

SKRIPSI

**STUDI KOMPARASI DESAIN STRUKTUR RANGKA
BAJA BRESING EKSENTRIS DENGAN METODE
KONVENSIONAL DAN METODE TARGET
SIMPANGAN DAN MEKANISME KELELEHAN
YANG MEMPERHITUNGAN SKENARIO
KELELEHAN PADA ELEMEN PERANGKAI DAN
BRESING**



**JAMES THEOFILBERT SABAS
NPM : 6101801182**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Wisena Perceka, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/ AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

SKRIPSI

**STUDI KOMPARASI DESAIN STRUKTUR RANGKA
BAJA BRESING EKSENTRIS DENGAN METODE
KONVENSIONAL DAN METODE TARGET
SIMPANGAN DAN MEKANISME KELELEHAN
YANG MEMPERHITUNGKAN SKENARIO
KELELEHAN PADA ELEMEN PERANGKAI DAN
BRESING**



**JAMES THEOFILBERT SABAS
NPM : 6101801182**

PEMBIMBING : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.


.....

KO – PEMBIMBING : Wisena Perceka, Ph.D.


.....

PENGUJI 1 : Dr. Paulus Karta Wijaya


.....

PENGUJI 2 : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda


.....

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/ AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

PERNYATAAN

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

Nama : James Theofilbert Sabas
NPM : 6101801182
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi^{*)} dengan judul:
Studi Komparasi Desain Struktur Rangka Baja Bresing Eksentris dengan Metode Konvensional dan Metode Target Simpangan dan Mekanisme Kelelahan yang Memperhitungkan Skenario Kelelahan pada Elemen Perangkai dan Bresing

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

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 5 Januari 2022



JAMES THEOFILBERT SABAS
6101801182

^{*)} coret yang tidak perlu

STUDI KOMPARASI DESAIN STRUKTUR RANGKA BAJA BRESING EKSENTRIS DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN METODE TARGET SIMPANGAN DAN MEKANISME KELELEHAN YANG MEMPERHITUNGKAN SKENARIO KELELEHAN PADA ELEMEN PERANGKAI DAN BRESING

James Theofilbert Sabas
NPM : 6101801182

Pembimbing : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Ko-Pembimbing : Wisena Perceka, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/ AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

ABSTRAK

Berdasarkan standar perencanaan gempa yang berlaku di Indonesia saat ini, perhitungan respons inelastis struktur dilakukan secara tidak langsung karena respons inelastis struktur diperoleh dari perkalian defleksi lateral elastis dengan faktor amplifikasi defleksi (Cd). Pada tahun 2010, seorang professor emeritus bernama Subash C. Goel mengusulkan metode *Performance-Based Plastic Design Method* (PBPD) atau yang disebut juga dengan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan. Dengan metode ini, perilaku inelastis struktur diperhitungkan secara langsung pada proses perhitungan. Studi ini akan mengaplikasikan metode PBPD pada struktur rangka bresing eksentris (SRBE) baja dengan konfigurasi *inverted-V* di tengah bentang yang memperhitungkan 2 skenario kelelahan pada SRBE; yaitu skenario 1 yang memperhitungkan kelelahan geser pada elemen perangkai, dan skenario 2 yang memperhitungkan kelelahan aksial pada bresing. Untuk menentukan gaya dalam elemen perangkai, metode PBPD skenario 1 akan menggunakan prinsip keseimbangan kerja virtual pada saat elemen perangkai mengalami kelelahan geser. Prinsip ini berbeda dengan metode konvensional yang menggunakan prinsip kombinasi beban gravitasi dan gempa untuk mencari gaya dalam elemen perangkai. Kemudian, saat menentukan kapasitas aksial bresing, metode PBPD skenario 2 menggunakan prinsip keseimbangan kerja virtual pada saat elemen bresing mengalami kelelahan aksial. Prinsip ini juga berbeda dibandingkan dengan metode konvensional maupun metode PBPD skenario 1 yang sama-sama menggunakan prinsip desain kapasitas berdasarkan peraturan yang berlaku. Dengan memperhitungkan 2 skenario metode PBPD ini, gaya aksial bresing yang digunakan adalah nilai terbesar antara hasil desain kapasitas pada skenario 1 dan hasil prinsip keseimbangan kerja virtual. Hasil yang diperoleh yaitu desain bresing dengan metode PBPD skenario 1 lebih menentukan daripada metode PBPD skenario 2. Selain itu, metode PBPD memberikan profil yang lebih besar daripada metode konvensional. Berdasarkan hasil analisis beban dorong non-linier, kapasitas struktur dalam menahan gaya geser pada metode PBPD lebih tinggi 56,34% dibandingkan metode konvensional. Penyebaran sendi plastis pada struktur yang didesain dengan metode PBPD juga memberikan mekanisme kelelahan yang lebih sesuai dengan harapan pada proses desain karena sendi plastis yang terbentuk pada bresing lebih sedikit daripada metode konvensional. Dari segi tingkat kinerja struktur, metode PBPD juga unggul dengan kategori *Immediate Occupancy*, dibandingkan dengan metode konvensional, yaitu *Damage Control*.

Kata Kunci : Metode Target Simpangan dan Mekanisme Kelelahan, Struktur Rangka Bresing Eksentris (SRBE), Analisis Beban Dorong Non-Linier

COMPARISON STUDY OF DESIGN FOR ECCENTRICALLY BRACED FRAME USING CONVENTIONAL METHOD AND PERFORMANCE-BASED-PLASTIC DESIGN BY CONSIDERING LINK AND BRACE YIELDING MECHANISM

James Theofilbert Sabas
NPM : 6101801182

Advisor : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Co-Advisor : Wisena Perceka, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/ AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

ABSTRACT

Based on the current structure seismic design applied in Indonesia, the structure's inelastic response is accounted indirectly in the calculation as it is obtained by multiplying elastic lateral deflection with deflection amplification factor (C_d). In 2010, an emeritus professor named Subash C. Goel proposed a method called Performance-Based Plastic Design method. This method directly account the structure inelastic behavior in the calculation process. This study will apply PBPD method on an eccentrically braced frame (EBF) with inverted-V brace configuration at the center of the span that will consider 2 yielding scenario that may occur on an EBF structure; first scenario which account a link shear yielding, and the second scenario which account brace axial yielding. To determine the link forces, first scenario of PBPD method will apply a virtual work balance principal when a shear yielding occurs at link element. This is different than the conventional method as the conventional method uses gravity and earthquake combination principal to determine link forces. Then, to determine the brace forces, second scenario of PBPD method will apply virtual work balance principal when an axial yielding occurs at brace; which is also different from the conventional method and the first scenario of PBPD method which both use a design capacity principal based on the applied standard when obtaining brace forces. With these two PBPD scenario, the obtained brace axial load can be compared to determine which scenario is safer for brace design. The analysis result shows that the first scenario of PBPD method is more safer to be used for brace design rather than the second scenario of PBPD method. Furthermore, this study shows that PBPD method gives a larger steel design profile than the first scenario of PBPD method. When a pushover analysis being performed on the structure, it gives that the EBF structure designed with PBPD method maintain a higher design base shear by 56,34% than the conventional method. The plastic hinge formation of the structure designed by PBPD method is also more predictable as the expected yielding mechanism than the conventional method, whereas the plastic hinge formation that is formed at brace on PBPD method is less than the brace plastic hinge formed at conventional method. In terms of structure performance point, PBPD method is also safer with Immediate Occupancy category, compared with Damage Control category on conventional method.

Keywords : Performance-Based Plastic Design (PBPD), Eccentrically Braced Frame (EBF), Pushover Analysis

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya, skripsi yang berjudul Studi Komparasi Desain Struktur Rangka Baja Bresing Eksentris dengan Metode Konvensional dan Metode Target Simpangan dan Mekanisme Kelelahan yang Memperhitungkan Skenario Kelelahan pada Elemen Perangkai dan Bresing dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Studi ini merupakan syarat akademik untuk menyelesaikan studi tingkat Sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Proses pelaksanaan skripsi ini tentu saja tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Untuk itu diucapkan terimakasih kepada;

1. Bapak **Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.** selaku Dosen Pembimbing yang terus membimbing, memberikan pembelajaran, serta masukan sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak **Wisena Perceka, Ph.D.** selaku Dosen Ko-Pembimbing yang telah membimbing, memberikan pembelajaran, serta masukan sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dalam bidang Teknik Sipil.
4. Keluarga dan teman-teman yang telah mendukung selama masa studi.
5. Rekan mahasiswa Program Studi Teknik Sipil angkatan 2018 yang telah membantu serta memberi dukungan semangat selama masa studi, sehingga skripsi ini dapat selesai pada waktunya.

Dengan adanya skripsi ini, diharapkan supaya bermanfaat bagi pembaca dan juga sebagai perkembangan metode serta ilmu Teknik Sipil, khususnya terkait penggunaan metode *Performance-Based Plastic Design*. Akan tetapi, skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, skripsi ini masih membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga berguna untuk studi yang akan dilakukan selanjutnya.

Bandung, 3 Januari 2022



James Theofilbert Sabas
6101801182



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1-1
1.1. Latar Belakang	1-1
1.2. Inti Permasalahan	1-4
1.3. Tujuan	1-4
1.4. Batasan Masalah	1-5
1.5. Metode Penelitian	1-6
1.6. Sistematika Penulisan	1-7
BAB II STUDI LITERATUR	2-1
2.1. Sistem Rangka Bresing Eksentris	2-1
2.1. Persyaratan Desain Struktur Rangka Bresing Eksentris	2-2
2.1.1. Persyaratan Komponen Struktur	2-2
2.1.2. Elemen Perangkai	2-3
2.2. Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung	2-7
2.2.1. Gempa Rencana	2-7
2.2.2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa	2-7
2.2.3. Klasifikasi Situs	2-8
2.2.4. Koefisien Situs	2-8
2.2.5. Parameter Percepatan Spektral Desain	2-9
2.2.6. Respons Spektrum	2-10
2.2.7. Kategori Desain Seismik	2-10
2.2.8. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung	2-10

2.2.9.	Kombinasi Pembebanan.....	2-11
2.3.	Desain Struktur Rangka Bresiing Eksentris dengan Metode Konvensional	2-12
2.3.1.	Sistem Struktur.....	2-12
2.3.2.	Periode Fundamental Pendekatan	2-13
2.3.3.	Koefisien Respons Seismik.....	2-13
2.3.4.	Gaya Geser Dasar Seismik.....	2-14
2.3.5.	Simpangan Antar Tingkat	2-14
2.4.	Desain Struktur Rangka Bresiing Eksentris dengan Metode Target Simpangan dan Mekanisme Kelelahan	2-15
2.4.1.	Gaya Geser Dasar Desain.....	2-15
2.4.2.	Distribusi Beban Lateral	2-17
2.4.3.	Desain Elemen yang Didesain untuk Mengalami Kelelahan.....	2-18
2.5.	Analisis Statik Beban Dorong Non-Linier	2-21
2.5.1.	Kurva Kapasitas (<i>Capacity Curve</i>)	2-21
2.5.2.	Sendi Plastis	2-22
2.5.3.	Kapasitas Spektrum (<i>Spectrum Capacity</i>)	2-24
2.5.4.	Spektrum Kebutuhan (<i>Demand Spectrum</i>)	2-25
2.5.5.	Tingkat Kinerja Struktur (<i>Performance Level</i>)	2-25
BAB III PEMODELAN DAN ANALISIS DESAIN STRUKTUR DENGAN METODE KONVENSIONAL		3-1
3.1.	Data Struktur	3-1
3.2.	Data Material.....	3-2
3.3.	Data Elemen	3-2
3.4.	Data Pembebanan	3-3
3.5.	Parameter yang Digunakan.....	3-4
3.6.	Analisis	3-5
3.6.1.	Gaya Geser Dasar.....	3-5
3.6.3.	Gaya Gempa Lantai.....	3-6
3.6.4.	Gaya Geser Elemen Perangkai.....	3-6
3.6.5.	Analisis Beban Dorong Non-Linier	3-7
BAB IV PEMODELAN DAN ANALISIS DESAIN STRUKTUR DENGAN METODE TARGET SIMPANGAN DAN MEKANISME KELELEHAN		4-1

4.1.	Pemodelan Struktur	4-1
4.2.	Parameter yang Digunakan.....	4-1
4.3.	Analisis.....	4-3
4.3.1.	Gaya Geser Dasar.....	4-3
4.3.2.	Gaya Gempa Lantai.....	4-5
4.3.3.	Gaya Geser Elemen Perangkai.....	4-5
4.3.4.	Gaya Aksial Bresing	4-6
4.3.5.	Analisis Beban Dorong Non-Linier Metode PBPD.....	4-7
BAB V PERBANDINGAN HASIL DESAIN KEDUA METODE		5-1
5.1.	Profil Elemen yang Digunakan	5-1
5.2.	Gaya Dalam Elemen yang Direncanakan mengalami Kelelahan.....	5-3
5.2.1.	Gaya Dalam Elemen Perangkai	5-3
5.2.2.	Gaya Aksial Bresing	5-4
5.3.	Analisis Beban Dorong Non-Linier	5-5
5.3.1.	Kurva Kapasitas	5-5
5.3.2.	Kondisi Sendi Plastis	5-7
5.3.3.	Tingkat Kinerja Struktur (Performance Point).....	5-8
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		6-1
6.1.	Kesimpulan.....	6-1
6.2.	Saran.....	6-2
DAFTAR PUSTAKA		xv

DAFTAR NOTASI

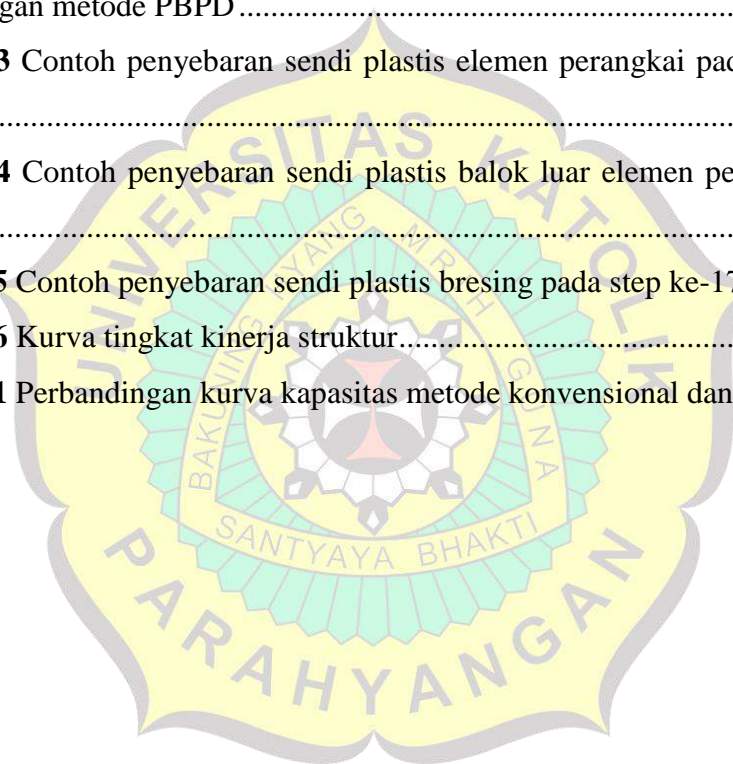
b	:	Lebar profil
β_i	:	Faktor distribusi geser pada tingkat ke-i
C_d	:	Faktor pembesaran defleksi
C_s	:	Koefisien respons seismik
δ	:	Sudut rotasi link
Δ	:	Drift antara tingkat desain
$\Delta_a^{a,b}$:	Tabel batasan simpangan antar tingkat izin
Δ_L	:	Deformasi panjang bracing
DL	:	Beban mati sendiri
Δ_{roof}	:	Peralihan atap
δ_{xe}	:	Defleksi akibat gaya seismik desain dengan analisis elastis
e	:	Panjang elemen perangkai
E	:	Beban gempa
E_e	:	Komponen elastis dari energi gaya
E_p	:	Komponen plastis dari energi gaya
F_a	:	Percepatan pada periode pendek
F_i	:	Gaya lateral pada tingkat ke-i
F_v	:	Percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
γ	:	Faktor modifikasi energi yang didapat dengan rumus sebagai
h_n	:	Ketinggian struktur dari tingkat bawah sampai atas (m)
I_e	:	Faktor keutamaan gempa
K_e	:	Kekakuan elastis elemen lentur
LL	:	Beban hidup pada tingkat lantai
LR	:	Beban hidup pada tingkat atap
M	:	Total massa sistem
M_p	:	Momen plastis
μ_s	:	Faktor daktilitas struktural atau faktor kuat lebih (Ω_0)
Ω_0	:	Faktor kuat lebih sistem
Q_{CE}	:	Kekuatan elemen lentur
R	:	Koefisien modifikasi respons

R_{μ}	:	Faktor reduksi daktilitas oleh Newmark dan Hall
R_t	:	Rasio tegangan tarik terhadap tegangan leleh terspesifikasi
S_a	:	Akselerasi spectra semu
S_{D1}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
SDL	:	Beban mati tambahan
S_{DS}	:	Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik
S_{M1}	:	Parameter respon spectral percepatan periode 1 detik
S_{MS}	:	Parameter respon spectral percepatan periode 0,2 detik
S_v	:	Kecepatan spectral semu desain
t	:	Tebal profil
T	:	Periode alami
T_a	:	Periode fundamental pendekatan
T_{max}	:	Kekuatan tarik bresing
θ_{brace}	:	Sudut yang membentuk elemen bresing
θ_p	:	Rasio simpangan inelastik
θ_u	:	Rasio simpangan target
θ_y	:	Rasio simpangan elastik
V	:	Gaya geser dasar seismik
V_i	:	Gaya geser tingkat pada tingkat ke-i
V_n	:	Kekuatan geser nominal elemen perangkai
V_n	:	Gaya geser tingkat pada tingkat paling atas
V_p	:	Gaya geser plastis
W	:	Berat seismik efektif
W_j	:	Beban seismik pada tingkat ke-j

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi sendi plastis akibat 3-5% simpangan atap (a) Rangka SAC; (b) Rangka PBPD; analisis beban dorong (Goel et al., 2010)	1-3
Gambar 1.2 Denah tampak atas struktur baja yang mengacu pada FEMA P-695	1-5
Gambar 1.3 Denah tampak depan portal yang mengacu pada FEMA P695	1-6
Gambar 2.1 Konfigurasi sistem rangka bresing eksentris (Engelhardt, 2007) ...	2-2
Gambar 2.2 Perilaku gaya yang bekerja pada link	2-4
Gambar 2.3 Desain gaya dalam balok luar elemen perangkai dan bresing	2-6
Gambar 2.4 Desain gaya aksial kolom	2-6
Gambar 2.5 Tampilan utama aplikasi RSA 2021	2-10
Gambar 2.6 Spektra inelastis yang diidealkan oleh Newmark dan Hall untuk EP-SDOF (Goel et al., 2010)	2-16
Gambar 2.7 Gaya-gaya yang terbentuk akibat kelelahan pada elemen perangkai	2-19
Gambar 2.8 Gaya-gaya yang terbentuk akibat kelelahan pada bresing	2-20
Gambar 2.9 Lokasi deformasi panjang bresing (ΔL) pada lantai 1	2-20
Gambar 2.10 Kurva kapasitas (ATC 40)	2-22
Gambar 2.11 Kurva gaya-deformasi untuk elemen struktur baja (ATC 40)	2-23
Gambar 2.12 Kapasitas spektrum (ATC 40)	2-24
Gambar 2.13 Respon spektrum tradisional dan dengan format ADRS (ATC-40)	2-25
Gambar 2.14 Titik perpotongan capacity curve dan demand spectrum (ATC-40)	2-26
Gambar 3.1 Pemodelan struktur pre-liminary design pada Midas Gen	3-3
Gambar 3.2 Respon spektrum dari RSA2021 untuk Lokasi Jakarta Tanah Lunak	3-4
Gambar 3.3 Pemodelan gaya gempa per-lantai pada program Midas Gen	3-6
Gambar 3.4 Gaya dalam pada bagian-bagian elemen perangkai	3-7
Gambar 3.5 Kurva kapasitas berdasarkan program Midas Gen untuk desain struktur dengan metode konvensional	3-8

Gambar 3.6 Contoh penyebaran sendi plastis elemen perangkai pada step ke-18	3-9
Gambar 3.7 Contoh penyebaran sendi plastis balok luar elemen perangkai pada step ke-18	3-9
Gambar 3.8 Contoh penyebaran sendi plastis pada bresing pada step ke-18... 3-10	
Gambar 3.9 Kurva tingkat kinerja struktur.....	3-11
Gambar 4.1 Spektra inelastis yang diidealkan oleh Newmark dan Hall untuk EP-SDOF (Goel et al., 2010)	4-2
Gambar 4.2 Kurva kapasitas berdasarkan program Midas Gen untuk desain struktur dengan metode PBPD	4-8
Gambar 4.3 Contoh penyebaran sendi plastis elemen perangkai pada step ke-17	4-9
Gambar 4.4 Contoh penyebaran sendi plastis balok luar elemen perangkai pada step ke-17	4-9
Gambar 4.5 Contoh penyebaran sendi plastis bresing pada step ke-17.....	4-9
Gambar 4.6 Kurva tingkat kinerja struktur.....	4-10
Gambar 5.1 Perbandingan kurva kapasitas metode konvensional dan PBPD....	5-6



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan rasio lebar terhadap tebal untuk elemen	2-3
Tabel 2.2 Tabel kategori risiko bangunan gedung tahan gempa.....	2-7
Tabel 2.3 Tabel keutamaan gempa berdasarkan kategori risiko	2-8
Tabel 2.4 Tabel klasifikasi situs	2-8
Tabel 2.5 Tabel koefisien situs.....	2-9
Tabel 2.6 Tabel kategori desain seismik	2-10
Tabel 2.7 Penentuan beban hidup.....	2-11
Tabel 2.8 Tabel faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik	2-12
Tabel 2.9 Tabel parameter C_t dan x	2-13
Tabel 2.10 Tabel batasan simpangan antar tingkat izin, Δ_{aa} , b	2-14
Tabel 2.11 Asumsi rasio simpangan leleh desain.....	2-17
Tabel 2.12 Parameter a , b , dan c untuk kelelehan geser pada elemen perangkai	2-23
Tabel 2.13 Parameter a , b , dan c untuk kelelehan aksial bresing.....	2-23
Tabel 2.14 Tabel tingkat kinerja struktur	2-26
Tabel 3.1 Tabel beban mati	3-3
Tabel 4.1 Tabel parameter untuk menghitung gaya geser dasar desain	3-4
Tabel 4.2 Tabel parameter untuk menghitung α	3-5
Tabel 4.3 Tabel hasil gaya geser dasar desain.....	3-5
Tabel 4.4 Tabel hasil gaya gempa lantai	3-5
Tabel 4.5 Tabel gaya momen dan geser elemen perangkai.....	3-6
Tabel 4.6 Tabel gaya aksial bresing dengan prinsip keseimbangan kerja virtual	3-6
Tabel 5.1 Tabel profil portal penahan gaya lateral metode konvensional.....	4-1
Tabel 5.2 Tabel profil portal penahan gaya gravitasi metode konvensional	4-1
Tabel 5.3 Tabel profil portal penahan gaya lateral metode PBPD	4-1
Tabel 5.4 Tabel profil portal penahan gaya gravitasi metode PBPD	4-2
Tabel 5.5 Tabel profil portal penahan gaya lateral metode konvensional.....	4-2
Tabel 5.6 Tabel profil portal penahan gaya gravitasi metode konvensional	4-2
Tabel 5.7 Tabel perbandingan gaya geser dan momen elemen perangkai	4-3

Tabel 5.8 Tabel perbandingan gaya aksial bresing metode konvensional dan metode PBPD skenario 1 dan 2..... 5-4



DAFTAR LAMPIRAN

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



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Hal ini menyebabkan frekuensi terjadinya bencana alam gempa bumi di Indonesia relatif tinggi sehingga perencanaan struktur bangunan yang dibangun harus memenuhi standar yang terus dikembangkan supaya bangunan dapat menahan beban lateral gempa.

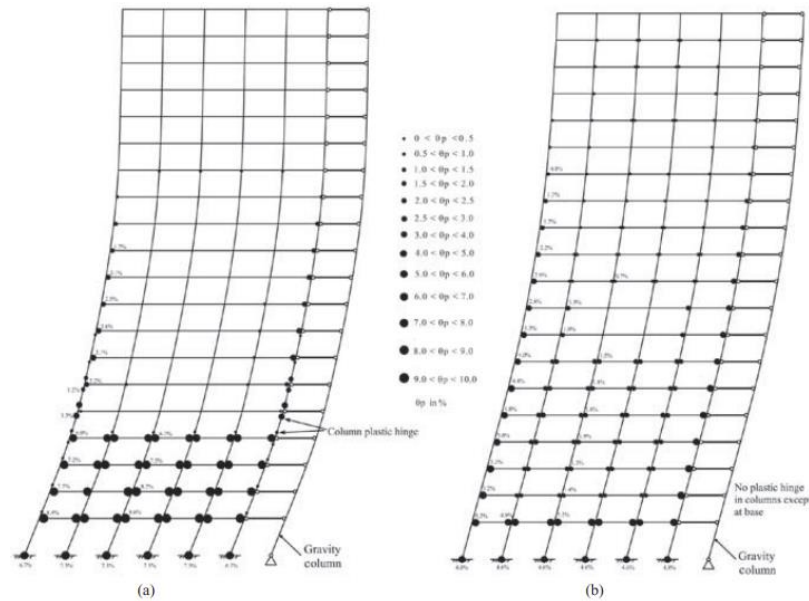
Berdasarkan standar perencanaan gempa yang berlaku di Indonesia saat ini, gaya geser dasar desain dihasilkan dari perkalian berat seismik efektif dengan percepatan spektral respons desain dan faktor keutamaan gempa, yang kemudian dibagi dengan koefisien modifikasi respons, dimana nilai faktor modifikasi respons dipilih berdasarkan sistem struktur penahan gaya gempa yang digunakan. Selanjutnya, berdasarkan kombinasi pembebanan yang berlaku, beban gravitasi dan beban gempa desain digunakan untuk merencanakan dimensi elemen-elemen struktur. Untuk mengetahui respons struktur akibat gempa kuat, besarnya deformasi elastis yang diperoleh melalui analisis linier akan dikalikan dengan faktor pembesaran defleksi (C_d); selanjutnya, nilai perbesaran deformasi tersebut dibandingkan dengan batas simpangannya yang sudah diatur di dalam standar perencanaan gedung tahan gempa. Oleh karena itu, prosedur perhitungan tersebut menunjukkan bahwa perhitungan respons inelastis struktur dilakukan secara tidak langsung.

Proses perhitungan perilaku inelastis secara tidak langsung tersebut menyebabkan respon inelastis struktur, yaitu deformasi lateral dan mekanisme sendi plastis tidak dapat “dikendalikan” sesuai perencanaan. Berdasarkan hasil studi yang sudah dilakukan pada tahun 2010 oleh seorang profesor emeritus bernama Subhash C. Goel dengan rekan-rekannya dari *University of Michigan*, saat analisis beban dorong dilakukan pada struktur

rangka pemikul momen, kinerja struktur yang diperoleh tidak sesuai prediksi dan penyebaran sendi plastis struktur masih dapat mengakibatkan struktur mengalami skenario kegagalan tingkat lunak (Leelataviwat et al., 1999, 2007; Lee and Goel, 2001; Dasgupta et al., 2004; Chao and Goel, 2006a, 2006b, 2008; Chao et al., 2007; Goel and Chao, 2008).

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Goel, dkk. adalah penyusunan metode baru yang menjadikan perencanaan struktur menjadi lebih praktis. Metode tersebut dinamakan dengan *performance-based plastic design method*, atau dikenal juga sebagai metode target simpangan dan mekanisme kelelahan. Prinsip metode tersebut adalah melakukan perhitungan respons inelastis struktur secara langsung dengan cara menentukan besarnya simpangan dan lokasi terbentuknya sendi plastis pada saat proses desain awal, sehingga respon inelastis struktur dan mekanisme sendi plastis yang dihasilkan sama dengan yang direncanakan.

Metode target simpangan dan mekanisme kelelahan pertama kali digunakan untuk menganalisa perilaku inelastis struktur baja Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang memiliki 20 lantai. Respon struktur yang didapat kemudian dibandingkan dengan metode konvensional sesuai dengan peraturan yang berlaku. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa metode target simpangan dan mekanisme kelelahan memberikan besarnya peralihan struktur maksimum yang lebih unggul dibandingkan dengan metode konvensional. Pada Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa skenario kegagalan tingkat lunak tidak tercipta pada saat mendesain struktur SRPM dengan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan, sehingga meminimalisasi sampai menghilangkan adanya iterasi ulang seperti yang masih perlu dilakukan pada metode konvensional.



Gambar 1.1 Lokasi sendi plastis akibat 3-5% simpangan atap (a) Rangka SAC; (b) Rangka PBPD; analisis beban dorong (Goel et al., 2010)

Pada studi yang Goel, dkk. lakukan mengenai penemuan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan, terdapat pernyataan bahwa metode tersebut dapat diterapkan juga pada sistem struktur rangka baja lainnya, seperti Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE). Sistem rangka baja bresing eksentris merupakan sistem struktur pemikul beban gempa yang memiliki kinerja lebih baik dalam hal kekuatan, kekakuan, daktilitas, maupun disipasi energi, jika dibandingkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Elemen yang memegang peranan penting pada SRBE adalah elemen perangkai yang berfungsi untuk mendisipasi gaya lateral gempa melalui mekanisme leleh. Pada saat struktur SRBE menerima gaya-gaya gempa, elemen perangkai diharapkan dapat berdeformasi inelastis cukup besar sebelum elemen-elemen selain elemen perangkai mengalami kelelahan. Untuk menghasilkan perilaku inelastis tersebut, elemen-elemen selain elemen perangkai, seperti balok luar elemen perangkai, bresing, kolom, dan sambungan, didesain berdasarkan kapasitas geser atau lentur elemen perangkai.

1.2. Inti Permasalahan

Studi yang dilakukan oleh Goel, dkk. telah membahas perbandingan performa Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) 20 lantai yang direncanakan menggunakan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan dan metode konvensional. Pada metode target simpangan dan mekanisme kelelahan, diperhitungkan dua skenario kelelahan yang dapat terjadi pada SRPM, yaitu skenario kelelahan pada balok-balok dan kaki kolom lantai dasar, dan skenario kelelahan pada kolom lantai dasar saja yang menyebabkan kegagalan tingkat lunak. Skenario kegagalan tingkat lunak ini diperhitungkan untuk mengantisipasi terjadinya mekanisme non-linier yang tidak diharapkan.

Seperti halnya SRPM, Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) juga perlu memperhitungkan dua skenario kelelahan, yaitu skenario kelelahan yang diharapkan, yaitu kelelahan pada elemen perangkai, dan skenario yang mengantisipasi adanya mekanisme non-linier yang tidak diharapkan, yaitu skenario kelelahan pada bresing, yang mana merupakan kegagalan struktur akibat bresing leleh lebih dahulu daripada elemen perangkai. Pada skenario ke-2 ini, bresing tidak didesain secara konvensional berdasarkan kapasitas geser atau lentur elemen perangkai, namun desain bresing akan menyesuaikan dengan kebutuhan gaya geser dasar minimum yang harus mampu ditahan bresing untuk mencegah terjadinya kegagalan bresing terlebih dahulu sebelum kegagalan pada elemen perangkai terjadi akibat gaya geser dasar tersebut.

1.3. Tujuan

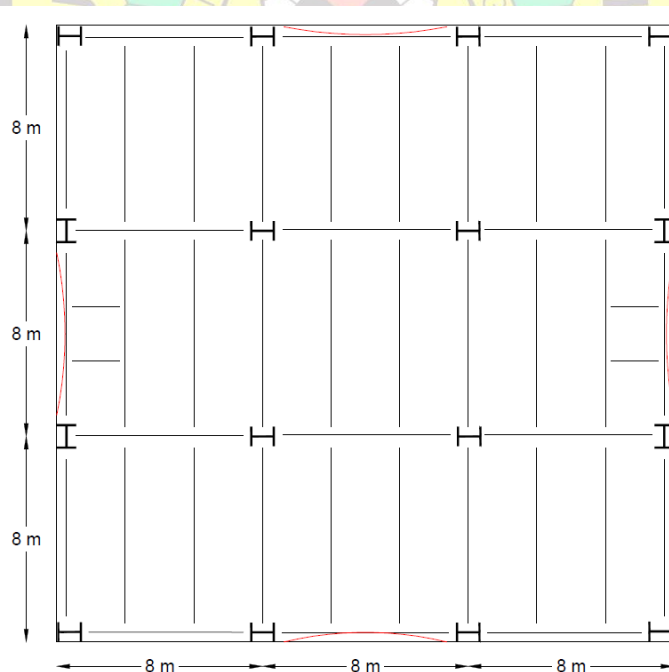
Tujuan dari studi ini adalah :

- Melakukan desain Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) dengan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan (PBPD) yang memperhitungkan dua skenario berbeda
- Membandingkan kinerja struktur yang didesain metode PBPD dengan kinerja struktur yang didesain menggunakan metode konvensional yang dibuktikan dengan analisis statik non-linier

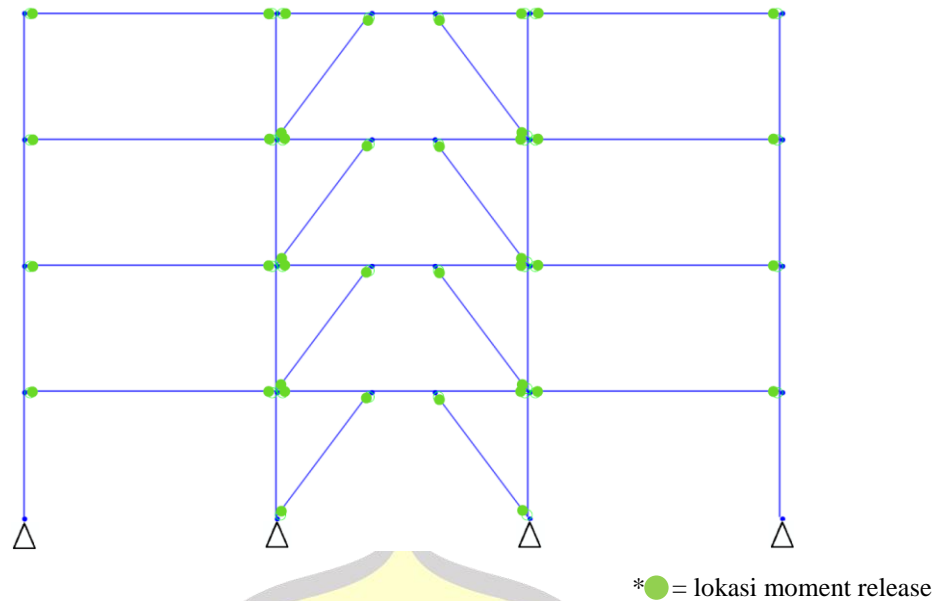
1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Fungsi bangunan adalah perkantoran.
2. Bangunan menggunakan material baja dengan spesifikasi SNI BJ37.
3. Spesifikasi profil baja bangunan akan ditentukan menggunakan metode *pre-eliminary design* untuk melakukan cek kekompakan struktur terhadap beban gempa sesuai peraturan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 7860:2020, yang kemudian akan didesain ulang agar mempunyai kekuatan lebih efisien terhadap gaya gempa.
4. Klasifikasi elemen perangkai dikategorikan sebagai elemen perangkai pendek.
5. Denah bangunan SRBE mengacu pada denah bangunan baja berdasarkan FEMA P-695. Namun, pemodelan struktur akan disesuaikan menjadi 3 bentang dengan panjang 8 meter dan jumlah tingkat adalah 4 dengan ketinggian antar tingkat 4 meter.



Gambar 1.2 Denah tampak atas struktur baja yang mengacu pada FEMA P-695



Gambar 1.3 Denah tampak depan portal yang mengacu pada FEMA P695

6. Jenis tumpuan adalah sendi.
7. Bangunan berlokasi di Jakarta dengan kondisi tanah lunak (SE).
8. Perencanaan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019.
9. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan secara dua dimensi.
10. Tidak dilakukan desain pondasi dan sambungan.

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah :

1. Studi Literatur

Studi literatur berbentuk makalah ilmiah, buku teks, dan peraturan desain struktur mengenai topik terkait.

2. Studi Desain dan Analitis

Studi desain akan mengacu pada peraturan:

- SNI 1726:2019 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural;
- SNI 7860-2020 tentang ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural.

Studi analisis akan menggunakan bantuan program MIDAS Gen 2021, yang kemudian dilakukan analisis lanjutan pada program SMATH.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab 1. Pendahuluan

Pembahasan mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2. Studi Literatur

Pembahasan konsep dan prinsip dasar yang akan digunakan dalam analisis.

Bab 3. Perencanaan Model Struktur

Uraian pemodelan struktur dan elemen penyusunnya beserta prosedur analisis dan tahap perhitungan yang dilakukan berdasarkan peraturan yang berlaku.

Bab 4. Analisis dan Desain Struktur Metode Konvensional

Uraian pemodelan struktur dan elemen penyusunnya beserta prosedur analisis dan tahap perhitungan yang dilakukan berdasarkan peraturan yang berlaku.

Bab 5. Analisis dan Desain Struktur Metode Target Simpangan dan Mekanisme Kelelahan

Uraian pemodelan struktur dan elemen penyusunnya beserta prosedur analisis dan tahap perhitungan yang dilakukan berdasarkan metode target simpangan dan mekanisme kelelahan.

Bab 6. Kesimpulan dan Saran

Rekapitulasi hasil analisis yang dilakukan terhadap model hasil desain berdasarkan metode konvensional dan target simpangan dan mekanisme kelelahan; serta saran dalam bentuk rekomendasi yang dapat dilaksanakan dan saran untuk penelitian yang akan datang.