link* konvensional maupun RBAL beserta dengan data yang diinput dalam perangkat lunak ETABS.
- Bab IV** : Analisis dan Pembahasan, pada bab ini akan dibahas dan dibandingkan hasil perilaku kedua struktur yang dimodelkan pada bab sebelumnya.
- Bab V** : Kesimpulan dan Saran, berisikan kesimpulan analisa hasil model Bab IV dan saran terhadap penelitian yang dilakukan dalam studi ini maupun yang dapat dilakukan pada studi selanjutnya.

1.7 Tahapan Penelitian



Gambar 1.3 Diagram Alir Penelitian