

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIS
ANTARA
V-BREISING KONSENTRIS KONVENSIONAL
DENGAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***



**STANLEY HENDRAWAN
NPM: 2013410150**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017**

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIS
ANTARA
V-BREISING KONSENTRIS KONVENSIONAL
DENGAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE***



STANLEY HENRAWAN
NPM: 2013410150

BANDUNG, 14 JUNI 2016
PEMBIMBING

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Stanley Hendrawan

NPM : 2013410150

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perbandingan Perilaku Inelastis Antara V-Breising Konsentris Konvensional Dengan Buckling-Restrained Brace* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 14 Juni 2017



Stanley Hendrawan

NPM : 2013410150

STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIS ANTARA V-BREISING KONSENTRIS KONVENSIONAL DENGAN *BUCKLING-RESTRAINED BRACE*

Stanley Hendrawan
NPM : 2013410150

Pembimbing : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG
JUNI 2017

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi kegempaan tinggi. Gempa bumi dapat mengakibatkan kerusakan bangunan serta menimbulkan banyak korban jiwa. Oleh karena itu diperlukan perencanaan bangunan tahan gempa. Pada umumnya bangunan-bangunan di Indonesia menggunakan sistem SRPMK, namun sistem ini hanya berfungsi sebagai penahan momen saja. Oleh karena itu ditemukan solusi bangunan tahan gempa yaitu pemasangan breising sebagai pengaku. Kelemahan breising yaitu tidak tahan terhadap tekuk, maka dilakukan pengembangan dari *special concentrically braced frame* (SCBF) menjadi *buckling restrained braced frame* (BRBF). Pada studi kali ini akan diteliti perbandingan perilaku inelastis antara SCBF dengan BRBF, dimana tipe breising yang digunakan yaitu V. Model struktur yang ditinjau pada studi kali ini berfungsi sebagai gedung perkantoran 6 lantai dan bangunan simetris terdiri dari 3 bentang. Perilaku inelastis struktur akan ditinjau menggunakan analisis riwayat waktu akibat percepatan gempa El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979. Pemodelan dan analisis menggunakan perangkat lunak ETABS 16.10. Hasil analisis riwayat waktu yang ditinjau berupa *displacement*, *story drift*, faktor pembesaran defleksi, sendi plastis, *base shear reaction*, dan tingkat kinerja struktur. Dari berbagai perbandingan yang telah dilakukan antara SCBF dengan BRBF secara keseluruhan keduanya relatif sama, karena tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun pada tingkat kinerja struktur terlihat hasil yang mencolok dimana pada model SCBF struktur mencapai tingkat *life safety* (LS) bahkan ada yang mencapai *collapse prevention* (CP). Sedangkan pada model BRBF, kinerja struktur konsisten pada tingkat *immediate occupancy* (IO). Jadi dapat disimpulkan bahwa model BRBF lebih baik dibandingkan model SCBF.

Kata kunci : SCBF, BRBF, analisis riwayat waktu, tingkat kinerja

COMPARISON STUDY ON THE INELASTIC BEHAVIOR BETWEEN CONCENTRICALLY V-BRACE AND BUCKLING-RESTRAINED BRACE

**Stanley Hendrawan
NPM : 2013410150**

Advisor : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG

JUNI 2017

ABSTRACT

Indonesia is a country that has high potential for earthquakes to activity. These earthquakes can cause damages to buildings and could result in many casualties. Because of that good design is needed when constructing an earthquake resistant building. In general buildings in Indonesia uses a SRPMK system as a moment resisting frame. Because of that, other solutions have created for earthquake resistant buildings such as installing breising on *special concentrically braced frame* (SCBF). The weakness of this breising has a lower buckling load than in tension, for this reason SCBF is developed to BRBF (*buckling restrained braced frame*). During this study, an analysis will be done to see the inelastic behaviour between SCBF and BRBF. Building model will be used V breising. The building was a six story office building consist of three spans on both axis. The inelastic characteristics of the building will be observed using time history analysis under the El-Centre 1940, Flores 1992, and Denpasar 1979 earthquakes. The model and analysis will use the ETABS 16.10 software. The time history analysis will observed the displacement, story drift, amplification factor, plastic hinges, base shear reaction, and performance level. The comparisons that has been done between the response of SCBF and BRBF resulted no significant differences. In the case of the performance level there is a significant difference between the two. The SCBF structure reached the life safety level (LS) and some even reached collapse prevention (CP). While in BRBF model, the structural work is at the immediate occupancy (IO) level. It can be concluded that the BRBF model is more effective than the SCBF.

Key words: SCBF, BRBF, time history analysis, performance level

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Perbandingan Perilaku Inelastis Antara V-Breising Konsentris Konvensional Dengan Buckling-Restrained Brace*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, tetapi berkat saran serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
2. Dr. Djoni Simanta, Ir., M.T. dan Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan;
3. Seluruh dosen karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan bagi penulis;
4. Keluarga yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
5. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Ken, Alvan, dan Jerry atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
6. Teman-teman CVP atas kebersamaannya yang telah menemani perkuliahan penulis selama 8 semester ini;
7. Ardi dan Ken yang telah membantu selama proses perkuliahan penulis dengan sabar;
8. Seluruh Mahasiswa angkatan 2013 Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, tetapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan menambah pengetahuan bagi pihak yang membacanya.

Bandung, 14 Juni 2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Stanley Hendrawan', with a horizontal line underneath.

Stanley Hendrawan

NPM: 2013410150

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
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	1-2
1.5 Metoda Penulisan	1-5
1.6 Sistematika Penulisan	1-6
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	2-1
2.1.1 Beban Mati	2-1
2.1.2 Beban Hidup	2-2
2.2 SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Stuktur Bangunan Gedung dan Non Gedung	2-3
2.2.1 Gempa Rencana	2-3
2.2.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	2-3
2.2.3 Klasifikasi Situs	2-5

2.2.4	Spektrum Respons	2-7
2.2.5	Kategori Desain Seismik.....	2-10
2.2.6	Struktur Penahan Beban Gempa.....	2-11
2.2.7	Redundansi.....	2-12
2.2.8	Kombinasi Pembebanan.....	2-13
2.2.9	Prosedur Analisis.....	2-14
2.2.10	Berat Seismik Efektif.....	2-16
2.2.11	Gaya Lateral Ekuivalen	2-16
2.2.12	Analisis Spektrum Respons Ragam.....	2-18
2.2.13	Simpangan Antar Lantai	2-18
2.3	Metode Analisis Terhadap Beban Gempa	2-20
2.4	Analisis Riwayat Waktu Nonlinier.....	2-21
2.5	Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar	2-22
2.6	Metode Integrasi Waktu Newmark.....	2-24
2.7	Redaman Rayleigh.....	2-24
2.8	Perilaku Inelastis Struktur	2-25
2.9	Desain Struktur Berbasis Kinerja	2-26
2.10	Tingkat Kinerja Struktur.....	2-27
2.11	SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural	2-28
2.12	Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.....	2-31
2.13	Breising Konsentris Khusus (SCBF).....	2-32
2.14	<i>Buckling-Restrained Brace</i> (BRBF).....	2-33
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR		3-1
3.1	Data Bangunan	3-1
3.1.1	Data Struktur	3-1
3.1.2	Data Material.....	3-1

3.2	Pembebanan	3-2
3.2.1	Berat Sendiri Struktur	3-2
3.2.2	Beban Mati Tambahan.....	3-2
3.2.3	Beban Hidup.....	3-3
3.2.4	Beban Gempa	3-3
3.2.5	Kombinasi Pembebanan.....	3-3
3.3	Hasil Analisis dan Desain	3-4
3.3.1	Model Breising Konsentris Khusus (SCBF).....	3-4
3.3.2	Model <i>Buckling-Restrained Brace</i> (BRBF).....	3-8
3.4	Analisis Modal	3-11
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1	Analisis Riwayat Waktu	4-1
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu	4-3
4.2.1	Peralihan Maksimum Tiap Lantai	4-3
4.2.2	Rasio Simpangan Antar Lantai.....	4-9
4.2.3	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	4-16
4.2.4	Sendi Plastis	4-18
4.2.5	Gaya Geser Dasar	4-31
4.2.6	Tingkat Kinerja Struktur.....	4-32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		6-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_y	= Luas penampang daerah kelelahan BRBF
ASCE	= <i>American Society of Civil Engineers</i>
BRBF	= <i>Buckling Restrained Braced Frame</i>
C_d	= Faktor pembesaran defleksi
C_t	= Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur
CP	= <i>Collapse Prevention</i>
FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
F_a	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
F_v	= Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
f'_c	= Kuat tekan beton
f_y	= Kuat leleh tulangan
g	= Percepatan gravitasi
h_{sx}	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
h	= Tinggi komponen struktur
I_e	= Faktor keutamaan
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
IWF	= <i>Wide Flange</i>
K_y	= Kekakuan bagian kelelahan
K_{con}	= Kekakuan sambungan
K_g	= Kekakuan balok/kolom

l_n	= Bentang bersih untuk komponen struktur
LS	= <i>Life Safety</i>
L_{wp}	= Panjang titik kerja – titik kerja BRBF
L_1	= Panjang keseluruhan breis BRBF
L_y	= Panjang daerah leleh breis BRBF
MCE_R	= <i>Risk Targeted Maximum Considered Earthquake</i>
m	= meter
mm	= milimeter
MPa	= Mega Pascal
R	= Faktor modifikasi respons
r_x	= Radius girasi penampang terhadap sumbu x
r_y	= Radius girasi penampang terhadap sumbu y
SCBF	= <i>Special Concentrically Braced Frames</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
S_{D1}	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
S_{DS}	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek
S_1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
S_S	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
S_u	= Kuat geser niralir rata-rata
t_f	= Tebal sayap
t_w	= Tebal badan
T	= Periode fundamental struktur

T_a	= Periode fundamental pendekatan
u	= Peralihan struktur
V_s	= Kecepatan rata-rata gelombang geser
Δ	= Simpangan antar lantai tingkat desain
γ_c	= Berat isi beton
γ_s	= Berat isi baja
Ω_0	= Faktor kuat lebih

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Plan View</i> Model Struktur.....	1-3
Gambar 1.2 <i>Elevation View</i> Model Struktur	1-4
Gambar 1.3 <i>3-D View</i> Model Struktur.....	1-4
Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian	1-5
Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain, SNI 1726:2012.....	2-10
Gambar 2.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai	2-19
Gambar 2.3 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S	2-23
Gambar 2.4 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Flores 1992.....	2-23
Gambar 2.5 Rekaman Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979.....	2-23
Gambar 2.6 Contoh Redaman Rayleigh	2-25
Gambar 2.7 Sistem Rangka Breising Konsentris	2-32
Gambar 2.8 Sistem Breising Tahan Tekuk	2-33
Gambar 2.9 Komponen Breising Tahan Tekuk.....	2-34
Gambar 2.10 Konfigurasi Breising Tahan Tekuk	2-34
Gambar 2.11 Perilaku BRB Akibat Pembebanan Siklik	2-35
Gambar 3.1 Denah Model SCBF Lantai 1-6.....	3-5
Gambar 3.2 Potongan Model SCBF As-A dan As-D	3-6
Gambar 3.3 Potongan Model SCBF As-B dan As-C	3-6
Gambar 3.4 Potongan Model SCBF As-1 dan As-4.....	3-7
Gambar 3.5 Potongan Model SCBF As-2 dan As-3.....	3-7
Gambar 3.6 Denah Model BRB Lantai 1-6	3-8
Gambar 3.7 Potongan Model BRB As-A dan As-D.....	3-9
Gambar 3.8 Potongan Model BRB As-B dan As-C	3-9
Gambar 3.9 Potongan Model BRB As-1 dan As-4	3-10
Gambar 3.10 Potongan Model BRB As-2 dan As-3.....	3-10
Gambar 3.11 Peralihan Lantai Maksimum Arah X.....	3-12
Gambar 3.12 Peralihan Lantai Maksimum Arah Y	3-12
Gambar 3.13 Simpangan Antar Lantai Maksimum Arah X	3-14
Gambar 3.14 Simpangan Antar Lantai Maksimum Arah Y	3-14
Gambar 4.1 Pembebanan Gravitasi pada Kondisi Nonlinear Statis	4-2

Gambar 4.2 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah X pada Model SCBF	4-4
Gambar 4.3 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah Y pada Model SCBF	4-4
Gambar 4.4 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah X pada Model BRB	4-5
Gambar 4.5 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah Y pada Model BRB	4-5
Gambar 4.6 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah X Akibat Gempa El-Centro	4-6
Gambar 4.7 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah Y Akibat Gempa El-Centro	4-6
Gambar 4.8 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah X Akibat Gempa Flores....	4-7
Gambar 4.9 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah Y Akibat Gempa Flores....	4-7
Gambar 4.10 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah X Akibat Gempa Denpasar	4-8
Gambar 4.11 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah Y Akibat Gempa Denpasar	4-8
Gambar 4.12 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model SCBF.....	4-10
Gambar 4.13 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model SCBF.....	4-11
Gambar 4.14 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X pada Model BRB	4-11
Gambar 4.15 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y pada Model BRB	4-12
Gambar 4.16 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X Akibat Gempa El-Centro	4-12
Gambar 4.17 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y Akibat Gempa El-Centro	4-13
Gambar 4.18 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X Akibat Gempa Flores	4-13
Gambar 4.19 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y Akibat Gempa Flores	4-14
Gambar 4.20 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah X Akibat Gempa Denpasar	4-14
Gambar 4.21 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah Y Akibat Gempa Denpasar	4-15
Gambar 4.22 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-2,3 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-19
Gambar 4.23 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	4-19
Gambar 4.24 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-2,1 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-20
Gambar 4.25 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	4-20

Gambar 4.26 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-18,7 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-21
Gambar 4.27 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40.....	4-21
Gambar 4.28 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-21,2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-22
Gambar 4.29 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40.....	4-22
Gambar 4.30 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-23
Gambar 4.31 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-30.....	4-23
Gambar 4.32 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-24
Gambar 4.33 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-30.....	4-24
Gambar 4.34 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-25
Gambar 4.35 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	4-25
Gambar 4.36 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-1,9 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-26
Gambar 4.37 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-14	4-26
Gambar 4.38 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-8,3 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-27
Gambar 4.39 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-40	4-27
Gambar 4.40 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-8,2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-28
Gambar 4.41 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Flores Saat Detik ke-40.....	4-28
Gambar 4.42 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-29

Gambar 4.43 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah X Akibat Gempa El-Centro Saat Detik ke-30	4-29
Gambar 4.44 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-2,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-30
Gambar 4.45 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Denpasar Saat Detik ke-14.....	4-30
Gambar 4.46 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa El-Centro.....	4-32
Gambar 4.47 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa El-Centro	4-33
Gambar 4.48 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa El-Centro.....	4-34
Gambar 4.49 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa El-Centro	4-34
Gambar 4.50 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Collapse Prevention</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa El-Centro.....	4-35
Gambar 4.51 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Flores	4-35
Gambar 4.52 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Flores.....	4-36
Gambar 4.53 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Flores	4-36
Gambar 4.54 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Flores.....	4-37
Gambar 4.55 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Denpasar	4-37
Gambar 4.56 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Denpasar.....	4-38
Gambar 4.57 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Collapse Prevention</i> pada Model SCBF Arah X Akibat Gempa Denpasar	4-38
Gambar 4.58 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Denpasar	4-39
Gambar 4.59 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Life Safety</i> pada Model SCBF Arah Y Akibat Gempa Denpasar.....	4-39

Gambar 4.60 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah X Akibat Gempa El-Centro	4-40
Gambar 4.61 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa El-Centro	4-40
Gambar 4.62 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah X Akibat Gempa Flores	4-41
Gambar 4.63 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Flores	4-41
Gambar 4.64 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah X Akibat Gempa Denpasar	4-42
Gambar 4.65 <i>Demand/Capacity</i> (D/C) Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> pada Model BRB Arah Y Akibat Gempa Denpasar	4-42
Gambar-L3.1 Penampang BRB Star Seismic.....	L3-2

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Hidup Merata Minimum (Tabel 4-1 SNI 1727:2013)	2-2
Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (Tabel 1 SNI 1726:2012)	2-4
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa (Tabel 2 SNI 1726:2012)	2-5
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs (Tabel 3 SNI 1726:2012).....	2-6
Tabel 2.5 Koefisien Situs, <i>F_a</i> (Tabel 4 SNI 1726:2012).....	2-8
Tabel 2.6 Koefisien Situs, <i>F_v</i> (Tabel 4 SNI 1726:2012).....	2-8
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (Tabel 6 SNI 1726:2012)	2-10
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (Tabel 7 SNI 1726:2012)	2-11
Tabel 2.9 Faktor R, <i>C_d</i> , dan <i>Ω₀</i> Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (Tabel 9 SNI 1726:2012)	2-12
Tabel 2.10 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan (Tabel 13 SNI 1726:2012)	2-15
Tabel 2.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung (Tabel 14 SNI 1726:2012)	2-17
Tabel 2.12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	2-17
Tabel 2.13 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_a (Tabel 16 SNI 1726:2012)	2-19
Tabel 2.14 Persyaratan Batas Rasio Peralihan Lantai Paling Atas (FEMA 356)	2-28
Tabel 2.15 <i>Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures – Structural Steel Axial Components</i> (ASCE 41-13).....	2-28
Tabel 3.1 Hasil Desain Kolom.....	3-4
Tabel 3.2 Hasil Desain Balok.....	3-4
Tabel 3.3 Hasil Desain Breising pada Model SCBF	3-5
Tabel 3.4 Hasil Desain Breising pada Model BRB	3-8
Tabel 3.5 Peralihan Lantai Maksimum pada Model SCBF	3-11
Tabel 3.6 Peralihan Lantai Maksimum pada Model BRB	3-11
Tabel 3.7 Simpangan Antar Lantai Maksimum pada Model SCBF.....	3-13

Tabel 3.8 Simpangan Antar Lantai Maksimum pada Model BRB.....	3-13
Tabel 4.1 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model SCBF.....	4-3
Tabel 4.2 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model BRB	4-3
Tabel 4.3 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Model SCBF.....	4-9
Tabel 4.4 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Model BRB	4-10
Tabel 4.5 Perhitungan Nilai C_d pada Model SCBF	17
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai C_d pada Model BRB.....	17
Tabel 4.7 Waktu Awal Terjadinya Sendi Plastis.....	4-18
Tabel 4.8 Gaya Geser Dasar pada Model SCBF	4-31
Tabel 4.9 Gaya Geser Dasar pada Model BRB.....	4-31
Tabel 4.10 Tingkat Kinerja Struktur.....	4-32
Tabel-L3.1 Penampang Star Seismic	L3-2
Tabel-L3.2 Penampang <i>H-Beam</i> Gunung Garuda.....	L3-6
Tabel-L3.3 Penampang <i>Wide Flange</i> Gunung Garuda.....	L3-6
Tabel-L3.4 Penampang <i>Welded Beam</i> Gunung Garuda	L3-6

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.....	L1-1
LAMPIRAN 2.....	L2-1
LAMPIRAN 3.....	L3-1
LAMPIRAN 4.....	L4-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk Indonesia terus bertambah pesat setiap tahunnya. Hal ini mengakibatkan keperluan bangunan semakin meningkat. Sistem struktur yang digunakan pada umumnya adalah rangka bertingkat. Ada beberapa material yang dapat digunakan untuk membuat bangunan tersebut, seperti baja, beton bertulang, dan kayu. Karena peran material yang sangat penting pada sebuah bangunan, pemilihan material dan sistem struktur rangka tersebut harus tepat.

Struktur baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam berbagai proyek saat ini. Alasan pemilihan struktur baja dibanding beton bertulang ataupun kayu karena waktu pelaksanaan yang lebih singkat. Sehingga penggunaan struktur baja cocok untuk proyek yang memiliki batas waktu yang singkat. Keunggulan selain karena waktu, struktur baja memiliki kemungkinan susut atau muai yang sangat kecil, kekuatan tarik yang tinggi, dan daktail. Hal ini mengakibatkan beban gravitasi yang berasal dari berat bangunan itu sendiri menjadi semakin kecil atau bisa dikatakan bangunan lebih ringan.

Indonesia terletak diantara jalur *ring of fire*. Secara geografis Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia. Kondisi ini menyebabkan Indonesia memiliki potensi yang tinggi terhadap bencana alam, salah satunya adalah gempa bumi. Gempa bumi merupakan salah satu ancaman yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan sehingga dapat menimbulkan banyak korban jiwa. Gempa Yogyakarta pada 2006 dan gempa Padang pada 2009 merupakan contohnya. "*Earthquake don't kill people, buildings do!*". Oleh karena itu diperlukan perencanaan bangunan tahan gempa.

Pada perancangan struktur gedung baja perlu ditambahkan *bracing* sebagai pengaku dari gedung itu sendiri yang dinamakan Sistem Rangka Breising Konsentris (*Concentrically Braced Frames*). Sistem ini merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, dimana hanya berfungsi sebagai penahan

momen saja. Breising konsentris merupakan solusi dari bangunan tahan gempa dimana selain mampu menahan gaya momen secara horizontal dan vertikal juga berfungsi untuk menahan beban lateral berupa gaya gempa. Gaya gempa akan mengakibatkan breising mengalami gaya tekan atau gaya tarik secara bergantian.

Masalah yang sering dialami pada breising yaitu kegagalan pada tekuk. Oleh karena itu dilakukan pengembangan dari *Concentrically Braced Frames* untuk mencari solusinya. Pengembangan dari breising konsentris ini dinamakan *Buckling-Restrained Braced Frames* atau lebih dikenal dengan istilah BRBFs. Pengembangan yang dilakukan yaitu membungkus breising konsentris dengan campuran mortar kemudian ditutup dengan *steel jacket*. Sesuai dengan namanya tujuan dari pengembangan ini untuk mengatasi masalah tekuk pada breising, dimana sistem ini mengkombinasikan kekakuan dan daktilitas yang tinggi.

1.2 Inti Permasalahan

Perancangan struktur gedung baja perlu dilakukan dengan menambahkan breising sebagai pengaku gedung agar mampu menahan beban dinamik seperti gempa. Kelemahan dari breising sendiri yaitu terhadap tekuk. Oleh karena itu dilakukan pengembangan dari breising konsentris khusus yang dinamakan *Buckling-Restrained Brace*. Dengan demikian, perlu dilakukan studi mengenai perbedaan perilaku inelastis breising konsentris khusus dengan *Buckling-Restrained Brace* akibat gaya gempa. Pada skripsi ini akan dibahas struktur dengan breising tipe V.

1.3 Tujuan Penulisan

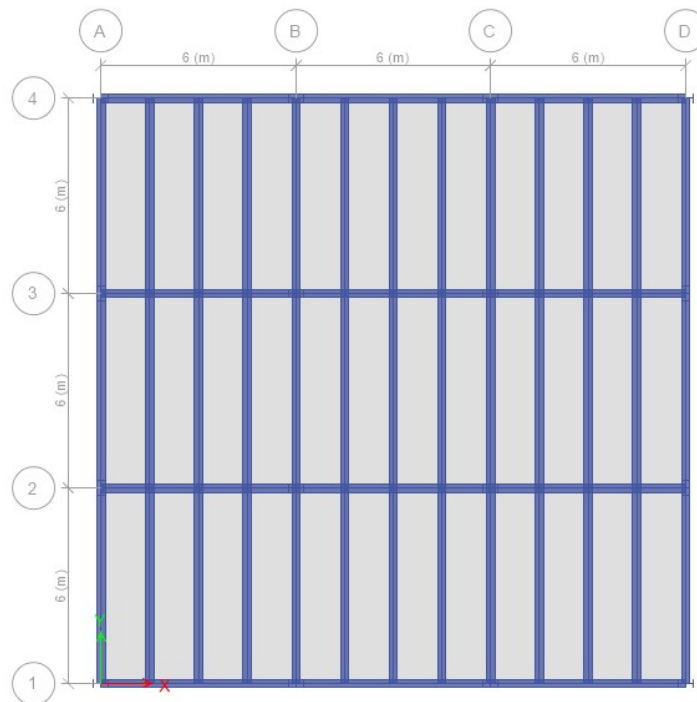
Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perbedaan perilaku inelastis *V-Bracing* Konsentris Khusus dengan *Buckling-Restrained Brace*. Perilaku inelastis breising tersebut akan dianalisis dengan menggunakan metode analisis riwayat waktu (*Time History Analysis*).

1.4 Pembatasan Masalah

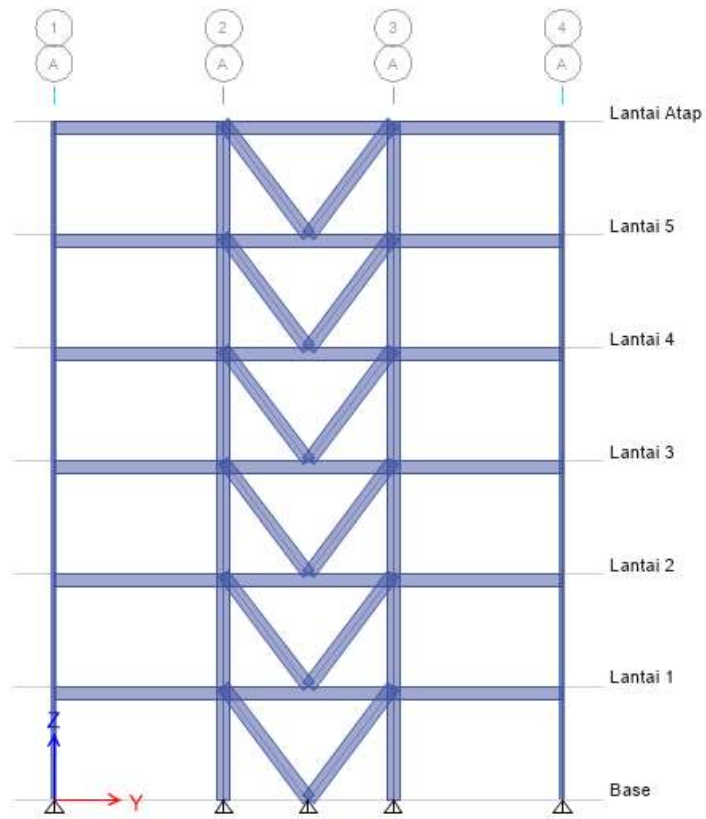
Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah berikut:

1. Sistem struktur bangunan yang digunakan adalah Sistem Rangka Breising Konsentris Khusus dan *Buckling-Restrained Brace*.
2. Tipe breising yang digunakan yaitu V.
3. Tipe penampang profil baja yang digunakan yaitu IWF dan untuk breising tahan tekuk menggunakan penampang *Star Seismic BRBF*.

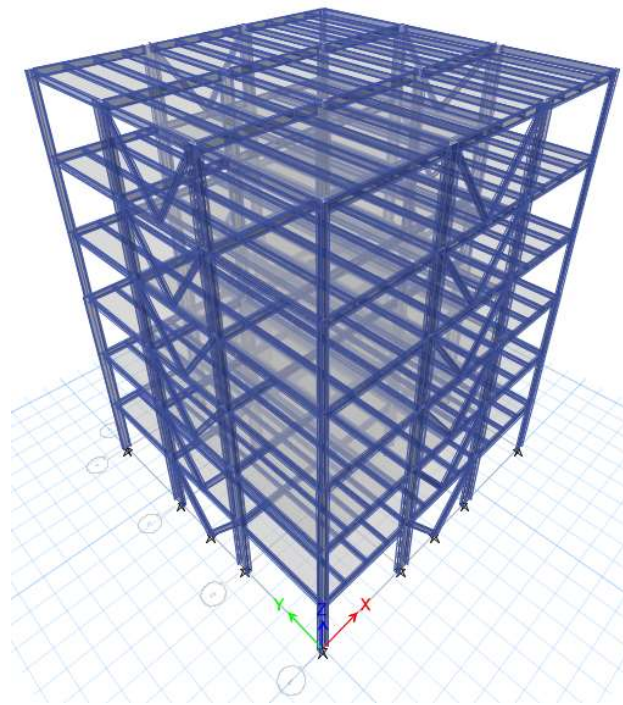
4. Geometri bangunan simetris.
5. Pemodelan bangunan struktur baja tiga dimensi, dengan jumlah 6 lantai dan tinggi tiap lantai 4 meter.
6. Masing-masing sisi bangunan mempunyai 3 bentang, dengan panjang tiap bentang 6 meter. Pemodelan dapat dilihat pada **Gambar 1.1**, **Gambar 1.2**, dan **Gambar 1.3**.
7. Fungsi bangunan yaitu Gedung Perkantoran.
8. Bangunan terletak di Kota Bandung dengan kondisi tanah sedang.
9. Mutu baja yang digunakan adalah BJ-37, dengan $f_y = 240$ MPa dan $f_u = 370$ MPa.
10. Pemodelan bangunan dan analisis riwayat waktu menggunakan perangkat lunak ETABS 16.10. Analisis riwayat waktu menggunakan 3 rekaman percepatan tanah dasar.
11. Peraturan yang digunakan adalah SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain.



Gambar 1.1 Plan View Model Struktur

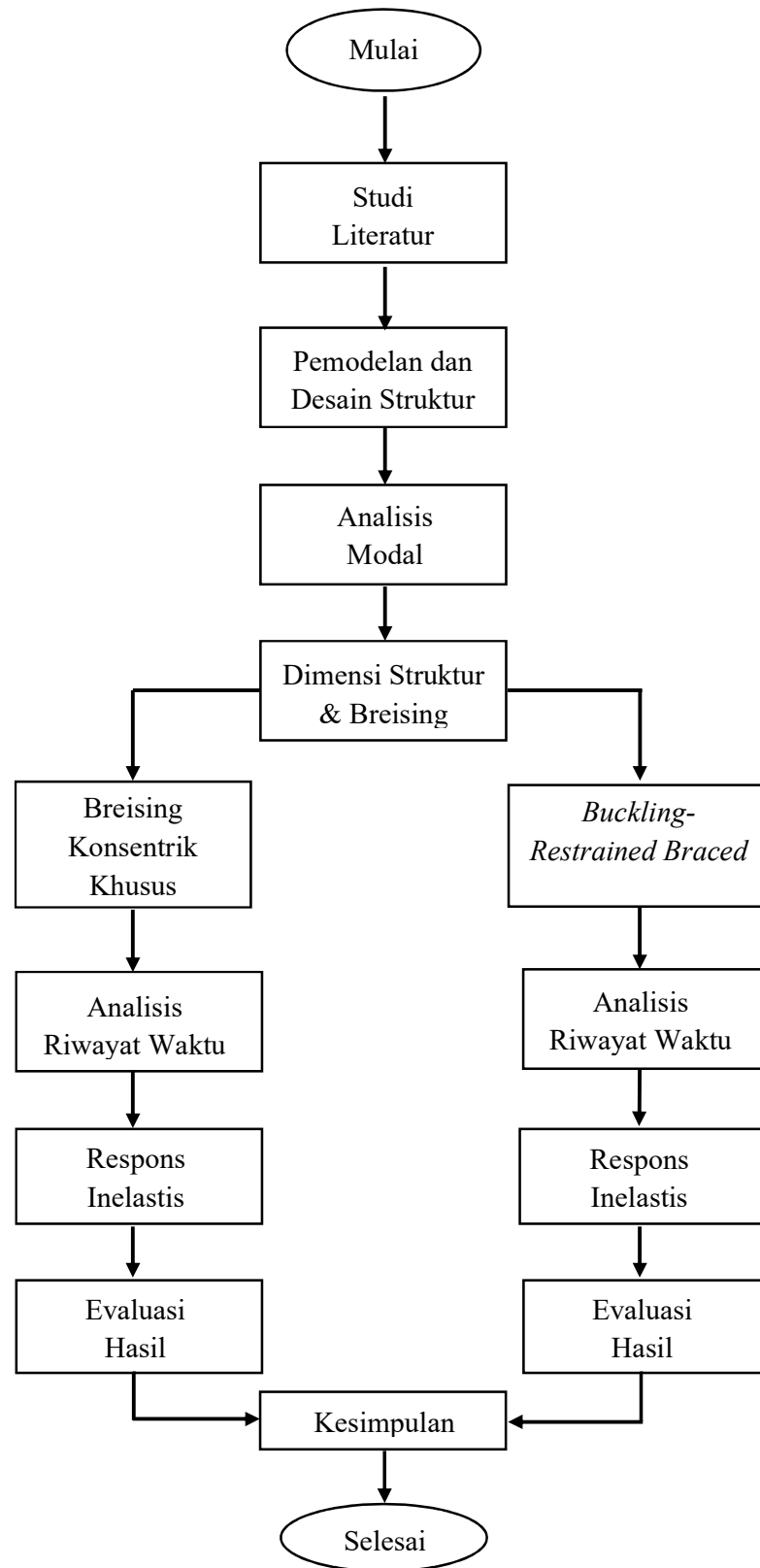


Gambar 1.2 *Elevation View Model Struktur*



Gambar 1.3 *3-D View Model Struktur*

1.5 Metoda Penulisan



Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian

Studi yang dilakukan untuk penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

2.1.1 Studi Pustaka

Bahan-bahan yang digunakan untuk menjadi referensi penulisan skripsi ini berasal dari buku-buku pustaka, paper-paper, skripsi pembanding, serta berbagai peraturan yang berkaitan dengan struktur rangka baja dan pembebanan baik gravitasi maupun lateral.

2.1.2 Studi Analitis

Studi analitis dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak yaitu ETABS 16.0.2.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan skripsi ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar serta peraturan-peraturan yang digunakan dalam melakukan desain dan analisis struktur.

BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang desain dan pemodelan struktur baja serta breising yang dilakukan dengan bantuan *software* ETABS 16.0.2.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil respons inelastis dan analisis riwayat waktu yang dilakukan dengan bantuan *software* ETABS 16.0.2, kemudian dilakukan pembahasan dari hasil analisis tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan, dimana merupakan kesimpulan dari skripsi ini dan juga diberikan saran-saran berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh.