

SKRIPSI

**STUDI NUMERIKAL PENGARUH PANJANG
ELEMEN PERANGKAI VERTIKAL TERHADAP
RAGAM KEGAGALAN PADA SISTEM STRUKTUR
RANGKA TERBREIS EKSENTRIS**



**CHRISTINA NATASHA SHENDRI
NPM : 6102001172**

**PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**STUDI NUMERIKAL PENGARUH PANJANG
ELEMEN PERANGKAI VERTIKAL TERHADAP
RAGAM KEGAGALAN PADA SISTEM STRUKTUR
RANGKA TERBREIS EKSENTRIS**



**CHRISTINA NATASHA SHENDRI
NPM : 6102001172**

BANDUNG, 6 JANUARI 2024

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

**Helmy Hermawan Tjahjanto,
Ph.D.**

**Wivia Octarena Nugroho, S.T.,
M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

STUDI NUMERIKAL PENGARUH PANJANG ELEMEN PERANGKAI VERTIKAL TERHADAP RAGAM KEGAGALAN PADA SISTEM STRUKTUR RANGKA TERBREIS EKSENTRIS



NAMA: CHRISTINA NATASHA SHENDRI
NPM: 6102001172

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

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

PENGUJI 1: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2: Liyanto Eddy, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : CHRISTINA NATASHA SHENDRI
NPM : 6102001172
Judul skripsi : **STUDI NUMERIKAL PENGARUH PANJANG
ELEMEN PERANGKAI VERTIKAL
TERHADAP RAGAM KEGAGALAN PADA
SISTEM STRUKTUR RANGKA TERBREIS
EKSENTRIS**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 6 Januari 2024



Christina Natasha Shendri

STUDI NUMERIKAL PENGARUH PANJANG ELEMEN PERANGKAI VERTIKAL TERHADAP RAGAM KEGAGALAN PADA SISTEM STRUKTUR RANGKA TERBREIS EKSENTRIS

Christina Natasha Shendri
NPM: 6102001172

Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2024

ABSTRAK

Struktur Rangka Terbreis Eksentris (RBE) merupakan salah satu dari struktur gedung baja penahan beban lateral yang memiliki daktilitas dan kekakuan yang baik dalam menjaga kestabilan struktur. Untuk mengembangkan perilaku daktilitas pada Struktur RBE, elemen perangkai ditentukan sebagai pendisipasi energi. Terdapat dua tipe elemen perangkai pada Struktur RBE, yaitu elemen perangkai horizontal dan elemen perangkai vertikal. Pada penelitian ini akan berfokus meneliti Struktur RBE dengan elemen perangkai vertikal. Studi ini akan meninjau metode desain elemen perangkai vertikal serta efektivitas penggunaan sokongan lateral pada Struktur RBE. Sokongan lateral pada elemen perangkai vertikal memiliki peran penting salah satunya untuk mencegah terjadinya tekuk global maupun lokal pada struktur. Sampai saat ini, belum ada metode spesifik mengenai ketentuan desain dan efektivitas penggunaan sokongan lateral pada elemen perangkai vertikal. Maka dari itu, analisis numerik maupun pemodelan dilakukan untuk menemukan parameter desain elemen perangkai vertikal. Pada penelitian ini, pemodelan Struktur RBE dilakukan secara parsial yang meliputi elemen perangkai vertikal, breising diagonal, dan pelat buhul menggunakan program berbasis elemen hingga ABAQUS. Analisis dilakukan dengan memvariasikan panjang elemen perangkai vertikal dengan melakukan analisis berupa pembebanan statik nonlinear dan tekuk dengan ketidaksempurnaan geometri. Hasil studi menunjukkan bahwa konsep desain kapasitas untuk elemen perangkai vertikal masih bisa menggunakan konsep desain elemen perangkai horizontal serta jika dilihat pola kegagalan yang dihasilkan melalui analisis numerik maupun pemodelan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan demikian ketidakaadaan sokongan lateral tidak berpengaruh signifikan terhadap perilaku Struktur RBE.

Kata Kunci: Elemen Perangkai Vertikal, Metode Elemen Hingga, Rangka Terbreis Eksentris, Sokongan Lateral, Tekuk

Numerical Study of the Effect of the Length of the Vertical Link on the Variety of Failures in Eccentrically Braced Frame

Christina Natasha Shendri
NPM: 6102001172

Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2024

ABSTRACT

Eccentrically Braced Frame (EBF) is one of the lateral load resisting steel building structures which has good ductility and stiffness in maintaining structural stability. To develop the ductility behavior of EBF structures, link are specified as energy dissipating. There are two types of link in EBF structures, namely horizontal link and vertical link. This study will focus on the investigation of EBF structures with vertical link. This study will review the design method of vertical link as well as the effectiveness of using lateral support in EBF structures. Lateral support in vertical link has an important role, one of which is to prevent global and local buckling of the structure. Until now, there is no specific method regarding the design requirements and effectiveness of using lateral support on vertical link. Therefore, numerical analysis and modeling are conducted to find the design parameters of vertical link. In this study, the modeling of the EBF structure, which includes vertical link, diagonal bracing and gusset plates, is partially performed using the finite element-based program ABAQUS. The analysis was performed by varying the length of the vertical link by performing nonlinear static load analysis and buckling analysis with geometric imperfections. The study results show that the capacity design concept for vertical link can still use the design concept of horizontal link, and the failure patterns generated by numerical analysis and modeling are as expected. Thus, the absence of lateral support does not significantly affect the behavior of the EBF structure.

Keywords: Buckling, Eccentrically Braced Frame, Finite Element Method, Lateral Support, Link

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu yang berjudul “Studi Numerikal Pengaruh Panjang Elemen Perangkai Vertikal Terhadap Ragam Kegagalan Pada Sistem Struktur Rangka Terbreis Eksentris”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik yang wajib dipenuhi dalam menyelesaikan studi Tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang dialami oleh penulis, tetapi pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tentunya tidak luput dari dukungan, motivasi, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. selaku dosen pembimbing dan Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang telah sabar dalam membimbing, meluangkan waktu, memotivasi, mengarahkan, dan memperluas wawasan penulis selama proses penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Ibu Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. selaku dosen yang telah sabar meluangkan waktu, mengarahkan, membagikan wawasan baru bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Orang tua dan saudara/i saya yang selalu memberikan semangat serta doa yang tiada henti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Nadila Anandita Putri selaku sahabat penulis yang telah memberikan dukungan, momen kebersamaan dalam suka-duka, dan perjuangan selama tiga setengah tahun pembelajaran di Sipil UNPAR.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berterimakasih apabila ada kritik dan saran yang membangun dan membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca. Terima Kasih.

Bandung, 6 Januari 2024

Christina Natasha Shendri

6102001172



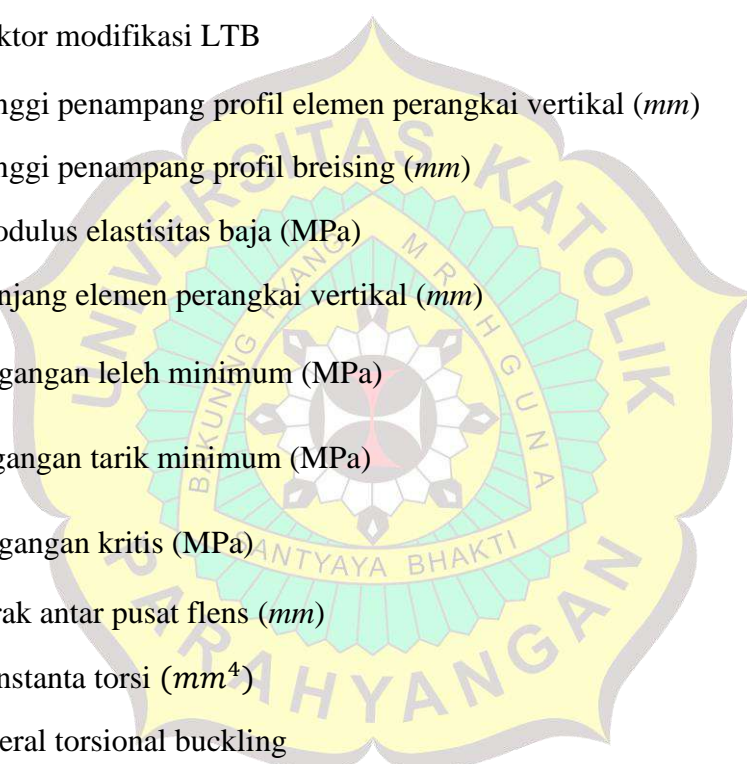
DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian.....	9
1.6 Metode Penelitian.....	10
BAB 2 DASAR TEORI.....	11
2.1 Material Baja Struktural.....	11
2.2 Perilaku Komponen Struktur Baja.....	13
2.3 Sistem Struktur Baja Penahan Gempa.....	20
2.4 Rangka Terbreis Eksentris.....	23
2.5 Syarat Kekompakan Penampang.....	27
2.6 Penelitian Terkait RBE.....	27
2.7 Pelat Buhul.....	33
2.8 Metode Elemen Hingga.....	35
BAB 3 PEMODELAN ELEMEN HINGGA.....	37

3.1 Umum.....	37
3.2 Konfigurasi Struktur	37
3.3 Pemodelan Struktur.....	41
BAB 4 PEMBAHASAN HASIL ANALISIS	51
4.1 Umum.....	51
4.2 Analisis Statik Nonlinear Struktur	51
4.3 Analisis Tekuk Linear	60
4.4 Analisis Tekuk Nonlinear	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN 1	81
LAMPIRAN 2	82
LAMPIRAN 3	84
LAMPIRAN 4	85
LAMPIRAN 5	86



DAFTAR NOTASI



AISC	: American Institute of Steel Construction
A_g	: Luas bruto penampang (mm^2)
A_c	: Luas daerah tertekan leleh (mm^2)
b_{wf}	: Lebar penampang profil elemen perangkai vertikal (mm)
bc	: Lebar penampang profil breising (mm)
C_b	: Faktor modifikasi LTB
d_{wf}	: Tinggi penampang profil elemen perangkai vertikal (mm)
dc	: Tinggi penampang profil breising (mm)
E	: Modulus elastisitas baja (MPa)
e	: Panjang elemen perangkai vertikal (mm)
F_y	: Tegangan leleh minimum (MPa)
F_u	: Tegangan tarik minimum (MPa)
F_{cr}	: Tegangan kritis (MPa)
h_o	: Jarak antar pusat flens (mm)
J	: Konstanta torsi (mm^4)
LTB	: Lateral torsional buckling
L_b	: Jarak antar sokongan lateral
L_p	: Batas atas L_b untuk kondisi batas leleh
L_r	: Batas atas L_b untuk kondisi batas LTB inelastis
M_p	: Momen lentur plastis elemen perangkai vertikal (kNm)
M_u	: Momen lentur maksimum akibat kombinasi pembebanan (kNm)
M_n	: Momen lentur nominal (kNm)

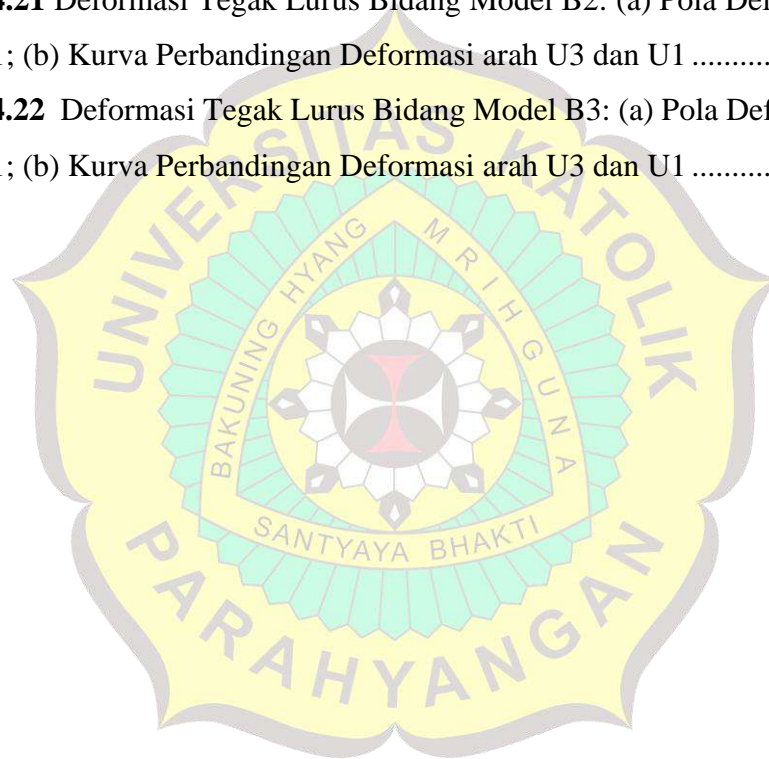
M_y : Momen leleh (kNm)
 PEEQ : Equivalent Plastic Strain
 P_b : Beban tekuk elastik analisis tekuk linear (kN)
 r_y : Radius girasi penampang terhadap sumbu-y (mm)
 RBE : Rangka terbreis eksentris
 SNI : Standar Nasional Indonesia
 S_x : Modulus elastis penampang (mm)
 t_w : tebal web (mm)
 t_f : tebal flens (mm)
 U : Arah perpindahan
 V_p : Kekuatan geser plastis elemen perangkai vertikal (kN)
 V_y : Gaya geser pada kondisi leleh pertama analisis statik nonlinear (kN)
 $V_{\theta p}$: Gaya geser pada kondisi rotasi maksimum analisis statik nonlinear (kN)
 $V_{2\theta p}$: Gaya geser pada kondisi 2x rotasi maksimum analisis statik nonlinear (kN)
 V_m : Kekuatan geser yang dihasilkan oleh momen plastis (kN)
 θ_p : Syarat rotasi maksimum elemen perangkai horizontal (rad)
 δ_p : Perpindahan elemen perangkai vertikal (mm)
 λ_{md} : Komponen struktur daktail sedang
 λ_{hd} : Komponen struktur daktail tinggi
 λ_p : Batas atas rasio kelangsingan elemen untuk kategori kompak
 λ_r : Batas atas rasio kelangsingan elemen untuk kategori non-kompak

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konfigurasi elemen perangkai pada RBE (AISC 341-22)	2
Gambar 1.2 Ilustrasi Pemodelan Struktur Parsial RBE.....	5
Gambar 1.3 Konfigurasi Parsial Struktur RBE	5
Gambar 1.4 Potongan Profil UPN 180	6
Gambar 1.5 Potongan Profil HEA 180.....	6
Gambar 1.6 Ilustrasi Pembebanan Struktur RBE	7
Gambar 1.7 Konfigurasi Parsial RBE Modifikasi	8
Gambar 1.8 Potongan Profil UPN 180	8
Gambar 1.9 Potongan Profil WF 154x157x10x12	9
Gambar 2.1 Kurva Tegangan Regangan (Segui, 2017).....	13
Gambar 2.2 Mekanisme Leleh Lentur pada Balok (Segui,2017).....	14
Gambar 2.3 Ilustrasi LTB (Adriano et al, 2023)	16
Gambar 2.4 Ilustrasi Kondisi Batas LTB (Segui, 2017)	17
Gambar 2.5 Ilustrasi Kegagalan Geser (Segui, 2017)	20
Gambar 2.6 Rangka Momen Khusus (RMK) (Andrew Chan et al, 2015).....	21
Gambar 2.7 Konfigurasi RBK (Pablo A. Cano, et al 2018).....	22
Gambar 2.8 Dinding Geser Pelat Khusus (DGPK) (Farsangi et al, 2020).....	22
Gambar 2.9 Rangka Terbreis Terkekang Tekuk (RBKT) (Applied Technology Council).....	23
Gambar 2.10 Sudut Rotasi Elemen Perangkai Vertikal (Silmi Kaffah dkk, 2021)	25
Gambar 2.11 Konfigurasi tipe breising eksentris (AISC 341-2016).....	26
Gambar 2.12 Konfigurasi Eksperimental RBE (Vetr, 2017).....	28
Gambar 2.13 Kurva Histeresis Sambungan Baut (Vetr, 2017)	30
Gambar 2.14 Kurva Histeresis Sambungan Las (Vetr, 2017)	30
Gambar 2.15 Kurva Histeresis dari Model Tiga Lantai Eksperimental	31
Gambar 2.16 Kurva Histeresis dari Model Satu Lantai Eksperimental	32
Gambar 2.17 Lebar Whitmore Pelat Buhul (Astaneh-Asl et a;,2006).....	34
Gambar 2.18 Perhitungan Luas Lingkaran dengan MEH (Rahardjo, P.P. dan Alvi, S.D., 2019)	35

Gambar 3.1 Konfigurasi Model A1	38
Gambar 3.2 Konfigurasi Model B1	39
Gambar 3.3 Konfigurasi Model B2	39
Gambar 3.4 Konfigurasi Model B3	40
Gambar 3.5 Pemodelan Numerik Material BJ37.....	41
Gambar 3.6 Pemodelan Profil WF	42
Gambar 3.7 Pemodelan Profil Kanal.....	42
Gambar 3.8 Pemodelan Pelat Buhul Segienam.....	43
Gambar 3.9 Pemodelan Pelat Buhul Bawah.....	43
Gambar 3.10 Pemodelan Pengaku.....	43
Gambar 3.11 Pemodelan Konektor	44
Gambar 3.12 Perangkaian Sistem Struktur RBE.....	44
Gambar 3.13 Ilustrasi Sambungan Las.....	45
Gambar 3.14 Bentuk <i>Mesh</i>	46
Gambar 3.15 Kondisi Batas Ujung Atas Elemen Perangkai	47
Gambar 3.16 Kondisi Batas Pelat Buhul Bawah Breis	47
Gambar 3.17 Ilustrasi Pembebanan pada Struktur RBE.....	48
Gambar 3.18 Penentuan Lokasi Pembebanan	49
Gambar 3.19 Penentuan Lokasi Pembebanan	50
Gambar 4.1 Pola Kelelahan Model A1.....	53
Gambar 4.2 Pola Kelelahan Model B1	54
Gambar 4.3 Pola Kelelahan Model B2.....	55
Gambar 4.4 Pola Kelelahan Model B3	56
Gambar 4.5 Kurva Beban vs Perpindahan Model A1	58
Gambar 4.6 Kurva Beban vs Perpindahan Model B1-B3	58
Gambar 4.7 Pola Deformasi Model A1	61
Gambar 4.8 Pola Deformasi Model B1	62
Gambar 4.9 Pola Deformasi Model B2	63
Gambar 4.10 Pola Deformasi Model B3	64
Gambar 4.11 Pola Distribusi Kelelahan Model A1	66
Gambar 4.12 Pola Distribusi Kelelahan Model B1	67
Gambar 4.13 Pola Distribusi Kelelahan Model B2	68

Gambar 4.14 Pola Distribusi Kelelahan Model B3	69
Gambar 4.15 Perbandingan Kurva Beban vs Perpindahan Model A1	70
Gambar 4.16 Perbandingan Kurva Beban vs Perpindahan Model B1	71
Gambar 4.17 Perbandingan Kurva Beban vs Perpindahan Model B2	71
Gambar 4.18 Perbandingan Kurva Beban vs Perpindahan Model B3	72
Gambar 4.19 Deformasi Tegak Lurus Bidang Model A1: (a) Pola Deformasi arah U3 dan U1; (b) Kurva Perbandingan Deformasi arah U3 dan U1	73
Gambar 4.20 Deformasi Tegak Lurus Bidang Model B1: (a) Pola Deformasi arah U3 dan U1; (b) Kurva Perbandingan Deformasi arah U3 dan U1	74
Gambar 4.21 Deformasi Tegak Lurus Bidang Model B2: (a) Pola Deformasi arah U3 dan U1; (b) Kurva Perbandingan Deformasi arah U3 dan U1	75
Gambar 4.22 Deformasi Tegak Lurus Bidang Model B3: (a) Pola Deformasi arah U3 dan U1; (b) Kurva Perbandingan Deformasi arah U3 dan U1	76



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Variasi panjang elemen perangkai	9
Tabel 2.1 Klasifikasi Kategori Elemen	17
Tabel 2.2 Detail Spesimen.....	28
Tabel 3.1 Variasi Pemodelan.....	38
Tabel 4.1 Nilai Gaya Geser Analisis Statik Nonlinear.....	57
Tabel 4.2 Nilai Gaya Geser	59
Tabel 4.3 Rasio Perbandingan Beban Tekuk Elastik vs Gaya Geser Analisis Statik Nonlinear.....	65



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur gedung baja merupakan salah satu jenis struktur gedung tahan gempa yang memiliki performa baik dalam menjaga kestabilan struktur. Material baja bersifat duktail serta dapat mendisipasi energi melalui deformasi inelastik yang besar mampu mencegah runtuhnya bangunan secara tiba-tiba.

Sistem struktur gedung baja penahan beban lateral yaitu, Rangka Momen Khusus (RMK)/*Moment Resisting Frames* (MRF), Rangka Terbreis Konsentris (RBK)/*Concentrically Braced Frames* (CBF), Rangka Terbreis Eksentris (RBE)/*Eccentrically Braced Frames* (EBF), Dinding Geser Pelat Khusus (DGPK)/*Special Plate Shear Wall* (SPSW), dan Rangka Terbreis Terkekang Tekuk (RBKT)/*Buckling Restrained Braced Frames* (BRBF).

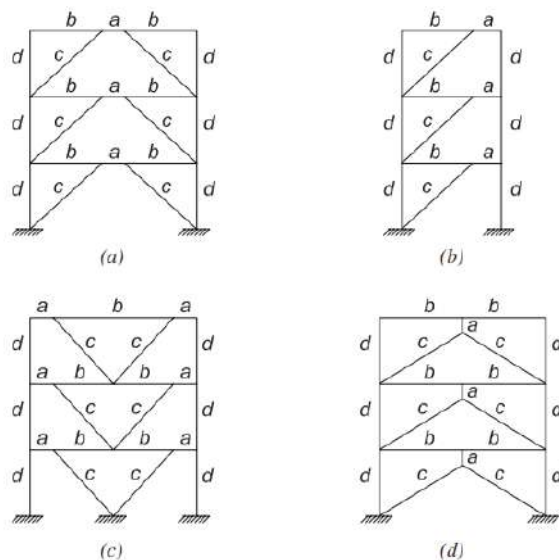
Sistem struktur gedung baja menerapkan konsep *Structural Fuse* atau Elemen Pendisipasi Energi untuk mengembangkan perilaku daktilitas struktur tersebut. *Fuse* merupakan elemen dari struktur yang ditentukan mengalami leleh terlebih dahulu apabila terjadi gempa atau bila diberikan beban berlebih. Elemen yang ditentukan sebagai *fuse* berfungsi untuk menyediakan deformasi inelastik yang besar pada sebuah struktur tanpa menyebabkan kerusakan parah yang mengakibatkan keruntuhan pada suatu bangunan. Seluruh elemen lainnya yang ada pada struktur tersebut di desain agar tetap dalam kondisi elastik pada saat elemen yang ditentukan sebagai *fuse* mencapai batas leleh.

Salah satu sistem struktur baja yang unik serta cocok untuk daerah dengan seismisitas yang tinggi adalah Rangka Terbreis Eksentris (RBE). RBE merupakan kombinasi keunggulan yang dimiliki RMK dan RBK. RBE memiliki sifat daktilitas yang baik seperti RMK, tetapi juga memiliki kekakuan lateral yang tinggi seperti RBK. Berdasarkan konsep *structural fuse* dari sistem tersebut, elemen pada struktur yang dianggap sebagai *fuse* adalah elemen perangkai yaitu elemen yang menerima momen lentur dan gaya geser akibat adanya eksentrisitas dengan breising. Perilaku inelastik pada RBE dibatasi terjadi hanya pada elemen perangkai,

sedangkan struktur lainnya seperti balok, kolom, serta breising dibiarkan tetap elastik selama terjadi gempa.

Secara umum, elemen perangkai yang digunakan pada sistem struktur RBE memiliki dua tipe, yaitu RBE dengan elemen perangkai horizontal dan RBE dengan elemen perangkai vertikal. RBE dengan elemen perangkai horizontal dipasang segaris dengan balok, sedangkan elemen perangkai vertikal dipasang tegak lurus balok dan terhubung dengan titik pertemuan breising. Ilustrasi konfigurasi elemen perangkai horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Saat terjadi gempa elemen perangkai horizontal maupun vertikal mengalami leleh akibat mendisipasi energi akibat gempa dan memerlukan penggantian pada elemen perangkai untuk memperbaiki sistem struktur RBE. Penggantian elemen perangkai tersebut cenderung sulit dilakukan pada elemen perangkai horizontal dibandingkan dengan elemen perangkai vertikal karena elemen perangkai horizontal tersebut letaknya segaris dengan balok sehingga jika ingin menggantinya dapat mengganggu elemen lain pada struktur RBE. Oleh karena itu, elemen perangkai vertikal yang berpotensi menjadi “*replaceable element*” lebih cocok diterapkan karena dapat mempermudah ketika hendak melakukan penggantian pada elemen perangkai pasca terjadi gempa tanpa mengganggu elemen lain pada struktur RBE.



Gambar 1.1 Konfigurasi elemen perangkai pada RBE (AISC 341-22)

Sistem struktur RBE memiliki kestabilan yang baik apabila elemen perangkai pada struktur tersebut hanya mengalami kegagalan akibat leleh geser, leleh lentur atau kombinasi keduanya. Oleh karena itu, struktur RBE memerlukan sokongan lateral di kedua ujung elemen perangkai. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan lain pada elemen perangkai antara lain, tekuk torsi lateral atau *Lateral Torsional Buckling (LTB)* yang bersifat progresif. Apabila elemen perangkai pada struktur EBF telah mengalami LTB maka elemen tersebut tidak dapat mencapai kondisi plastis. Penggunaan sokongan lateral pada RBE dengan elemen perangkai horizontal kedua ujung elemen perangkai tidak menimbulkan permasalahan karena berada pada elevasi yang sama dengan balok sedangkan RBE dengan elemen perangkai vertikal salah satu dari ujung elemen perangkai memiliki elevasi yang berbeda dengan balok, sehingga menimbulkan masalah pada estetika maupun fungsional pada suatu bangunan.

Ketentuan terkait pemasangan sokongan lateral pada sistem struktur RBE dirumuskan oleh SNI 7860-20 dan AISC 341-22 pada Bab F, tetapi ketentuan tersebut hanya diperuntukan untuk RBE dengan elemen perangkai horizontal. Kebutuhan sokongan lateral pada RBE dengan elemen perangkai vertikal dibahas pada AISC 341-22 pada bagian *commentary* yaitu, sokongan lateral pada elemen perangkai vertikal harus dipasang pada kedua ujung elemen perangkai, terkecuali ada perhitungan yang membuktikan elemen perangkai tersebut dapat berfungsi dengan baik tanpa ada sokongan lateral pada salah satu ujungnya. Maka dari itu analisis secara numerik dan pemodelan mengenai faktor apa saja yang menjadi batasan pada elemen perangkai untuk mengalami kegagalan apabila tidak dipasang sokongan lateral dapat memberikan pedoman terhadap pernyataan yang dikutip dari AISC 341-22.

1.2 Inti Permasalahan

Ketentuan AISC 341-22 pada bagian *commentary* mewajibkan pemasangan sokongan lateral pada kedua ujung elemen perangkai vertikal, terkecuali ada perhitungan yang dapat membuktikan elemen perangkai tersebut dapat berfungsi dengan baik tanpa ada sokongan lateral pada salah satu ujungnya.

Sampai saat ini, masih belum ada metode atau peraturan spesifik dalam

mendesain elemen perangkai vertikal serta diperlukan atau tidaknya sokongan lateral pada sistem struktur RBE dengan elemen perangkai vertikal. Maka dari itu, analisis secara numerik dan pemodelan perlu dilakukan untuk menentukan batasan apa saja yang menjadi acuan tidak digunakannya sokongan lateral pada sistem struktur RBE dengan elemen perangkai vertikal.

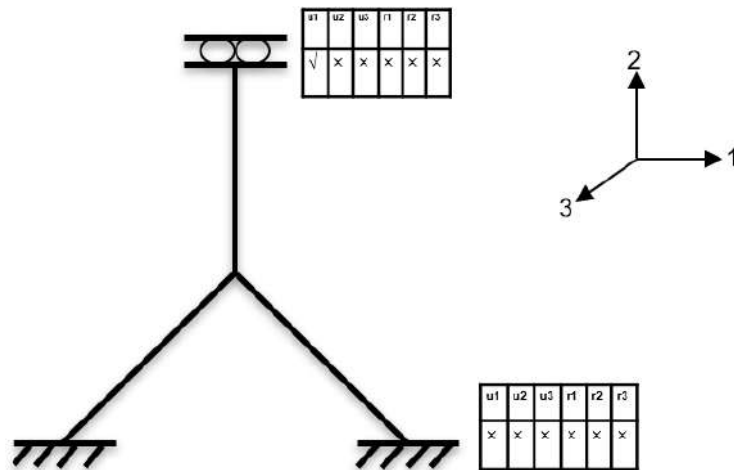
1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memodelkan dan menganalisis sistem struktur RBE parsial yang terdiri dari elemen perangkai vertikal dan breising terhadap beban lateral.
2. Mengevaluasi ragam kegagalan pada sistem struktur RBE yang dianalisis.
3. Memberikan rekomendasi desain termasuk batasan panjang elemen perangkai yang tidak memerlukan sokongan lateral.

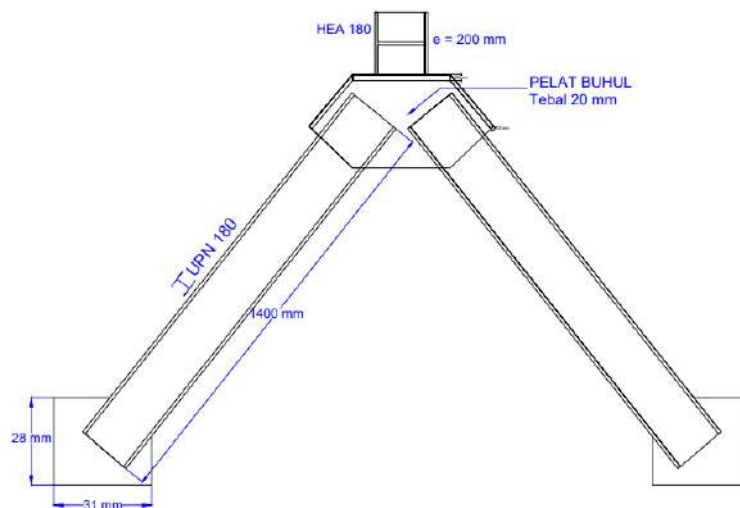
1.4 Pembatasan Masalah

1. Struktur yang ditinjau merupakan RBE dengan elemen perangkai vertikal mengacu pada peraturan SNI 7860-2020 dan AISC 341-22. Analisis numerik dan pemodelan dilakukan pada struktur RBE secara parsial, mencakup elemen perangkai vertikal, breising diagonal serta pelat buhul menggunakan perangkat lunak ABAQUS.
2. Analisis terdiri dari tiga tahap, yaitu Analisis Statik Nonlinear, Analisis Tekuk Linear dan Analisis Tekuk Nonlinear.
3. Perilaku sambungan berupa hubungan pelat buhul dengan balok dan kolom didefinisikan sebagai *boundary condition* ilustrasi seperti Gambar 1.2.

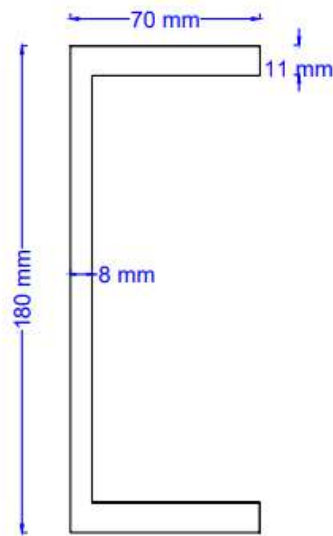


Gambar 1.2 Ilustrasi Pemodelan Struktur Parsial RBE

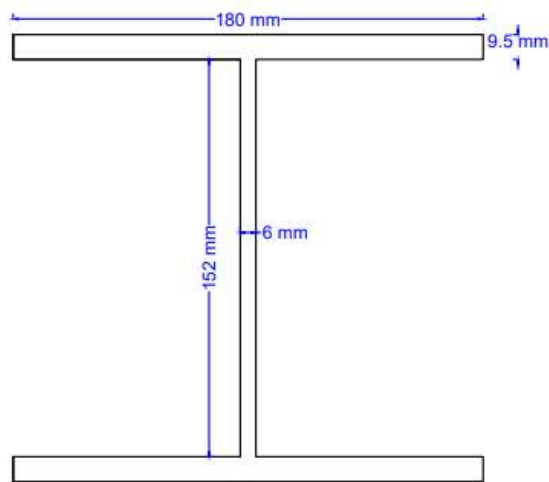
4. Konfigurasi struktur mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Vetr (2017) seperti pada Gambar 1.3., dengan detail penampang seperti pada Gambar 1.4., dan 1.5.



Gambar 1.3 Konfigurasi Parsial Struktur RBE



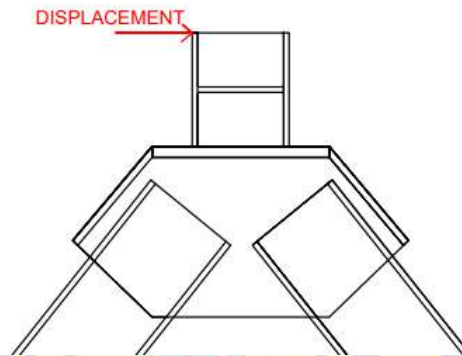
Gambar 1.4 Potongan Profil UPN 180



Gambar 1.5 Potongan Profil HEA 180

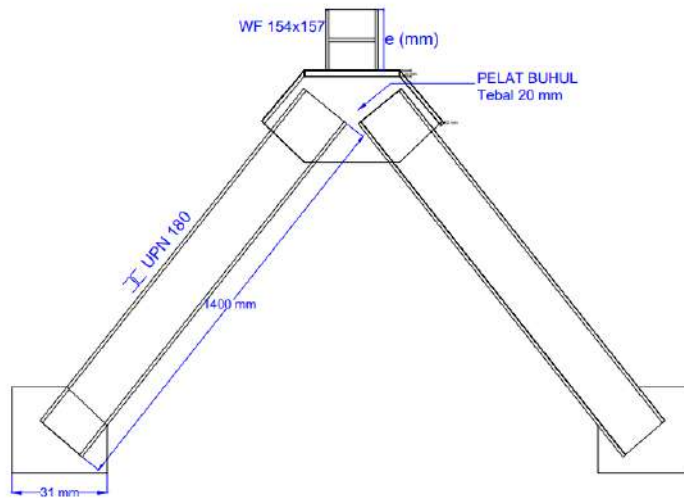
5. Material baja yang digunakan untuk pemodelan adalah BJ 37 ($E = 210000$ MPa).
6. Elemen baja yang dimodelkan sebagai elemen *shell*.

7. Penyambung antar elemen perangkai dengan breising terhadap pelat buhul menggunakan las dengan asumsi kegagalan las tidak menentukan sambungan (*rigid*).
8. Pembebanan yang diberikan terhadap model struktur pada ujung atas elemen perangkai seperti pada Gambar 1.5. secara monotonik.

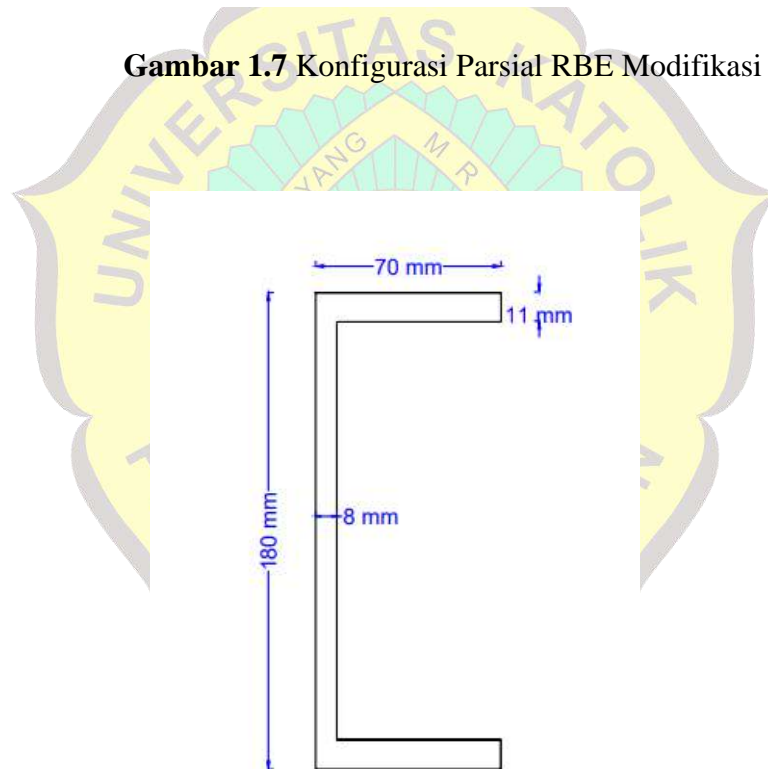


Gambar 1.6 Ilustrasi Pembebanan Struktur RBE

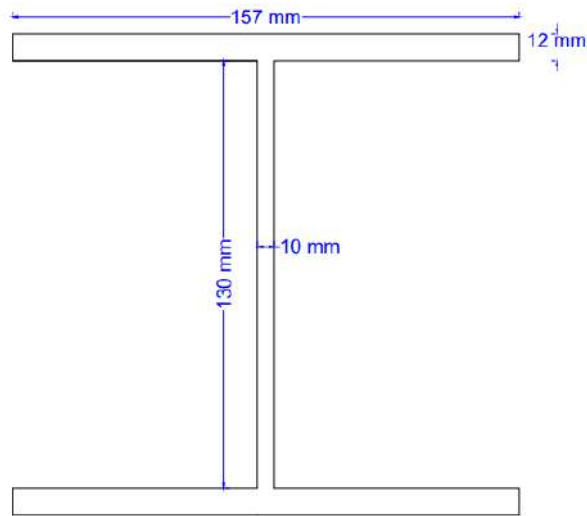
9. Selain konfigurasi dasar sesuai penelitian Vetr (2017), analisis juga dilakukan pada konfigurasi yang dimodifikasi dari penelitian yang sudah dilakukan, yaitu dengan menggunakan profil yang sesuai dengan kriteria kekompakan serta daktilitas seismik sesuai peraturan AISC 341-22 pada Pasal D1.1, detail konfigurasi dan penampang dapat dilihat pada Gambar 1.7 hingga 1.9, dengan panjang elemen perangkai yang divariasikan agar merepresentasikan elemen perangkai pendek, menengah dan panjang (Tabel 1.1). Batasan panjang elemen perangkai mengacu pada AISC 341-22 Pasal F3.4a.



Gambar 1.7 Konfigurasi Parsial RBE Modifikasi



Gambar 1.8 Potongan Profil UPN 180



Gambar 1.9 Potongan Profil WF 154x157x10x12

Tabel 1.1 Variasi panjang elemen perangkai

No.	e (mm)	Batasan Panjang Elemen Perangkai	Tipe Elemen Perangkai
1	400	$e \leq 1,6M_p/V_p$ (660 mm)	Pendek
2	800	$1,6M_p/V_p < e < 2,6M_p/V_p$ (660 < e < 1073 mm)	Menengah
3	1200	$2,6M_p/V_p \leq e$ (1073 mm)	Panjang

Keterangan :

- e = notasi panjang elemen perangkai (mm)
- M_p = Momen lentur plastis elemen perangkai (kNm)
- V_p = Kekuatan geser plastis element perangkai (kN)

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada skripsi ini menggunakan teori yang bersumber dari buku, jurnal, artikel serta peraturan atau standar yang berkaitan dengan sistem struktur RBE dan elemen perangkai vertikal.

2. Studi Analisis

Studi analisis pada skripsi ini menggunakan perangkat lunak ABAQUS untuk melakukan pemodelan terhadap sistem struktur RBE khususnya elemen perangkai vertikal. Perangkat lunak lain seperti Smath dan Microsoft Excel digunakan sebagai alat bantu perhitungan.

1.6 Metode Penelitian

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan sebagai pedoman untuk melakukan pemodelan serta analisis numerik.

BAB 3 : Pemodelan Struktur

Bab ini membahas mengenai desain dan pemodelan sistem struktur RBE secara parsial yang terdiri dari elemen perangkai vertikal dan breising terhadap beban lateral.

BAB 4 : Analisis dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil analisis tentang ragam kegagalan pada sistem struktur RBE yang telah dimodelkan dan kemudian melakukan analisis secara numerik untuk mencari batasan pada elemen perangkai yang menggunakan atau tidak menggunakan sokongan lateral.

BAB 5 : Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis secara numerik maupun pemodelan struktur serta memberikan rekomendasi atau saran yang diperoleh dari hasil kesimpulan tersebut.