

SKRIPSI

**STUDI KOMPARASI SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIK DENGAN *INTERMEDIATE LINK* PADA
KONFIGURASI *INVERTED - V* DAN *TWO STORY - X***



**DAVID CHRISTIAN
NPM : 2015410072**

PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

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
JANUARI 2019**

SKRIPSI

**STUDI KOMPARASI SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIK DENGAN *INTERMEDIATE LINK* PADA
KONFIGURASI *INVERTED - V* DAN *TWO STORY - X***



**DAVID CHRISTIAN
NPM : 2015410072**

BANDUNG, 1 JANUARI 2019

KO-PEMBIMBING:

Wivia Octarena N., S.T., M.T.

PEMBIMBING:

Lidya Fransisca Tjong, Ir., 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
JANUARI 2019**

PERNYATAAN

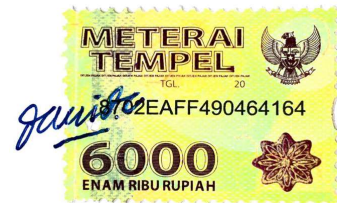
Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama Lengkap : David Christian

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015410072

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Komparasi Sistem Rangka Bresing Eksentrik dengan Intermediate Link pada Konfigurasi Inverted - V dan 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, 1 Januari 2019



David Christian
2015410072

STUDI KOMPARASI SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK DENGAN *INTERMEDIATE LINK* PADA KONFIGURASI *INVERTED - V* DAN *TWO STORY - X*

David Christian
NPM: 2015410072

Pembimbing: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.
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
JANUARI 2019

ABSTRAK

Keterbatasan lahan mengakibatkan pembangunan gedung bertingkat semakin berkembang. Gedung bertingkat memerlukan kekakuan yang cukup agar mampu menahan beban lateral akibat gempa. Kekakuan pada struktur gedung baja dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem rangka bresing. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK). Pada skripsi ini, dilakukan analisis gedung baja enam lantai yang berfungsi sebagai apartemen dengan SRBE berkonfigurasi *Inverted - V* dan *Two Story - X*. Berdasarkan hasil analisis respons spektrum, model *Inverted - V* memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan model *Two Story - X* sehingga simpangan antar lantai yang terjadi lebih kecil. Berdasarkan hasil analisis *pushover*, model *Two Story - X* memiliki kapasitas menahan beban lateral lebih besar dan 57.980 persen lebih daktil dibandingkan dengan model *Inverted - V*. Berdasarkan hasil analisis riwayat waktu, simpangan antar lantai pada model *Two Story - X* akibat rekaman percepatan gempa Kobe, Northridge, dan El-Centro untuk kedua arah dominan lebih besar dibandingkan dengan model *Inverted - V*, akan tetapi tetap bernilai lebih rendah dibandingkan dengan batas simpangan antar lantai izin. Kedua model memiliki tingkat kinerja yang sama yaitu *Life Safety*. Disimpulkan bahwa SRBE dapat bekerja lebih baik dengan konfigurasi yang memiliki jumlah elemen *link* lebih sedikit sehingga dapat banyak mendisipasikan beban lateral.

Kata Kunci: Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE), *Inverted - V*, *Two Story - X*, Analisis Respons Spektrum, Analisis *Pushover*, Analisis Riwayat Waktu

COMPARATIVE STUDY OF ECCENTRICALLY BRACED FRAME WITH INTERMEDIATE LINK ON INVERTED - V AND TWO STORY - X CONFIGURATION

David Christian
NPM: 2015410072

Advisor: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.
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
JANUARY 2019

ABSTRACT

Land limitations lead to more developed multi-storey buildings. Multi-storey buildings require sufficient rigidity to be able to withstand lateral loads due to earthquakes. Steel building stiffness can be improved by using braced frame system. Eccentrically Braced Frame (EBF) has higher rigidity than Moment Resisting Frame (MRF) and has higher ductility compared to Concentrically Braced Frame (CBF). In this study, a six-storey steel building which functions as a residential apartment with Inverted - V and Two Story - X configurations EBF is analyzed. Based on the results of response spectrum analysis, Inverted - V model has higher rigidity than Two Story - X model so the drifts occur are smaller. Based on the results of pushover analysis, Two Story - X model has higher lateral load capacity and 57.980 percent more ductile compared to Inverted - V model. Based on the results of time history analysis, Two Story - X model drifts due to Kobe, Northridge and El-Centro earthquake acceleration recording for each directions are dominantly greater than Inverted - V model, but it still has a lower value than the maximum drifts limit. Both models has the same level of structural performance, i.e. Life Safety. It is concluded that EBF works better with configurations which have fewer link elements so it can dissipate more lateral loads.

Keywords: Eccentrically Braced Frame (EBF), Inverted - V, Two Story - X,
Response Spectrum Analysis, Pushover Analysis, Time History Analysis

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, perlindungan, dan karunia-Nya, skripsi yang berjudul “Studi Komparasi Sistem Rangka Bresiing Eksentrik dengan *Intermediate Link* pada Konfigurasi *Inverted - V* dan *Two Story - X*” dapat penulis selesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses pelaksanaan skripsi ini tentu saja penulis tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada;

1. Seluruh anggota keluarga yang selalu mendukung penulis baik moral maupun materiil, mendoakan, dan menjadi motivasi penulis selama masa studi penulis,
2. **Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.** selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan, dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini,
3. **Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.** selaku Dosen Ko-Pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan, dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini,
4. **Dr. Paulus Karta Wijaya** selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis guna memperbaiki skripsi ini,
5. **Herry Suryadi Djayaprabha, Ph.D.** selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis guna memperbaiki skripsi ini,
6. Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah mengajarkan ilmu mengenai bidang teknik sipil kepada penulis selama masa studi penulis, Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, Dr. Djoni Simanta, Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D., Buen Sian, Ir., M.T., Nenny Samudra, Ir., M.T., Theresita Herni Setiawan, Ir., M.T., Altho Sagara, S.T., M.T., Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc., Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T., dan seluruh dosen yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

7. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil angkatan 2015 yang telah membantu serta memberikan dukungan dan semangat selama masa studi penulis, sehingga penulis dapat lulus dan menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang memerlukan informasi mengenai struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik, 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.

Bandung, 1 Januari 2019



David Christian
2015410072

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penulisan	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penulisan	1-7
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Sistem Rangka Bresing Eksentrik	2-1
2.2 Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung .	2-4
2.2.1 Gempa Rencana	2-4
2.2.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan .	2-4
2.2.3 Klasifikasi Situs	2-6
2.2.4 Koefisien Situs	2-7
2.2.5 Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-10
2.2.6 Respons Spektrum Desain	2-10

2.2.7	Kategori Desain Seismik	2-12
2.2.8	Sistem Struktur Penahan Beban Gempa.....	2-13
2.2.9	Periode Struktur	2-14
2.2.10	Koefisien Respons Seismik	2-15
2.2.11	Geser Dasar Seismik	2-15
2.2.12	Persyaratan Bangunan dengan Ketidakberaturan Struktur..	2-16
2.2.13	Kombinasi Pembebanan	2-18
2.2.14	Berat Seismik Efektif	2-20
2.2.15	Skala Gaya	2-20
2.2.16	Simpangan Antar Lantai.....	2-20
2.3	Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung.....	2-22
2.3.1	Beban Mati.....	2-22
2.3.2	Beban Hidup	2-22
2.4	Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural	2-23
2.4.1	Dasar Desain	2-23
2.4.2	Desain Kekuatan dengan Faktor Beban dan Ketahanan.....	2-24
2.4.3	Desain Kekuatan dengan Kekuatan Izin.....	2-24
2.4.4	Persyaratan Stabilitas Umum.....	2-24
2.4.5	Persyaratan Analisis Umum.....	2-25
2.5	Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung.....	2-25
2.5.1	Persyaratan Komponen Struktur	2-25
2.5.2	Bresing Stabilitas Balok	2-27
2.5.3	Rangka Terbreis Eksentris.....	2-28
2.6	Metode Analisis terhadap Beban Gempa.....	2-29
2.6.1	Analisis Statik Linear	2-29

2.6.2	Analisis Dinamik Linear.....	2-29
2.6.3	Analisis Statik Nonlinear.....	2-29
2.6.4	Analisis Dinamik Nonlinear	2-30
2.7	<i>Pushover Analysis</i>	2-30
2.7.1	Kurva Kapasitas	2-31
2.7.2	<i>Demand Spectrum</i>	2-32
2.7.3	<i>Performance Point</i>	2-33
2.8	Analisis Riwayat Waktu	2-34
2.9	Analisis Nonlinear Integrasi Langsung.....	2-35
2.10	Metode Integrasi Waktu Wilson.....	2-35
2.11	Redaman Rayleigh.....	2-37
2.12	Desain Struktur Berbasis Kinerja	2-38
2.13	Sendi Plastis	2-39
2.14	Tingkat Kinerja Struktur	2-40
2.14.1	<i>Immediately Occupancy (IO)</i>	2-41
2.14.2	<i>Life Safety (LS)</i>	2-41
2.14.3	<i>Collapse Prevention (CP)</i>	2-41
BAB 3 STUDI KASUS.....		3-1
3.1	Data Pemodelan.....	3-1
3.2	Data Material.....	3-1
3.3	Data Struktur	3-2
3.4	Data Pembebanan	3-2
3.4.1	Beban Mati.....	3-3
3.4.2	Beban Mati Tambahan	3-3
3.4.3	Beban Hidup	3-3

3.4.4	Beban Tangga	3-4
3.4.5	Beban Gempa.....	3-4
3.4.6	Beban <i>Notional</i>	3-4
3.5	Kombinasi Pembebanan.....	3-5
3.5.1	Rangka Baja.....	3-5
3.5.2	Baja Komposit.....	3-5
3.6	Profil Struktur.....	3-6
3.6.1	Profil pada SRBE Konfigurasi <i>Inverted - V</i>	3-8
3.6.2	Profil pada SRBE Konfigurasi <i>Two Story - X</i>	3-10
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1	Analisis Respons Spektrum.....	4-1
4.1.1	Periode Struktur dan Partisipasi Massa Ragam	4-1
4.1.2	Gerak Dominan	4-2
4.1.3	Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Lantai	4-2
4.1.4	Ketidakteraturan Horizontal Struktur	4-6
4.1.5	Ketidakteraturan Vertikal Struktur	4-7
4.1.6	Faktor Perbesaran Torsi Tak Terduga	4-7
4.1.7	Gaya Geser Tingkat.....	4-8
4.1.8	Kekakuan Tingkat	4-9
4.1.9	Demand and Capacity Ratio	4-11
4.2	<i>Pushover Analysis</i>	4-17
4.2.1	Mekanisme Keruntuhan.....	4-17
4.2.2	Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Lantai	4-21
4.2.3	Gaya Geser Dasar dan Simpangan Lantai Atap.....	4-25
4.2.4	<i>Performance Point</i>	4-27

4.2.5	Tingkat Kinerja Struktur.....	4-31
4.3	Analisis Riwayat Waktu	4-32
4.3.1	Rekaman Percepatan Gempa Terskala	4-32
4.3.2	Mekanisme Sendi Plastis.....	4-33
4.3.3	Simpangan Antar Lantai dan Simpangan Lantai	4-47
4.3.4	Tingkat Kinerja Struktur.....	4-60
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Simpulan	5-1
5.1.1	Analisis Respons Spektrum	5-1
5.1.2	<i>Pushover Analysis</i>	5-2
5.1.3	Analisis Riwayat Waktu.....	5-2
5.2	Saran	5-3
DAFTAR PUSTAKA		xxvii

DAFTAR NOTASI

A	:	Luas penampang
b_f	:	Lebar profil
C_d	:	Faktor pembesaran defleksi
C_s	:	Koefisien respons seismik
C_t	:	Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
C_u	:	Koefisien nilai maksimum periode bangunan
d	:	Tinggi profil
DL	:	Beban mati
E	:	Beban gempa
ET	:	Beban gempa dengan eksentritas 0,05
E_s	:	Modulus elastisitas baja
f_c'	:	Kuat tekan beton
f_u	:	Kuat ultimit baja
f_y	:	Kuat leleh baja
F_a	:	Koefisien situs untuk periode 0,2 detik
F_v	:	Koefisien situs untuk periode 1 detik
g	:	Percepatan gravitasi
G	:	Modulus geser
h_{sx}	:	Tinggi tingkat di bawah tingkat x
h	:	Tinggi komponen struktur
I_e	:	Faktor Keutamaan
I_x	:	Momen inersia arah x
I_y	:	Momen inersia arah y
L_b	:	Panjang tak terkekang
l_n	:	Bentang bersih untuk komponen struktur
L_r	:	Beban hidup atap
LL	:	Beban hidup lantai
M_n	:	Momen nominal
M_p	:	Momen plastis
M_u	:	Momen ultimit

N_x	:	Beban <i>notional</i> arah x
N_y	:	Beban <i>notional</i> arah y
P_u	:	Gaya aksial ultimit
r_y	:	Radius girasi penampang terhadap sumbu y
r_x	:	Radius girasi penampang terhadap sumbu x
R	:	Koefisien modifikasi respons
S_I	:	Parameter percepatan gempa pada periode 1 detik
S_{DI}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
S_{DS}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik
S_{MI}	:	Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
S_{MS}	:	Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik
S_s	:	Parameter percepatan gempa pada periode 0,2 detik
S_u	:	Kuat geser niralir rata-rata
SW	:	Berat sendiri
t_f	:	Tebal sayap
t_w	:	Tebal badan
T	:	Periode getar fundamental struktur
T_a	:	Periode fundamental pendekatan
u	:	Peralihan struktur
\dot{u}	:	Kecepatan struktur
\ddot{u}	:	Percepatan struktur
ν	:	<i>Poisson's ratio</i>
V	:	Gaya geser dasar seismik
V_p	:	Geser plastis
V_s	:	Kecepatan rata-rata gelombang geser
W	:	Berat seismik efektif
Z	:	Modulus plastis
δ	:	Simpangan antar lantai
ϕ	:	Faktor ketahanan
γ_c	:	Berat isi beton
γ_s	:	Berat isi baja
Ω_0	:	Faktor kuat-lebih sistem

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Denah tipikal lantai 1-6	1-3
Gambar 1.2 Potongan as 1, 6, A, dan F pada konfigurasi <i>Inverted - V</i>	1-4
Gambar 1.3 Tampak tiga dimensi pada konfigurasi <i>Inverted - V</i>	1-4
Gambar 1.4 Potongan as 1, 6, A, dan F pada konfigurasi <i>Two Story - X</i>	1-5
Gambar 1.5 Tampak tiga dimensi pada konfigurasi <i>Two Story - X</i>	1-5
Gambar 1.6 Diagram Alir Penelitian.....	1-8
Gambar 2.1 Perbandingan SRPM, SRBE, dan SRBK	2-1
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Rangka Bresing Eksentrik	2-2
Gambar 2.3 S_s , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek (MCE_R).....	2-8
Gambar 2.4 S_1 , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik (MCE_R).....	2-8
Gambar 2.5 Spektrum Respons Desain.....	2-11
Gambar 2.6 Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	2-21
Gambar 2.7 Model dan kurva <i>pushover analysis</i>	2-30
Gambar 2.8 Transformasi kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas.....	2-31
Gambar 2.9 Transformasi grafik respons spektra ke dalam format ADRS.....	2-32
Gambar 2.10 <i>Locus of possible performance points</i> dan kurva kapasitas.....	2-33
Gambar 2.11 Metode Integrasi Waktu Wilson	2-36
Gambar 2.12 Contoh model redaman Rayleigh.....	2-37
Gambar 2.13 Kurva <i>force - displacement</i> pada elemen struktur	2-39
Gambar 3.1 Penampang melintang <i>Bond Deck</i>	3-1
Gambar 3.2 Respons Spektrum Desain Palembang pada Tanah Keras (SC).....	3-4
Gambar 3.3 Ilustrasi sambungan elemen <i>link</i> dan elemen balok.....	3-7
Gambar 3.4 Konfigurasi arah sumbu lemah kolom	3-8

Gambar 3.5 Potongan as 1, 6, A, dan F pada model <i>Inverted - V</i>	3-8
Gambar 3.6 Potongan as 2-5 dan B-F pada model <i>Inverted - V</i>	3-9
Gambar 3.7 Denah balok lantai 1-5 pada model <i>Inverted - V</i>	3-9
Gambar 3.8 Denah balok lantai atap pada model <i>Inverted - V</i>	3-10
Gambar 3.9 Potongan as 1, 6, A, dan F pada model <i>Two Story - X</i>	3-10
Gambar 3.10 Potongan as 2-5 dan B-F pada model <i>Two Story - X</i>	3-11
Gambar 3.11 Denah balok lantai 1, 3, dan 5 pada model <i>Two Story - X</i>	3-11
Gambar 3.12 Denah balok lantai 2 dan 4 pada model <i>Two Story - X</i>	3-12
Gambar 3.13 Denah balok lantai atap pada model <i>Two Story - X</i>	3-12
Gambar 4.1 Grafik simpangan antar lantai arah x.....	4-4
Gambar 4.2 Grafik simpangan antar lantai arah y	4-4
Gambar 4.3 Grafik simpangan lantai arah x.....	4-5
Gambar 4.4 Grafik simpangan lantai arah y.....	4-5
Gambar 4.5 Grafik gaya geser tingkat arah x	4-8
Gambar 4.6 Grafik gaya geser tingkat arah y	4-9
Gambar 4.7 Grafik kekakuan tingkat arah x.....	4-10
Gambar 4.8 Grafik kekakuan tingkat arah y.....	4-10
Gambar 4.9 <i>D/C ratio</i> maksimum kolom pada model <i>Inverted - V</i>	4-12
Gambar 4.10 <i>D/C ratio</i> maksimum balok induk pada model <i>Inverted - V</i>	4-12
Gambar 4.11 <i>D/C ratio</i> maksimum <i>Link</i> pada model <i>Inverted - V</i>	4-13
Gambar 4.12 <i>D/C ratio</i> maksimum bresing pada model <i>Inverted - V</i>	4-13
Gambar 4.13 <i>D/C ratio</i> maksimum balok anak pada model <i>Inverted - V</i>	4-14
Gambar 4.14 <i>D/C ratio</i> maksimum kolom pada model <i>Two Story - X</i>	4-14
Gambar 4.15 <i>D/C ratio</i> maksimum balok induk pada model <i>Two Story - X</i>	4-15
Gambar 4.16 <i>D/C ratio</i> maksimum <i>Link</i> pada model <i>Two Story - X</i>	4-15

Gambar 4.17 <i>D/C ratio</i> maksimum bresing pada model <i>Two Story - X</i>	4-16
Gambar 4.18 <i>D/C ratio</i> maksimum balok anak pada model <i>Two Story - X</i>	4-16
Gambar 4.19 Indikator warna sendi plastis	4-17
Gambar 4.20 Sendi plastis pertama arah x model <i>Inverted - V</i>	4-17
Gambar 4.21 Sendi plastis <i>performance point</i> arah x model <i>Inverted - V</i>	4-18
Gambar 4.22 Sendi plastis pertama arah y model <i>Inverted - V</i>	4-18
Gambar 4.23 Sendi plastis <i>performance point</i> arah y model <i>Inverted - V</i>	4-19
Gambar 4.24 Sendi plastis pertama arah x model <i>Two Story - X</i>	4-19
Gambar 4.25 Sendi plastis <i>performance point</i> arah x model <i>Two Story - X</i>	4-20
Gambar 4.26 Sendi plastis pertama arah y model <i>Two Story - X</i>	4-20
Gambar 4.27 Sendi plastis <i>performance point</i> arah y model <i>Two Story - X</i>	4-21
Gambar 4.28 Grafik simpangan antar lantai arah x hasil <i>pushover analysis</i> ...	4-23
Gambar 4.29 Grafik simpangan antar lantai arah y hasil <i>pushover analysis</i> ...	4-23
Gambar 4.30 Grafik simpangan lantai arah x hasil <i>pushover analysis</i>	4-24
Gambar 4.31 Grafik simpangan lantai arah y hasil <i>pushover analysis</i>	4-24
Gambar 4.32 Grafik <i>base shear vs roof displacement</i> arah x.....	4-26
Gambar 4.33 Grafik <i>base shear vs roof displacement</i> arah y.....	4-26
Gambar 4.34 <i>Performance point</i> model <i>Inverted - V</i> arah x	4-27
Gambar 4.35 <i>Performance point</i> model <i>Inverted - V</i> arah y	4-28
Gambar 4.36 <i>Performance point</i> model <i>Two Story - X</i> arah x	4-29
Gambar 4.37 <i>Performance point</i> model <i>Two Story - X</i> arah y	4-30
Gambar 4.38 Percepatan gempa terskala Kobe durasi 28 detik.....	4-32
Gambar 4.39 Percepatan gempa terskala Northridge durasi 28 detik.....	4-32
Gambar 4.40 Percepatan gempa terskala El-Centro durasi 14 detik.....	4-32
Gambar 4.41 Perbandingan rekaman percepatan gempa terskala	4-33

Gambar 4.42	Sendi plastis pertama Kobe arah x model <i>Inverted - V</i>	4-34
Gambar 4.43	Sendi plastis terakhir Kobe arah x model <i>Inverted - V</i>	4-34
Gambar 4.44	Sendi plastis pertama Kobe arah y model <i>Inverted - V</i>	4-35
Gambar 4.45	Sendi plastis terakhir Kobe arah y model <i>Inverted - V</i>	4-35
Gambar 4.46	Sendi plastis pertama Northridge arah x model <i>Inverted - V</i>	4-36
Gambar 4.47	Sendi plastis terakhir Northridge arah x model <i>Inverted - V</i>	4-36
Gambar 4.48	Sendi plastis pertama Northridge arah y model <i>Inverted - V</i>	4-37
Gambar 4.49	Sendi plastis terakhir Northridge arah y model <i>Inverted - V</i>	4-37
Gambar 4.50	Sendi plastis pertama El-Centro arah x model <i>Inverted - V</i>	4-38
Gambar 4.51	Sendi plastis terakhir El-Centro arah x model <i>Inverted - V</i>	4-38
Gambar 4.52	Sendi plastis pertama El-Centro arah y model <i>Inverted - V</i>	4-39
Gambar 4.53	Sendi plastis terakhir El-Centro arah y model <i>Inverted - V</i>	4-39
Gambar 4.54	Sendi plastis pertama Kobe arah x model <i>Two Story - X</i>	4-40
Gambar 4.55	Sendi plastis terakhir Kobe arah x model <i>Two Story - X</i>	4-40
Gambar 4.56	Sendi plastis pertama Kobe arah y model <i>Two Story - X</i>	4-41
Gambar 4.57	Sendi plastis terakhir Kobe arah y model <i>Two Story - X</i>	4-41
Gambar 4.58	Sendi plastis pertama Northridge arah x model <i>Two Story - X</i>	4-42
Gambar 4.59	Sendi plastis terakhir Northridge arah x model <i>Two Story - X</i>	4-42
Gambar 4.60	Sendi plastis pertama Northridge arah y model <i>Two Story - X</i>	4-43
Gambar 4.61	Sendi plastis terakhir Northridge arah y model <i>Two Story - X</i>	4-43
Gambar 4.62	Sendi plastis pertama El-Centro arah x model <i>Two Story - X</i>	4-44
Gambar 4.63	Sendi plastis terakhir El-Centro arah x model <i>Two Story - X</i>	4-44
Gambar 4.64	Sendi plastis pertama El-Centro arah y model <i>Two Story - X</i>	4-45
Gambar 4.65	Sendi plastis terakhir El-Centro arah y model <i>Two Story - X</i>	4-45
Gambar 4.66	Grafik simpangan antar lantai arah x akibat gempa Kobe	4-48

- Gambar 4.67** Grafik simpangan antar lantai arah y akibat gempa Kobe4-48
- Gambar 4.68** Grafik simpangan antar lantai arah x akibat gempa Northridge. 4-49
- Gambar 4.69** Grafik simpangan antar lantai arah y akibat gempa Northridge. 4-49
- Gambar 4.70** Grafik simpangan antar lantai arah x akibat gempa El-Centro... 4-50
- Gambar 4.71** Grafik simpangan antar lantai arah y akibat gempa El-Centro... 4-50
- Gambar 4.72** Grafik simpangan lantai arah x akibat gempa Kobe4-51
- Gambar 4.73** Grafik simpangan lantai arah y akibat gempa Kobe4-51
- Gambar 4.74** Grafik simpangan lantai arah x akibat gempa Northridge..... 4-52
- Gambar 4.75** Grafik simpangan lantai arah y akibat gempa Northridge..... 4-52
- Gambar 4.76** Grafik simpangan lantai arah x akibat gempa El-Centro4-53
- Gambar 4.77** Grafik simpangan lantai arah y akibat gempa El-Centro4-53
- Gambar 4.78** Grafik simpangan antar lantai arah x model *Inverted - V*4-54
- Gambar 4.79** Grafik simpangan antar lantai arah y model *Inverted - V*4-55
- Gambar 4.80** Grafik simpangan antar lantai arah x model *Two Story - X*.....4-55
- Gambar 4.81** Grafik simpangan antar lantai arah y model *Two Story - X*.....4-56
- Gambar 4.82** Grafik simpangan lantai arah x model *Inverted - V*4-57
- Gambar 4.83** Grafik simpangan lantai arah y model *Inverted - V*4-57
- Gambar 4.84** Grafik simpangan lantai arah x model *Two Story - X*4-58
- Gambar 4.85** Grafik simpangan lantai arah y model *Two Story - X*4-59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa	2-5
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	2-6
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs	2-7
Tabel 2.4 Koefisien Situs (F_a).....	2-9
Tabel 2.5 Koefisien Situs (F_v)	2-10
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai Parameter S_{DS}	2-12
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai Parameter S_{D1}	2-12
Tabel 2.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	2-13
Tabel 2.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	2-14
Tabel 2.10 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	2-14
Tabel 2.11 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur	2-16
Tabel 2.12 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur.....	2-17
Tabel 2.13 Simpangan Antar Lantai Izin	2-21
Tabel 2.14 Beban mati tambahan.....	2-22
Tabel 2.15 Beban hidup minimum berdasarkan fungsi areal	2-23
Tabel 2.16 Batasan Rasio Lebar-Tebal untuk Elemen Tekan	2-26
Tabel 2.17 Persyaratan <i>Roof Drift Ratio</i>	2-41
Tabel 2.18 <i>Acceptance criteria</i> rotasi sendi plastis pada balok dan kolom	2-42
Tabel 2.19 <i>Acceptance criteria</i> rotasi sendi plastis pada bresing	2-42
Tabel 3.1 Profil elemen struktur	3-6
Tabel 4.1 Periode Struktur dan Partisipasi Massa Ragam	4-1
Tabel 4.2 Gerak Dominan	4-2
Tabel 4.3 Perhitungan simpangan antar lantai model <i>Inverted - V</i> arah x.....	4-3

Tabel 4.4 Perhitungan simpangan antar lantai model <i>Inverted - V</i> arah y.....	4-3
Tabel 4.5 Perhitungan simpangan antar lantai model <i>Two Story - X</i> arah x.....	4-3
Tabel 4.6 Perhitungan simpangan antar lantai model <i>Two Story - X</i> arah y.....	4-3
Tabel 4.7 Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b pada model <i>Inverted - V</i>	4-6
Tabel 4.8 Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b pada model <i>Two Story - X</i>	4-6
Tabel 4.9 Faktor perbesaran torsi tak terduga pada model <i>Inverted - V</i>	4-7
Tabel 4.10 Faktor perbesaran torsi tak terduga pada model <i>Two Story - X</i>	4-7
Tabel 4.11 Gaya Geser Tingkat.....	4-8
Tabel 4.12 Kekakuan Tingkat.....	4-9
Tabel 4.13 <i>D/C ratio</i> maksimum model <i>Inverted - V</i> dan <i>Two Story - X</i>	4-11
Tabel 4.14 Simpangan antar lantai hasil <i>pushover analysis</i>	4-22
Tabel 4.15 Simpangan lantai hasil <i>pushover analysis</i>	4-22
Tabel 4.16 <i>Base shear vs roof displacement</i> model <i>Inverted - V</i>	4-25
Tabel 4.17 <i>Base shear vs roof displacement</i> model <i>Two Story - X</i>	4-25
Tabel 4.18 <i>Performance point</i> model <i>Inverted - V</i> arah x.....	4-27
Tabel 4.19 <i>Performance point</i> model <i>Inverted - V</i> arah y.....	4-28
Tabel 4.20 <i>Performance point</i> model <i>Two Story - X</i> arah x.....	4-29
Tabel 4.21 <i>Performance point</i> model <i>Two Story - X</i> arah y.....	4-29
Tabel 4.22 Simpangan Lantai Atap saat <i>Performance Point</i> (milimeter).....	4-31
Tabel 4.23 <i>Roof Drift Ratio</i> saat <i>Performance Point</i>	4-31
Tabel 4.24 Tingkat Kinerja Struktur saat <i>Performance Point</i>	4-31
Tabel 4.25 Waktu terjadinya sendi plastis pada model <i>Inverted - V</i>	4-46
Tabel 4.26 Waktu terjadinya sendi plastis pada model <i>Two Story - X</i>	4-46
Tabel 4.27 Simpangan antar lantai akibat gempa Kobe.....	4-48
Tabel 4.28 Simpangan antar lantai akibat gempa Northridge.....	4-49

Tabel 4.29 Simpangan antar lantai akibat gempa El-Centro	4-50
Tabel 4.30 Simpangan lantai akibat gempa Kobe	4-51
Tabel 4.31 Simpangan lantai akibat gempa Northridge.....	4-52
Tabel 4.32 Simpangan lantai akibat gempa El-Centro.....	4-53
Tabel 4.33 Simpangan antar lantai arah x model <i>Inverted - V</i>	4-54
Tabel 4.34 Simpangan antar lantai arah y model <i>Inverted - V</i>	4-54
Tabel 4.35 Simpangan antar lantai arah x model <i>Two Story - X</i>	4-55
Tabel 4.36 Simpangan antar lantai arah y model <i>Two Story - X</i>	4-56
Tabel 4.37 Simpangan lantai arah x model <i>Inverted - V</i>	4-56
Tabel 4.38 Simpangan lantai arah y model <i>Inverted - V</i>	4-57
Tabel 4.39 Simpangan lantai arah x model <i>Two Story - X</i>	4-58
Tabel 4.40 Simpangan lantai arah y model <i>Two Story - X</i>	4-58
Tabel 4.41 Simpangan Lantai Atap Maksimum (milimeter).....	4-60
Tabel 4.42 <i>Roof Drift Ratio</i>	4-60
Tabel 4.43 Tingkat Kinerja Struktur	4-60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Profil Baja WF	L1-1
Lampiran 2 Tabel Profil Baja HSS	L2-1
Lampiran 3 Bresing Lateral.....	L3-1
Lampiran 4 Kategori Elemen <i>Link</i>	L4-1
Lampiran 5 Faktor Skala Gempa Model <i>Inverted - V</i>	L5-1
Lampiran 6 Faktor Skala Gempa Model <i>Two Story - X</i>	L6-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini jumlah penduduk semakin bertambah banyak sehingga kebutuhan lahan untuk pembangunan terus meningkat, akan tetapi ketersediaan lahan tidak dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Keterbatasan lahan mengakibatkan pembangunan akan lebih dominan berkembang ke arah vertikal dibandingkan ke arah horizontal. Struktur gedung bertingkat pada umumnya dapat dibangun menggunakan material kayu, beton, dan baja. Penggunaan material baja dalam konstruksi memiliki keunggulan dibandingkan material lainnya, yaitu waktu pelaksanaan yang lebih cepat, lebih efektif untuk bentang yang panjang, rasio yang rendah antara berat struktur dan daya dukung struktur terhadap beban yang dapat dipikul, dan mutu yang terkontrol.

Indonesia berada pada kawasan cincin api pasifik dengan gunung berapi yang masih aktif melakukan erupsi, sehingga memicu terjadinya gempa vulkanik. Indonesia juga berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yaitu lempeng Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia. Pergerakan relatif seperti pergeseran, patahan, dan tumbukan antara ketiga lempeng tektonik tersebut mengakibatkan terjadinya gempa tektonik serta menimbulkan terbentuknya sesar-sesar regional yang selanjutnya juga menjadi sumber gempa. Oleh karena itu, pembangunan struktur gedung bertingkat di Indonesia harus memenuhi standar ketahanan gempa sehingga mampu menahan beban gempa yang akan terjadi.

Pada dasarnya beban gempa merupakan beban lateral yang memiliki sifat bolak-balik, beban lateral tersebut ditahan oleh kekakuan yang dimiliki struktur. Kekakuan pada struktur gedung baja dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem rangka bresing. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) memiliki kelebihan dibandingkan Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK). SRBE memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan SRPM dan memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRBK.

Pada SRBE terdapat suatu bagian dari balok yang disebut *link*, bagian tersebut perlu direncanakan secara khusus sehingga dapat menyerap energi gempa ketika mengalami deformasi. Pada saat struktur gedung baja menerima beban lateral, elemen *link* akan mendisipasikan energi dari beban lateral tersebut dengan mengalami deformasi inelastis. Elemen *link* dirancang untuk berfungsi sebagai elemen *fuse*, oleh karena itu deformasi inelastis harus terjadi pertama kali pada elemen *link*. Pada elemen struktur lain seperti kolom, bresing, dan balok selain pada elemen *link* diizinkan untuk mengalami deformasi inelastis setelah elemen *fuse* bekerja atau elemen *link* telah mengalami deformasi inelastis.

1.2 Inti Permasalahan

Struktur gedung bertingkat harus direncanakan menahan beban lateral, sehingga ketika terjadi gempa bumi gedung bertingkat tersebut tidak mengalami kegagalan. Struktur gedung bertingkat dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) mengandalkan elemen *link* sebagai elemen *fuse*, sehingga kerusakan struktural akan bermula pada elemen *link*. Selain itu, sistem rangka bresing memiliki berbagai macam konfigurasi. Konfigurasi sistem rangka bresing yang berbeda menghasilkan respons struktur yang berbeda. Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan dibahas bagaimana pengaruh perbedaan konfigurasi sistem rangka bresing terhadap respons struktur akibat beban lateral gempa. Konfigurasi SRBE yang akan dikomparasikan pada skripsi ini adalah *Inverted - V* dengan 1 elemen *link* setiap lantai dan *Two Story - X* dengan 1 elemen *link* setiap 2 lantai.

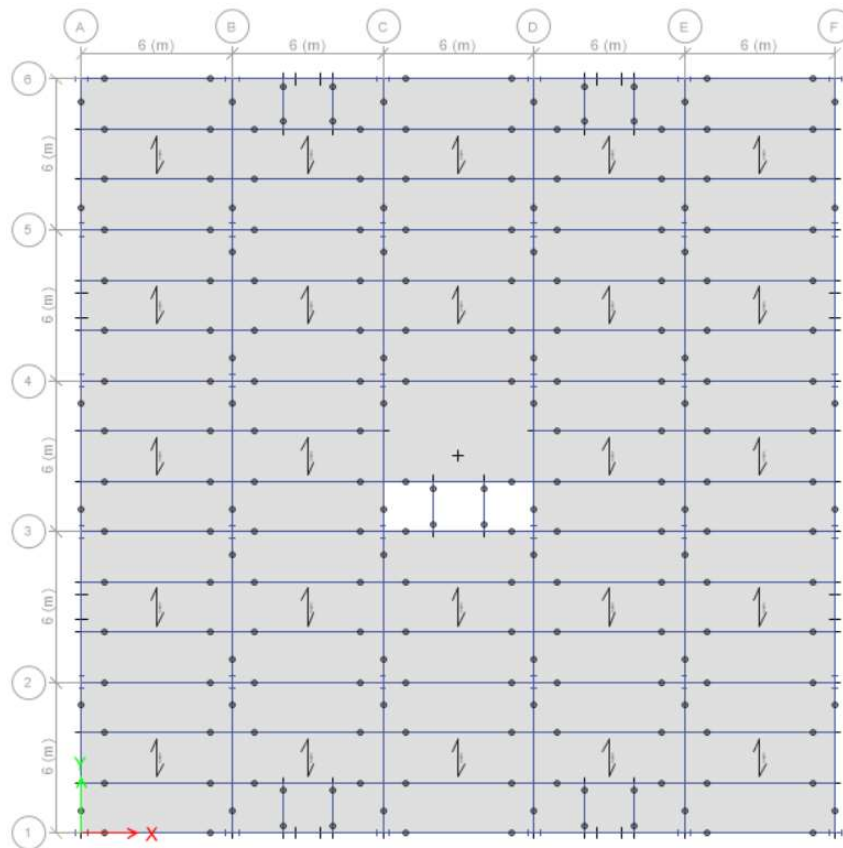
1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mengetahui respons struktur gedung bertingkat yang mengalami beban lateral gempa terhadap penggunaan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dengan konfigurasi sistem rangka bresing yang berbeda serta pengaruh dari jumlah elemen *link* yang berbeda pada konfigurasi *Inverted - V* dan *Two Story - X*.

1.4 Pembatasan Masalah

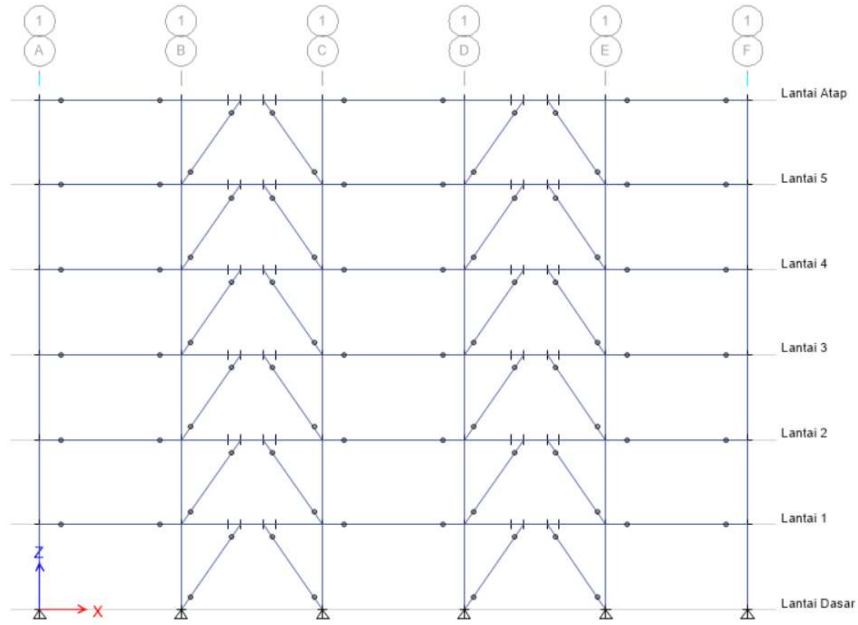
Pembatasan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan terhadap gedung 6 lantai dengan denah berbentuk simetri 30 m x 30 m. Jumlah bentang 5 dengan jarak 6 m baik ke arah x maupun ke arah y dan memiliki tinggi antar lantai sebesar 3,6 m. Denah tipikal gedung bertingkat seperti pada Gambar 1.1.

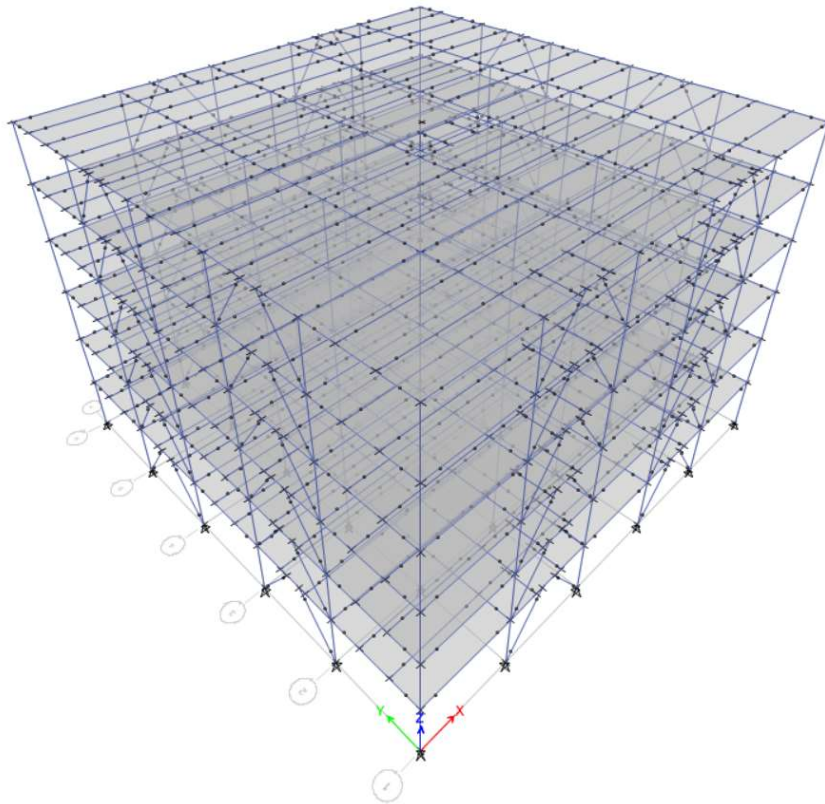


Gambar 1.1 Denah tipikal lantai 1-6

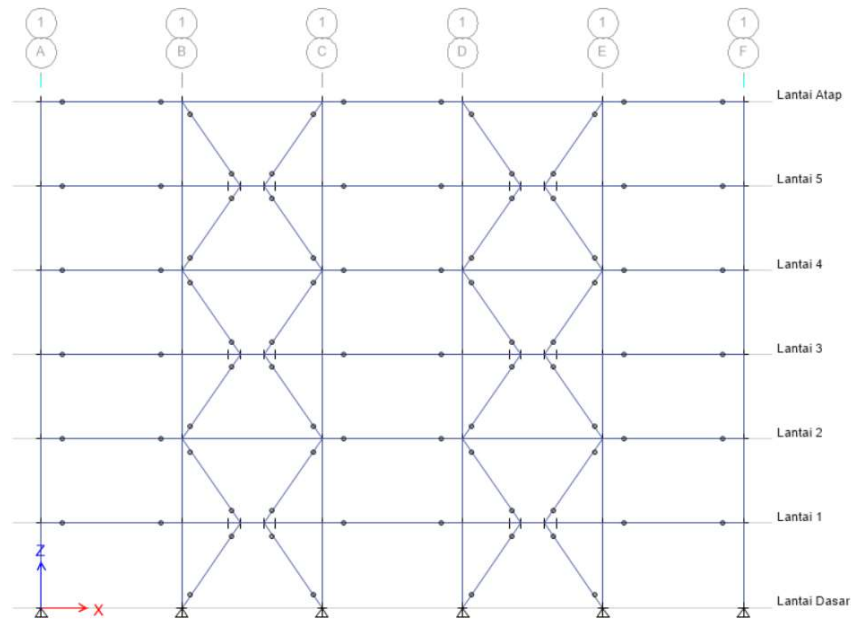
2. Letak bresing berada pada bentang ke-2 dan ke-4 di perimeter terluar gedung untuk semua lantai ke arah x dan y. Konfigurasi *Inverted - V* seperti pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3, sedangkan konfigurasi *Two Story - X* seperti pada Gambar 1.4 dan Gambar 1.5.



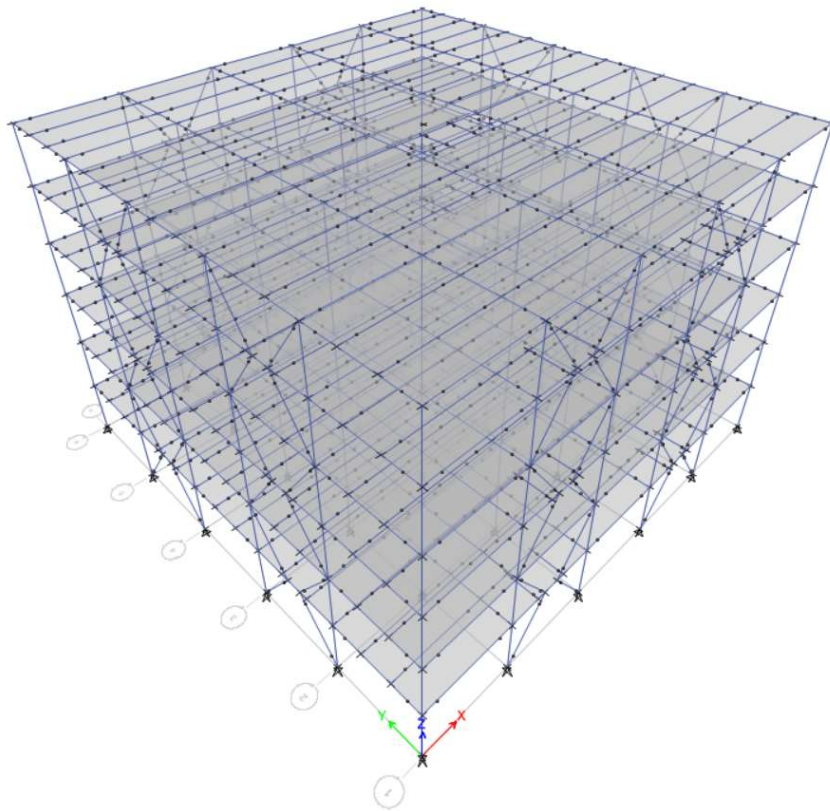
Gambar 1.2 Potongan as 1, 6, A, dan F pada konfigurasi *Inverted - V*



Gambar 1.3 Tampak tiga dimensi pada konfigurasi *Inverted - V*



Gambar 1.4 Potongan as 1, 6, A, dan F pada konfigurasi *Two Story - X*



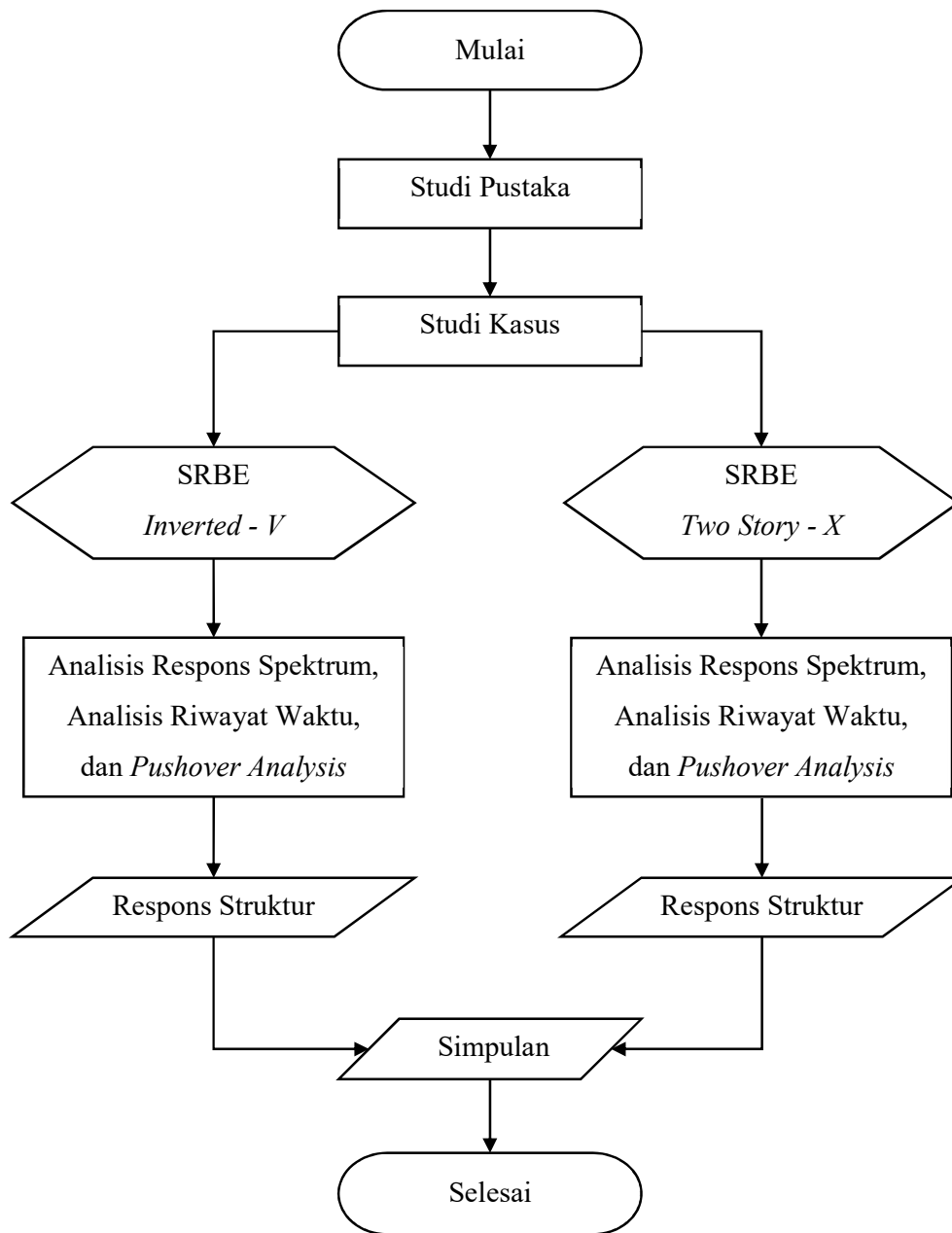
Gambar 1.5 Tampak tiga dimensi pada konfigurasi *Two Story - X*

3. Sistem Rangka Bresing Eksentrik dengan kategori *intermediate link* dan panjang eksentrisitas *link* yang sama pada konfigurasi *Inverted - V* dan *Two Story - X*.
4. Digunakan baja profil *HSS* persegi untuk bresing, sedangkan baja profil *WF* untuk *link*, balok, dan kolom. Mutu baja yang digunakan adalah BJ 41 dengan $f_y = 250$ MPa dan $f_u = 410$ MPa.
5. Perencanaan pembebanan struktur sesuai dengan fungsi struktur gedung bertingkat sebagai apartemen.
6. Gedung bertingkat direncanakan terletak pada wilayah Palembang dengan klasifikasi situs tanah keras (SC).
7. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program ETABS.
8. Desain struktur dilakukan dengan analisis elemen yang menerapkan prinsip desain kapasitas.
9. Tumpuan dimodelkan sebagai sendi untuk semua kolom.
10. Perancangan sambungan dan pondasi tidak dianalisis.
11. Peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. SNI 1726:2012. (2012). *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*.

1.5 Metode Penulisan

Metode penulisan skripsi ini adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi pustaka dilakukan dari berbagai referensi untuk mendapatkan konsep mengenai Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) yang diperlukan dalam mendukung analisis yang akan dilakukan. Sumber penulisan diperoleh dari artikel, buku, jurnal, makalah, peraturan, dan tulisan di internet yang tercantum pada daftar pustaka.
2. Pemodelan struktur dengan menggunakan program ETABS dengan melakukan *preliminary design* terlebih dahulu secara manual dengan menerapkan konsep desain kapasitas dan menggunakan program PTC Mathcad Prime.
3. Studi analisis beban lateral gempa pada kondisi elastik dengan analisis respons spektrum.
4. Studi analisis beban lateral gempa pada kondisi inelastik dengan analisis riwayat waktu dan *pushover analysis*.
5. Simpulan mengenai hasil yang didapat dan saran dapat dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut.



Gambar 1.6 Diagram Alir Penelitian