

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK
ANTARA SISTEM RANGKA TERBREIS
KONSENTRIS KHUSUS DENGAN SISTEM RANGKA
TERBREIS TERTAHAN TEKUK PADA STRUKTUR
BAJA BERTINGKAT**



Ken Pradipta

NPM : 2013410007

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

JULI 2017

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK
ANTARA SISTEM RANGKA
TERBREISKONSENTRIS KHUSUS DENGAN
SISTEM RANGKA TERBREIS TERTAHAN TEKUK
PADA STRUKTUR BAJA BERTINGKAT**



Ken Pradipta

NPM : 2013410007

BANDUNG, 5 JULI 2017

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
JULI 2017**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Ken Pradipta

NPM : 2013410007

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Antara Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus dengan Sistem Rangka Terbreis Tertahan Tekuk Pada Struktur Baja Bertingkat* 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, 5 Juli 2017



Ken Pradipta

NPM: 2013410007

STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK ANTARA SISTEM RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS DENGAN SISTEM RANGKA TERBREIS TERTAHAN TEKUK PADA STRUKTUR BAJA BERTINGKAT

Ken Pradipta
NPM : 2013410007

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
JULI 2017

ABSTRAK

Struktur bangunan konstruksi baja memiliki respon terhadap deformasi horisontal akibat beban gempa yang kurang baik. Untuk mengatasi masalah tersebut, berbagai sistem struktur baja dikembangkan untuk memperkuat struktur baja baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Salah satunya adalah Rangka Breising Konsentrik. Dalam upaya menyelesaikan masalah tekuk pada sistem elemen/batang breising konsentrik, muncul Sistem Rangka Bresing Tertahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frames-BRBF*) yang merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame*). Studi ini meneliti respon inelastik antara Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus Dengan Sistem Rangka Terbreis Tertahan Tekuk pada bangunan baja 6 lantai yang berfungsi sebagai gedung perkantoran. Analisis riwayat waktu menggunakan rekaman percepatan gempa El-Centro 1940, Flores 1992, dan Denpasar 1979 dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.1.0. Dari hasil analisis riwayat waktu diketahui bahwa simpangan antar lantai model struktur memenuhi simpangan ijin untuk semua sistem. Akan tetapi tingkat kinerja struktur yang didapatkan pada Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus berada dalam tingkat *life safety (LS)* dan *collapse prevention (CP)* serta terjadi sendi plastis pada kolom. Sementara Sistem Rangka Terbreis Tertahan Tekuk berada dalam tingkat *immediate occupancy (IO)* serta tidak terjadi sendi plastis pada kolom. Faktor kuat lebih (Ω_0) yang didapatkan pada kedua sistem lebih besar dari pada nilai faktor kuat lebih pada SNI 1726:2012. Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) yang didapatkan pada kedua sistem mendekati nilai pada SNI 1726:2012 yaitu 5.

Kata Kunci : Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus, Sistem Rangka Terbreis Tertahan Tekuk, analisis riwayat waktu, tingkat kinerja

COMPARISON STUDY ON THE INELASTIC RESPONSE OF CONCENTRICALLY BRACED FRAME AND BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAMES IN MULTISTORY STEEL STRUCTURE

Ken Pradipta
NPM : 2013410007

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
JULY 2017

ABSTRACT

Steel Structural building has a low ability due to the horizontal deformation from earthquake load. There are many steel structural system developed to stiffened these steel structure, either horizontally or vertically. One of the structural system is Concentrically Braced Frame. To solve the problem concerning buckling in Concentrically Braced Frame, a system called Buckling Restrained Braced Frames-BRBF was developed, which is a further development from Concentrically Braced Frame. This study focus in investigation of inelastic response between Special Concentrically Braced Frame with Buckling Restrained Braced Frame in a 6-story office building. Time history analysis in this study using El-Centro 1940, Flores 1992 and Denpasar 1979 earthquake ground acceleration simulated in ETABS 16.1.0 software. The result from time history analysis showed that the drift value between each floor below the allowable drift for every system, but the structure level performance of Special Concentrically Bracing Frame is in life safety (LS) and collapse prevention (CP) level. Also, there is a plastic hinge occurred in the column. Whereas, Buckling Restrained Brace Frame has the structure level performance of immediate occupancy (OC) and there are no plastic hinge occurred in the column. Overstrength factor (Ω_0) resulted from both systems greater than the overstrength factor in SNI 1726:2012. Deflection amplification factor (Cd) resulted from both systems also has a greater value compared to 5 as in SNI 1726:2012.

Keywords: Special Concentrically Bracing Frame, Buckling Restrained Braced Frames, time history analysis, performance level.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Studi Perbandingan “Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Antara Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus Dengan Sistem Rangka Terbreis Tertahan Tekuk Pada Struktur Baja Bertingkat”*”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, tetapi berkat bantuan serta dukungan 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. Dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan;
3. Keluarga yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
4. Brigita Nadia Wirawan S.KG. yang telah memberikan dukungan semangat dan doa kepada penulis;
5. Ibu Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. yang sudah memberi masukan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini;
6. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Alvan, Stanley dan Jerry atas kebersamaannya dalam penyusunan skripsi;
7. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini;
8. 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, maka dari itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, Juli 2017



Ken Pradipta
2013410007

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	1-3
1.5. Metode Penulisan	1-4
1.6. Sistematika penulisan	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 SNI 03-1726-2012	2-1
2.1.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	2-1
2.1.2 Klasifikasi Situs	2-3
2.1.3 Koefisien Situs dan Parameter Percepatan Respons Spektra	2-4
2.1.4 Sistem Struktur Penahan Beban Gempa	2-8
2.1.5 Kondisi diafragma kaku	2-8
2.1.6 Berat Seismik Efektif	2-9
2.1.7 Periode Fundamental Struktur	2-9

2.1.8	Gaya Lateral Ekvivalen	2-10
2.1.9	Skala Gempa.....	2-11
2.1.10	Batas Simpangan Antar Lantai	2-11
2.2	SNI 1729-2015.....	2-12
2.2.1	Dasar Desain.....	2-12
2.2.2	Properti Komponen Struktur	2-13
2.2.3	Persyaratan Stabilitas Umum.....	2-15
2.2.4	Persyaratan Analisis Umum	2-16
2.2.5	Beban <i>Notional</i> untuk Mewakili Ketidaktersempurnaan.....	2-16
2.3	SNI 7860-2015.....	2-17
2.3.1	Persyaratan Komponen Struktur.....	2-17
2.3.2	Breising Stabilitas Balok	2-18
2.3.3	Rangka Terbreis Konsentris Khusus	2-18
2.3.4	Rangka Terbreis Tertahan Tekuk	2-21
2.4	Pembebanan Struktur	2-22
2.4.1	SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.....	2-22
2.4.2	Beban gempa pada struktur gedung.....	2-23
2.5	Breising Konsentris.....	2-24
2.6	Breising Tertahan Tekuk.....	2-25
2.6.1	Komponen Utama Breising Tertahan Tekuk.....	2-26
2.7	Perilaku Inelastis Struktur.....	2-29
2.8	<i>Performance Based Design</i>	2-30
2.9	Analisis Riwayat Waktu	2-30
2.10	<i>Backbone Curve</i>	2-33
2.11	Tingkat Kinerja Struktur (<i>Performance Level</i>).....	2-35

2.12	<i>Acceptance Criteria</i> untuk Desain Struktur Berbasis Kinerja	2-37
2.12.1	Deformasi Breising	2-37
2.12.2	Rotasi Sendi Plastis Pada Balok dan Kolom.....	2-38
2.12.3	Rasio Simpangan Antar Lantai	2-38
2.13	Metode Integrasi Newmark	2-38
2.14	Model Redaman Rayleigh	2-40
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.....	3-2
3.2	Pembebanan.....	3-2
3.2.1	Berat Sendiri Struktur	3-2
3.2.2	Beban Mati Tambahan	3-3
3.2.3	Beban Hidup.....	3-3
3.2.4	Beban Gempa	3-3
3.2.5	Kombinasi Pembebanan.....	3-4
3.3	Hubungan Balok-Kolom	3-6
3.4	Hasil Analisis dan Desain.....	3-7
3.5	Respons Struktur Hasil Dari Analisis Modal	3-15
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1	Analisis Riwayat Waktu	4-1
4.1.1	Direct Integration Time History Analysis	4-1
4.1.2	Metode Newmark.....	4-2
4.1.3	Matriks redaman mengikuti konsep redaman Rayleigh	4-2
4.1.4	Pemodelan Sendi Plastis pada Program ETABS	4-2
4.1.5	Ketidaklinieran Material	4-3

4.1.6	Kondisi Awal Akibat Pembebanan Gravitasi	4-3
4.1.7	Penskalaan Percepatan Gempa untuk Analisis Riwayat Waktu	4-4
4.2	Hasil Analisis Riwayat Waktu	4-6
4.2.1	Peralihan Maksimum Tiap Lantai	4-6
4.2.2	Rasio Simpangan Antar Lantai	4-11
4.2.3	Sendi Plastis	4-15
4.2.4	Gaya Geser Dasar	4-22
4.2.5	Faktor Pembesaran Defleksi	4-22
4.2.6	Tingkat Kinerja Struktur	4-23
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	.....	6-1
LAMPIRAN 1	.....	L1-1
LAMPIRAN 2	.....	L2-1
LAMPIRAN 3	.....	L3-1
LAMPIRAN 4	.....	L4-1
LAMPIRAN 5	.....	L5-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_y = Luas penampang daerah kelelahan BRB

ASCE = *American Society of Civil Engineers*

BRB = *Buckling Restrained Braced*

C_d = Faktor pembesaran defleksi

C_t = Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur

CP = *Collapse Prevention*

FEMA = *Federal Emergency Management Agency*

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

IWF = *Wide Flange*

K_y = kekakuan bagian kelelahan

K_{con} = kekakuan sambungan

K_g = kekuakuan balok/kolom

I_n = Bentang bersih untuk komponen struktur

IO = *Immediate Occupancy*

LS = *Life Safety*

L_{wp} = panjang titik kerja – titik kerja BRB
 L_1 = panjang keseluruhan breis BRB
 L_y = panjang daerah leleh breis BRB
 MCE_R = *Risk Targeted Maximum Considered Earthquake*
 m = meter
 mm = milimeter
 MPa = Mega Pascal
 $OCBF$ = *Ordinary Concentrically Braced Frame*
 R = faktor modifikasi respons
 r_y = radius girasi penampang terhadap sumbu y
 r_x = radius girasi penampang terhadap sumbu x
 $SCBF$ = *Special Concentrically Braced Frame*
 $SRBTT$ = Sistem Rangka Terbreising Tertahan Tekuk SRBTT
 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
- \dot{u} = Kecepatan struktur
- \ddot{u} = Percepatan 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 sistem

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir	1-4
Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain	2-7
Gambar 2.2 Diafragma Fleksibel.....	2-9
Gambar 2.3 Penentuan Simpangan Antar Lantai	2-12
Gambar 2.4 Sistem Rangka Breising Konsentris	2-24
Gambar 2.5 Konsep Brising Tertahan Tekuk.....	2-26
Gambar 2.6 Detail Breising Tertahan Tekuk.....	2-28
Gambar 2.7 Komponen Utama Breising Tertahan Tekuk	2-28
Gambar 2.8 Kurva Aksi-Deformasi.....	2-34
Gambar 2.9 Kurva Aksi-Deformasi yang Disederhanakan	2-34
Gambar 2.10 Pendefinisian Taraf Kinerja pada Kurva Aksi-Deformasi.....	2-35
Gambar 2.11 Contoh Model Redaman Rayleigh.....	2-41
Gambar 3.1 Spektrum Respons Desain	3-4
Gambar 3.2 Model Hubungan Balok-Kolom	3-6
Gambar 3.3 Denah Hubungan Balok-Kolom	3-6
Gambar 3.4 3D Model 1	3-8
Gambar 3.5 Denah Pembalokan Model 1.....	3-8
Gambar 3.6 Potongan A, D Model 1	3-9
Gambar 3.7 Potongan 1,4 Model 1	3-9
Gambar 3.8 Potongan 2,3 Model 1	3-10
Gambar 3.9 Potongan B,C Model 1	3-10
Gambar 3.10 3D Model 2	3-12
Gambar 3.11 Denah Pembalokan Model 2.....	3-12
Gambar 3.12 Potongan 1,4 Model 2.....	3-13
Gambar 3.13 Potongan A, D Model 2	3-13
Gambar 3.14 Potongan 2, 3 Model 2.....	3-14
Gambar 3.15 Potongan B, C Model 2	3-14
Gambar 3.16 Peralihan Lantai Maksimum arah-X Model 1	3-16
Gambar 3.17 Peralihan Lantai Maksimum arah-Y Model 1	3-16
Gambar 3.18 Simpangan Antar Lantai Arah-X Model 1	3-17

Gambar 3.19 Simpangan Antar Lantai Arah-Y Model 1	3-17
Gambar 3.20 Peralihan Lantai Maksimum Arah-X Model 2.....	3-18
Gambar 3.21 Peralihan Lantai Maksimum Arah-Y Model 2.....	3-18
Gambar 3.22 Simpangan Antar Lantai Arah-X Model 2.....	3-19
Gambar 3.23 Simpangan Antar Lantai Arah-Y Model 2.....	3-19
Gambar 4.1 Pembebanan Gravitasi Kondisi Nonlinier Statis.....	4-4
Gambar 4.2 Metode Untuk Memodifikasi Data Riwayat Waktu.....	4-5
Gambar 4.3 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa El-Centro 1940 N-S Terskala	4-5
Gambar 4.4 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Flores 1992 Terskala.....	4-5
Gambar 4.5 Percepatan Gerak Tanah Dasar Gempa Denpasar 1979 Terskala...	4-6
Gambar 4.6 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Pada Model 1	4-7
Gambar 4.7 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Pada Model 1	4-7
Gambar 4.8 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Pada Model 2	4-8
Gambar 4.9 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Pada Model 2	4-8
Gambar 4.10 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa El-Centro	4-9
Gambar 4.11 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa Flores	4-9
Gambar 4.12 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-X Akibat Gempa Denpasar	4-9
Gambar 4.13 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa El-Centro	4-10
Gambar 4.14 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa Flores	4-10
Gambar 4.15 Peralihan Maksimum Tiap Lantai Arah-Y Akibat Gempa Denpasar	4-10
Gambar 4.16 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Pada Model 1	4-12
Gambar 4.17 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Pada Model 1	4-12
Gambar 4.18 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Pada Model 2.....	4-13
Gambar 4.19 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Pada Model 2.....	4-13
Gambar 4.20 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa El-Centro	4-13

Gambar 4.21 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa Flores ..	4-14
Gambar 4.22 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-X Akibat Gempa Denpasar	4-14
Gambar 4.23 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa El-Centro	4-14
Gambar 4.24 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa Flores ..	4-15
Gambar 4.25 Rasio Simpangan Antar Lantai Arah-Y Akibat Gempa Denpasar	4-15
Gambar 4.26 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat El-Centro Arah-X Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-16
Gambar 4.27 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat El-Centro Arah-X Saat Detik ke-14.....	4-16
Gambar 4.28 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-16
Gambar 4.29 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-14.....	4-16
Gambar 4.30 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Flores Arah-X Saat Detik ke-18,4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-17
Gambar 4.31 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Flores Arah-X Saat Detik ke-40.....	4-17
Gambar 4.32 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Flores Arah-Y Saat Detik ke-18,7 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-17
Gambar 4.33 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Flores Arah-Y Saat Detik ke-40.....	4-17
Gambar 4.34 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Denpasar Arah-X Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-18
Gambar 4.35 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Denpasar Arah-X Saat Detik ke-30.....	4-18
Gambar 4.36 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-4 (Awal Terjadinya Sendi Plastis).....	4-18
Gambar 4.37 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 1 Akibat Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-30.....	4-18

Gambar 4.38 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat El-Centro Arah-X Saat Detik ke-1,8 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-19
Gambar 4.39 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat El-Centro Arah-X Saat Detik ke-14	4-19
Gambar 4.40 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-2 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-19
Gambar 4.41 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat El-Centro Arah-Y Saat Detik ke-14	4-19
Gambar 4.42 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Flores Arah-X Saat Detik ke-12,6 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-20
Gambar 4.43 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Flores Arah-X Saat Detik ke-40	4-20
Gambar 4.44 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Flores Arah-Y Saat Detik ke-12,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-20
Gambar 4.45 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Flores Arah-Y Saat Detik ke-40	4-20
Gambar 4.46 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Denpasar Arah-X Saat Detik ke-2,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-21
Gambar 4.47 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Denpasar Arah-X Saat Detik ke-30	4-21
Gambar 4.48 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-2,5 (Awal Terjadinya Sendi Plastis)	4-21
Gambar 4.49 Lokasi Kumulatif Sendi Plastis Pada Model 2 Akibat Denpasar Arah-Y Saat Detik ke-30	4-21
Gambar 4.50 <i>Demand/Capacity (D/C)</i> Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-X pada Model 1	4-24
Gambar 4.51 <i>Demand/Capacity (D/C)</i> Pengecekan <i>Immediate Occupancy</i> Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-Y pada Model 1	4-24
Gambar 4.52 <i>Demand/Capacity (D/C)</i> Pengecekan <i>Life Safety</i> Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-X pada Model 1	4-24
Gambar 4.53 <i>Demand/Capacity (D/C)</i> Pengecekan <i>Life Safety</i> Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-Y pada Model 1	4-24

Gambar 4.54 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Flores Arah-X pada Model 1</i>	4-25
Gambar 4.55 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Flores Arah-Y pada Model 1</i>	4-25
Gambar 4.56 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Flores Arah-X pada Model 1</i>	4-25
Gambar 4.57 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Flores Arah-Y pada Model 1</i>	4-25
Gambar 4.58 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-X pada Model 1</i>	4-26
Gambar 4.59 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-Y pada Model 1</i>	4-26
Gambar 4.60 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-X pada Model 1</i>	4-26
Gambar 4.61 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-Y pada Model 1</i>	4-26
Gambar 4.62 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-X pada Model 2</i>	4-27
Gambar 4.63 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-Y pada Model 2</i>	4-27
Gambar 4.64 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-X pada Model 2</i>	4-27
Gambar 4.65 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat El-Centro Arah-Y pada Model 2</i>	4-27
Gambar 4.66 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Flores Arah-X pada Model 2</i>	4-28
Gambar 4.67 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy Sendi Plastis Akibat Flores Arah-Y pada Model 2</i>	4-28
Gambar 4.68 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Flores Arah-X pada Model 2</i>	4-28
Gambar 4.69 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety Sendi Plastis Akibat Flores Arah-Y pada Model 2</i>	4-28

Gambar 4.70 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy</i> Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-X pada Model 2.....	4-29
Gambar 4.71 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Immediate Occupancy</i> Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-Y pada Model 2.....	4-29
Gambar 4.72 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety</i> Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-X pada Model 2.....	4-29
Gambar 4.73 <i>Demand/Capacity (D/C) Pengecekan Life Safety</i> Sendi Plastis Akibat Denpasar Arah-Y pada Model 2.....	4-29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	2-1
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	2-3
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs.....	2-3
Tabel 2.4 Koefisien Situs Fa	2-5
Tabel 2.5 Koefisien Situs Fv	2-6
Tabel 2.6 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	2-8
Tabel 2.7 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct Dan x.....	2-10
Tabel 2.8 Simpangan Antar Lantai Ijin	2-12
Tabel 2.9 Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan.....	2-14
Tabel 2.10 Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan.....	2-15
Tabel 2.11 Batasan Rasio Lebar-Tebal untuk Elemen Tekan	2-17
Tabel 2.12 <i>Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures - Structural Steel Axial Components</i>	2-37
Tabel 2.13 <i>Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures - Structural Steel Components</i>	2-38
Tabel 3.1 Beban Mati Tambahan	3-3
Tabel 3.2 Hasil Desain Kolom Model 1	3-7
Tabel 3.3 Hasil Desain Balok Model 1	3-7
Tabel 3.4 Hasil Desain Breis Model 1.....	3-8
Tabel 3.5 Hasil Desain Kolom Model 2.....	3-11
Tabel 3.6 Hasil Desain Balok Model 2	3-11
Tabel 3.7 Hasil Desain Breis Model 2.....	3-11
Tabel 3.8 Peralihan Lantai Maksimum Model 1	3-15
Tabel 3.9 Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 1	3-16
Tabel 3.10 Peralihan Lantai Maksimum Model 2.....	3-18
Tabel 3.11 Simpangan Antar Lantai Maksimum Model 2.....	3-19
Tabel 4.1 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model 1	4-6
Tabel 4.2 Peralihan Maksimum Tiap Lantai pada Model 2	4-6
Tabel 4.3 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Model 1.....	4-11

Tabel 4.4 Rasio Simpangan Antar Lantai pada Model 2	4-11
Tabel 4.5 Perbandingan Gaya Geser Dasar Analisis Modal dan Analisis Riwayat Waktu pada Model 1 dan Model 2	4-22
Tabel 4.6 Faktor Pembesaran Defleksi Model 1 dan Model 2	4-23
Tabel 4.7 Tingkat Kinerja	4-30

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	L1-1
LAMPIRAN 2	L2-1
LAMPIRAN 3	L3-1
LAMPIRAN 4	L4-1
LAMPIRAN 5	L5-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan bangunan untuk berbagai aktivitas baik pendidikan, kesehatan, ekonomi, industri, dan lainnya semakin meningkat dari waktu ke waktu, sementara jumlah lahan yang tersedia semakin terbatas terutama di kota-kota besar. Oleh karena itu manusia cenderung untuk membuat bangunan bertingkat untuk memenuhi kebutuhannya.

Bangunan bertingkat dapat membantu manusia mengatasi masalah keterbatasan lahan, namun disisi lain timbul masalah lain yang perlu diperhatikan. Semakin tinggi suatu gedung semakin besar beban gravitasi dan pengaruh gaya lateral pada bangunan, dalam hal ini adalah beban gempa.

Gempa bumi merupakan suatu kejadian alam yang tidak dapat dicegah manusia, namun bahaya akibat gempa tersebut dapat diminimalisir dengan cara membangun bangunan yang tahan terhadap gempa. Dalam pembangunan bangunan tahan gempa selain segi kekuatan juga harus diperhatikan segi biaya, sehingga selain kokoh bangunan tersebut juga ekonomis. Indonesia sendiri merupakan negara yang berada pada area rawan mengalami gempa bumi, karena wilayah Indonesia terletak diantara lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik sehingga bangunan yang berada di Indonesia harus didesain tahan terhadap gempa.

Bangunan konstruksi baja mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan bangunan beton, selain konstruksi baja lebih cepat dalam waktu pelaksanaannya konstruksi baja juga memiliki rasio yang kecil antara berat struktur dengan daya dukung terhadap beban yang dapat dipikul oleh struktur. Namun hal ini membuat struktur menjadi langsing sehingga respon deformasi struktur terhadap beban gempa menjadi kurang baik.

Untuk mengatasi masalah tersebut, berbagai sistem struktur baja dikembangkan untuk memperkaku struktur baja baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Beberapa system yang biasa digunakan pada konstruksi baja diantaranya:

- Rangka Penahan Momen (*Momen Resisting Frame*)
- Rangka Breising Konsentrik (*Concentrically Braced Frames*)
- Rangka Breising Eksentris (*Eccentrically Braced Frame*)
- Dinding Geser Baja (*Steel Shear Wall*)

Dalam upaya menyelesaikan masalah tekuk pada sistem elemen/batang breising konsentrik, nilai kelangsingan yang dimiliki breising direncanakan sekecil mungkin, agar nilai kekuatan breising mendekati kekuatan lelehnya. Untuk mencapai kelangsingan yang kecil, luas penampang breising diperbesar. Perbesaran luas penampang ini dilakukan dengan menambah selongsong di batang baja (yang diisi mortar atau beton). Batang baja dibiarkan memanjang dan memendek tanpa tekuk yang berarti. Darisanalah muncul Sistem Rangka Bresing Tertahan Tekuk (*Buckling Restrained Braced Frames-BRBF*) yang merupakan pengembangan dari Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frame*).

1.2. Inti Permasalahan

Masalah tekuk menjadi perhatian dalam desain bangunan baja. Tekuk menyebabkan hilangnya kekuatan tekan sehingga pengecekan kapasitas tekan dari suatu elemen struktur menjadi satu hal yang paling diperhatikan. Masalah tekuk pada breising dapat diselesaikan apabila breising memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang diterima, khususnya pada struktur yang memikul beban gempa bolak-balik. Hal ini diakomodasi dengan kehadiran breising tertahan tekuk.

1.3. Tujuan Penulisan

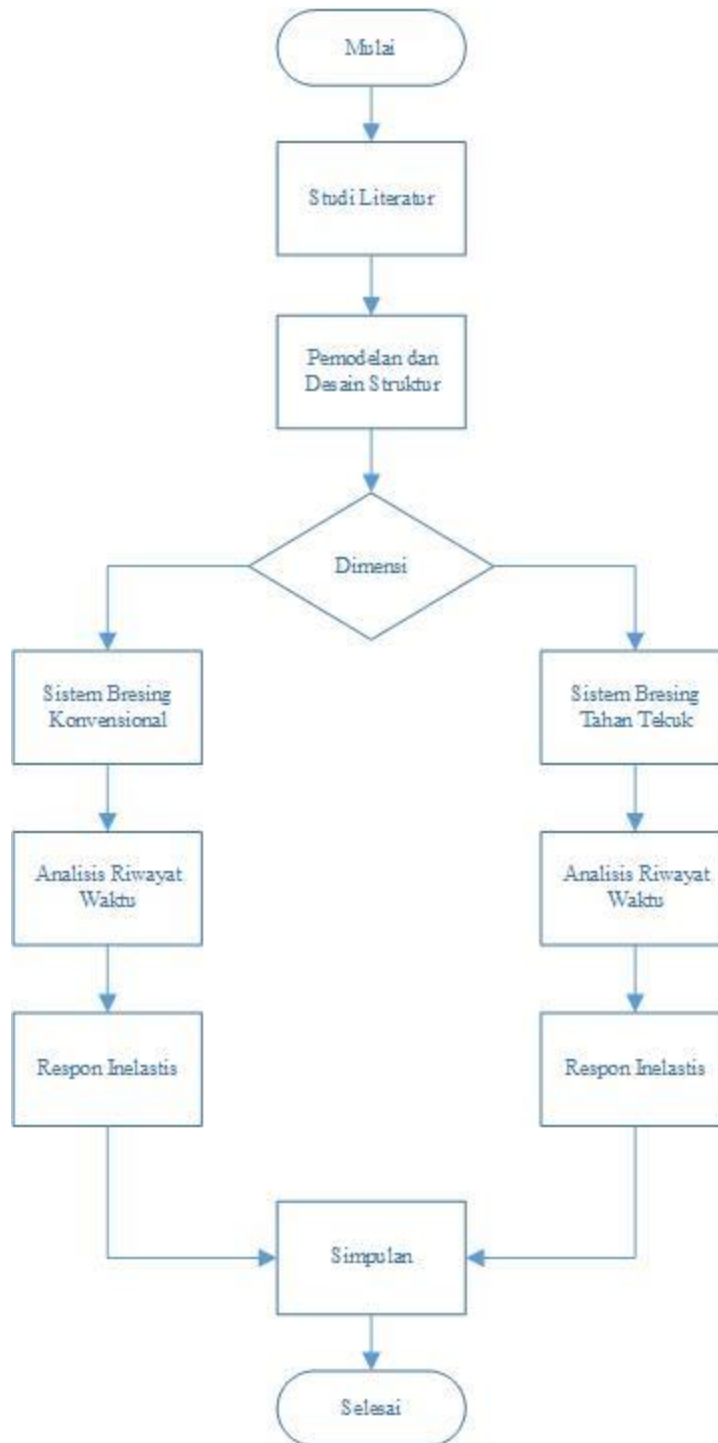
Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perilaku inelastik dari bresing konvensional dan bresing tertahan tekuk akibatnya adanya beban lateral gempa. Kemudian dari hasil yang diperoleh dapat dianalisis seberapa besar pengaruh penahan tekuk bresing pada bangunan konstruksi baja.

1.4. Pembatasan masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan gedung struktur baja 3 dimensi dengan jumlah 6 lantai, ketinggian 4 meter terdiri atas 3 bentang panjang masing-masing bentang 6 meter, Geometri gedung simetris
2. Konfigurasi breising berbentuk *two story-X*
3. Bangunan terletak di wilayah Bandung
4. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan bantuan program ETABS versi 16.1.0
5. Fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran
6. Menggunakan baja IWF untuk kolom dan balok dengan mutu baja BJ-37 $f_y = 240 \text{ MPa}$, $f_u = 370 \text{ MPa}$
7. Breising menggunakan profil IWF untuk Sistem Rangka Terbreis Konsentris Khusus dan profil BRB dari StarSeismic untuk Sistem Rangka Tertahan Tekuk
8. Analisis dinamik riwayat waktu dengan menggunakan 3 rekaman percepatan tanah dasar gempa
9. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
 - a) SNI 1726:2012. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - b) SNI 1727:2013. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - c) SNI 1729:2015. (2015). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - d) SNI 7860:2015. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
 - e) Peta Gempa Indonesia 2010
10. Desain breising dengan Breising Konsentris Khusus dan Breising Tertahan Tekuk

1.5. Metode Penulisan



Gambar 1.1 Diagram Alir

1. Studi pustaka

Bahan-bahan yang digunakan sebagai referensi berasal dari buku-buku, skripsi, *paper*, maupun peraturan yang berlaku mengenai struktur baja, serta peraturan gempa

2. Studi analisis

Analisis menggunakan bantuan perangkat lunak program ETABS 16.1.0.

1.6. Sistematika penulisan

Berikut ini adalah sistematika penulisan skripsi ini:

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan teori-teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam proses desain dan analisis

Bab 3 Desain dan Pemodelan Bangunan

Bab ini berisi desain dan pemodelan struktur bangunan rangka baja dengan bresing konvensional dan struktur bangunan rangka baja dengan bresing tahan tekuk menggunakan program ETABS 16.0.2, serta pengecekan syarat struktur bangunan tahan gempa

Bab 4 Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini akan ditinjau respon inelastic struktur dengan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan perangkat lunak ETABS 16.1.0

Bab 5 Simpulan dan Saran

Bab ini membahas mengenai kesimpulan akhir dari hasil analisis dan saran-saran berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada pembahasan yang telah dilakukan

