

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK PORTAL
BAJA TERBREIS TAHAN TEKUK ANTARA SAMBUNGAN
PELAT BUHUL DENGAN BALOK-KOLOM
DAN DENGAN BALOK**



**WANDY PRAYOGO
NPM : 2015410149**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK
PORTAL BAJA TERBREIS TAHAN TEKUK ANTARA
SAMBUNGAN PELAT BUHUL DENGAN BALOK-KOLOM
DAN DENGAN BALOK**



**WANDY PRAYOGO
NPM : 2015410149**

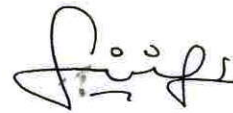
BANDUNG , 21 JUNI 2019

PEMBIMBING:



Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:



Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama lengkap : Wandy Prayogo

NPM : 2015410149

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK PORTAL BAJA TERBREIS TAHAN TEKUK ANTARA SAMBUNGAN PELAT BUHUL DENGAN BALOK-KOLOM DAN DENGAN BALOK** adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 21 Juni 2019



Wandy Prayogo

2015410149

STUDI PERBANDINGAN PERILAKU INELASTIK PORTAL BAJA TERBREIS TAHAN TEKUK ANTARA SAMBUNGAN PELAT BUHUL DENGAN BALOK- KOLOM DAN DENGAN BALOK

**Wandy Prayogo
NPM: 2015410149**

Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

Ko - Pembimbing: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui serta membandingkan perilaku inelastik portal baja terbreis tahan tekuk menggunakan sambungan pelat buhul yang mempertimbangkan pengaruh kekakuan serta terhubung ke joint balok-kolom dan ke elemen balok. Studi dimulai dengan mendesain sistem portal baja menggunakan bantuan program ETABS 16.2.0. Elemen bresing tahan tekuk (BRBF) dimodelkan single diagonal dan ditempatkan di sisi luar model bangunan. Desain kapasitas dan analisis elastis menghasilkan elemen model yang optimum dan efisien. Elemen hasil desain elastis dimodelkan menjadi 4 variasi model portal berdasarkan jenis sambungan dan pengaruh kekakuan. Analisis *pushover* dilakukan dan menghasilkan kesimpulan : rasio simpangan antar lantai tiap variasi model memenuhi ketentuan SNI 1726:2012. model sambungan pelat buhul ke balok dengan hubungan balok-kolom sendi memiliki nilai peralihan lantai, daktilitas, dan kapasitas deformasi terbesar. Sedangkan, Model sambungan pelat buhul ke joint balok-kolom dan hubungan balok-kolom jepit memiliki nilai kuat lebih terbesar. Elemen BRBF berfungsi sebagai *fuse* dan mengalami kelelahan awal saat diberi beban *pushover*. Distribusi sendi plastis seragam pada elemen BRBF terjadi di model dengan hubungan balok-kolom sendi. Sebaliknya, terjadi sendi plastis di kolom pada model dengan hubungan balok-kolom jepit saat eksitasi beban *pushover*.

Kata kunci : sambungan pelat buhul, kekakuan tambahan, bresing tertahan tekuk, analisis *pushover*, perilaku inelastik portal.

COMPARISON STUDY OF INELASTIC BEHAVIOUR OF BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAME WITH GUSSETS CONNECTED TO BEAM-COLUMN JOINT AND GUSSETS CONNECTED TO BEAM ELEMENT

**Wandy Prayogo
NPM: 2015410149**

Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

Co-Advisor: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNE 2019**

ABSTRACT

The aims of this study is to investigate and comparing the inelastic behaviour of buckling restrained braced frame with gussets connected to beam-column joint and gussets connected to beam element and will also consider the side effect of gussets plate by increase the rigidity of the structure. This study started with designing steel frame using software ETABS 16.2.0. buckling-restrained braced frame (BRBF) modeled as a single diagonal brace frame and placed at each lateral side of the building. Capacity design and elastic analysis will be done to obtain the most optimal and efficient element frame design. The design will be used to modeling 4 different frame based on gusset connected location and the rigidity effect. Pushover analysis performed and the result are as follows : maximum story drift ratio at each models qualify SNI 1726:2012 provision. Frame using gusset connected to beam with pin connection at the beam-column joint gives the biggest value of maximum story displacement, ductility, deformation capacity. Otherwise, frame using gusset connected to beam-column joint with moment connection at the joint has the biggest overstrength factor. BRBF function as the fuse element works well and yield due to pushover load. Plastic hinges uniformly formed and distributed at BRBF at each models with pin connection. Plastic hinges formed at column near the end of the analyzing pushover load for models with moment connection.

Keywords : gussets connection, increasing rigidity, buckling restrained brace, pushover analysis, inelastic behaviour.

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sebab hanya oleh rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Studi Perbandingan Perilaku Inelastik Portal Baja Terbreis Tahan Tekuk Antara Sambungan Pelat Buhul dengan Balok-Kolom dan dengan Balok. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi di program sarjana strata 1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam menyusun laporan skripsi ini banyak rintangan yang harus dilewati penulis baik bersifat fisik maupun emosi, maka tidaklah mengherankan bahwa dalam menyelesaikan laporan ini terdapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, waktu, kesabaran, dan dukungan yang luar biasa dalam membimbing penulis penyusunan skripsi.
2. Ibu Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T., selaku dosen ko-pembimbing yang telah mendampingi dan membimbing penulis dengan sabar dan memberikan saran serta masukan yang penting dalam penyempurnaan konten penulisan skripsi.
3. Kedua orang tua serta saudara-saudari penulis, yang selalu mengirimkan dukungan, baik moral maupun finansial, selama jenjang perkuliahan.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Struktur Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, saran, dan masukan.
5. Teman-teman seperjuangan skripsi, Justin Wijaya, Allen Hertanto, Graldo Wirabakti, yang bersama-sama memperjuangkan penyelesaian skripsi ini.

6. Teman-teman sipil Unpar 2015 serta Ganyang 101 yang telah memotivasi dan membantu penulis selama masa kuliah hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, terkhusus program studi teknik sipil.
8. Serta semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penyelesaian skripsi ini, baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Penulis tentu menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan ketidaksempurnaan, mengingat begitu terbatasnya waktu dan kemampuan penulis. Tentu penulis akan dengan senang hati menerima saran dan kritik yang membangun, untuk menciptakan karya yang lebih baik lagi kedepannya.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis sendiri, namun bagi mahasiswa, dunia pendidikan maupun praktisi, khususnya di bidang teknik sipil. Terima kasih.

Bandung, 21 Juni 2019

Penulis,



Wandy Prayogo

2015410149

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1-1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1-1 |
| 1.2. Inti Permasalahan..... | 1-3 |
| 1.3. Tujuan Penulisan..... | 1-4 |
| 1.4. Pembatasan Masalah | 1-4 |
| 1.5. Metode Penelitian | 1-9 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 1-10 |
| 1.7. Diagram Alir | 1-11 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 2-1 |
| 2.1. Sistem Struktur Bresing Penahan Gaya Gempa..... | 2-1 |
| 2.1.1. Sistem Rangka Bresing Konsentrik / <i>Ordinary Concentrically Braced Frame</i> (OCBF) | 2-1 |
| 2.1.2. Sistem Rangka Spesial Bresing Konsentrik / <i>Special Concentrically Braced Frames</i> (SCBF)..... | 2-1 |
| 2.1.3. Sistem Rangka Bresing Eksentrik / <i>Eccentrically Braced Frames</i> (EBF) | 2-2 |
| 2.1.4. Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk / <i>Buckling Restrained Braced Frames</i> (BRBF)..... | 2-2 |
| 2.2. Pembebanan | 2-4 |

| | |
|--|------------|
| 2.2.1. Beban Mati | 2-4 |
| 2.2.2. Beban Hidup..... | 2-4 |
| 2.2.3. Beban Gempa | 2-4 |
| 2.2.3.1. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan | 2-5 |
| 2.2.3.2. Klasifikasi Situs dan Parameter-Parameter Gempa..... | 2-5 |
| 2.2.3.3. Kategori Desain Seismik dan Jenis Struktur Penahan Beban Gempa | 2-5 |
| 2.2.3.4. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen | 2-5 |
| 2.2.3.5. Skala Gaya..... | 2-7 |
| 2.2.4. Kombinasi Pembebanan..... | 2-8 |
| 2.3. Desain Kapasitas Elemen..... | 2-9 |
| 2.3.1. BRBF | 2-9 |
| 2.3.2. Pelat Buhul | 2-10 |
| 2.3.2.1. Sambungan Pelat Buhul dengan Balok-Kolom..... | 2-11 |
| 2.3.2.2. Sambungan Pelat Buhul dengan Balok | 2-11 |
| 2.3.3. Balok | 2-11 |
| 2.3.4. Kolom..... | 2-12 |
| 2.4. Analisis Statik Nonlinier | 2-13 |
| 2.4.1. Tahapan Analisa Pushover | 2-14 |
| 2.4.2. Waktu Getar Alami Efektif..... | 2-14 |
| 2.4.3. Target Perpindahan | 2-15 |
| 2.4.4. Sendi Plastis | 2-15 |
| 2.4.5. Tingkat Kinerja Struktur | 2-16 |
| BAB 3 PEMODELAN DAN DESAIN STRUKTUR | 3-1 |
| 3.1. Umum | 3-1 |

| | |
|--|------------|
| 3.2. Data Struktur | 3-2 |
| 3.3. Data Material | 3-2 |
| 3.4. Pembebanan | 3-2 |
| 3.4.1. Beban Mati | 3-3 |
| 3.4.2. Beban Hidup..... | 3-3 |
| 3.4.3. Beban Gempa | 3-3 |
| 3.4.4. Kombinasi Pembebanan..... | 3-4 |
| 3.5. Elemen Struktur Desain | 3-5 |
| 3.5.1. BRBF..... | 3-5 |
| 3.5.2. Pelat Lantai..... | 3-8 |
| 3.5.3. Balok | 3-8 |
| 3.5.4. Kolom..... | 3-8 |
| 3.6. Elemen Struktur Desain Inelastis..... | 3-9 |
| 3.7. Pembebanan Pada Analisis Statik Nonlinier..... | 3-10 |
| 3.8. Pemodelan Letak Sendi Plastis | 3-10 |
| BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 4-1 |
| 4.1. Hasil Desain Struktur | 4-1 |
| 4.1.1 Peralihan Maksimum Antar Lantai | 4-2 |
| 4.1.2 Simpangan Maksimum Antar Lantai | 4-4 |
| 4.2. Hasil Analisis Statik Inelastik | 4-5 |
| 4.2.1 Peralihan Maksimum Antar Lantai | 4-5 |
| 4.2.2 Rasio Simpangan Maksimum Antar Lantai | 4-6 |
| 4.2.3 Sendi Plastis Pada Fuse BRBF..... | 4-7 |
| 4.2.4 Gaya Geser Dasar Dan Faktor Kuat Lebih | 4-14 |
| 4.2.5 Faktor Daktilitas | 4-15 |
| 4.2.6 Target Perpindahan Yang Dicapai Struktur | 4-15 |

| | |
|--|------|
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 5-1 |
| 5.1. Kesimpulan | 5-1 |
| 5.2. Saran | 5-3 |
| DAFTAR PUSTAKA | xvi |
| LAMPIRAN 1 PEMBEBANAN DAN ANALISIS STATIK EKIVALEN | L1-1 |
| LAMPIRAN 2 DESAIN KAPASITAS ELEMEN PEMODELAN ... | L2-1 |
| LAMPIRAN 3 BROSUR DAN SPESIFIKASI ELEMEN PENAMPANG | L3-1 |
| LAMPIRAN 4 DESAIN DIMENSI PELAT BUHUL MENURUT SSEC | L4-1 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|----------|--|
| ASCE | = <i>American Society of Civil Engineers</i> |
| A_{sc} | = Luas penampang inti bresing |
| BRBF | = <i>Buckling Restrained Braced Frames</i> |
| C_d | = Faktor pembesaran defleksi |
| C_s | = Koefisien respon seismik |
| C_t | = Parameter untuk menentukan periode fundamental struktur |
| C_{vx} | = Faktor distribusi vertikal |
| CP | = <i>Collapse Prevention</i> |
| DCR | = <i>Demand Capacity Ratio</i> |
| E_h | = Pengaruh beban gempa horisontal |
| E_v | = Pengaruh beban gempa vertikal |
| F_a | = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek |
| F_v | = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik |
| F_i | = gaya gempa total pada lantai i |
| F_x | = Gaya gempa lateral |
| F_c' | = Kuat tekan beton |
| F_y | = Kuat leleh tulangan |
| FEMA | = <i>Federal Emergency Management Agency</i> |
| FO | = <i>Fully Operational</i> |
| g | = percepatan gravitasi |
| H_{sx} | = Tinggi struktur di bawah tingkat x |
| I_e | = Faktor keutamaan gempa |
| I_x | = Modulus inersia terhadap sumbu x |
| IWF | = <i>Wide Flange</i> |
| IO | = <i>Immediate Occupancy</i> |
| JIS | = <i>Japan Industrial Standards</i> |
| kN | = Kilo Newton |
| LS | = <i>Life Safety</i> |

| | |
|--------------|--|
| L_{wp} | = Panjang antara titik kerja Buckling Restrained Brace |
| L' | = Panjang bentang bersih balok |
| L_1 | = Panjang keseluruhan Buckling Restrained Brace |
| L_y | = Panjang daerah leleh Buckling Restrained Brace |
| m | = Meter |
| mm | = Milimeter |
| MPa | = Mega Pascal |
| N | = Newton |
| NEHRP | = <i>National Earthquake Hazards Reduction Program</i> |
| P_u | = Gaya akibat kombinasi pembebanan |
| P_n | = Kapasitas elemen |
| $P_{y_{sc}}$ | = Kapasitas bresing |
| R | = Faktor modifikasi respons |
| r_x | = Radius girasi penampang terhadap sumbu x |
| s | = sekon |
| S_{DS} | = Parameter percepatan spektrum respons desain perioda pendek |
| S_{D1} | = Parameter percepatan spektrum respons desain perioda 1 detik |
| S_1 | = Parameter percepatan spektrum respons maksimum |
| T | = Periode fundamental struktur |
| T_a | = Periode fundamental pendekatan |
| SNI | = Standar Nasional Indonesia |
| V | = Gaya geser dasar seismik |
| W | = Berat seismik efektif |
| Z_x | = Modulus Plastis terhadap sumbu x |
| μ | = Faktor daktilitas |
| Ω_0 | = Faktor kuat lebih |
| ω | = <i>Strain Hardening Adjustment Factor</i> |
| β | = <i>Compression Strength Adjustment Factor</i> |
| Δ | = Simpangan antar lantai |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|------|
| Gambar 1. 1 Ilustrasi Kekurangan Sambungan Konvensional BRB | 1-2 |
| Gambar 1. 2 Desain Sambungan Pelat Buhul ke Balok,..... | 1-3 |
| Gambar 1. 3 Ilustrasi Pemodelan Sambungan Pada Portal,..... | 1-3 |
| Gambar 1. 4 Parametrik Model Sambungan Pelat Buhul Balok-Kolom | 1-5 |
| Gambar 1. 5 Parameterik Model Sambungan Pelat Buhul Balok-Balok | 1-6 |
| Gambar 1. 6 Model 1 Kombinasi Parameterik Desain Struktur | 1-7 |
| Gambar 1. 7 Model 2 Kombinasi Parameterik Desain Struktur | 1-8 |
| Gambar 1. 8 Model 3 Kombinasi Parameterik Desain Struktur | 1-8 |
| Gambar 1. 9 Model 4 Kombinasi Parameterik Desain Struktur | 1-9 |
| Gambar 1. 10 Diagram Alir Penelitian | 1-11 |
| Gambar 2. 1 Ilustrasi Performa Sistem CBF Saat Terkena Beban Lateral | 2-1 |
| Gambar 2. 2 Mekanisme Disipasi Energi | 2-2 |
| Gambar 2. 3 Detail Bagian BRB..... | 2-3 |
| Gambar 2. 4 Hubungan Tekuk Dengan Perilaku BRBF,..... | 2-3 |
| Gambar 2. 5 Kurva Backbone BRBF, (Structural Systems Research Project, 2003) | 2-10 |
| Gambar 2. 6 <i>Free Body</i> Balok, (SSEC, 2004) | 2-12 |
| Gambar 2. 7 <i>Free Body</i> Kolom, (SSEC, 2004)..... | 2-13 |
| Gambar 2. 8 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover, (Wiryanto Dewobroto, 2005) | 2-15 |
| Gambar 2. 9 Jenis Komponen Pemodelan Inelastis Pada Elemen Struktur, | 2-16 |
| Gambar 3. 1 Spektrum Respons Desain | 3-4 |
| Gambar 3. 2 Pemodelan BRBF Pada Sumbu 1 | 3-6 |
| Gambar 3. 3 Pemodelan BRBF Pada Sumbu 4..... | 3-6 |
| Gambar 3. 4 Pemodelan BRBF Pada Sumbu A..... | 3-7 |
| Gambar 3. 5 Pemodelan BRBF Pada Sumbu D..... | 3-7 |
| Gambar 3. 6 Tampak Atas Pemodelan Tipikal Story 1-4 | 3-8 |
| Gambar 3. 7 Pemodelan Kolom Tipikal Story 1-4 Pada Sumbu 1 | 3-9 |
| Gambar 3. 8 Skema Pemodelan Sambungan Pelat Buhul Pada Model 3 dan Model 4 | 3-10 |

| | |
|---|------|
| Gambar 3. 9 Pemodelan Letak Sendi Plastis Pada Portal Eksterior Model 1 Sumbu 1 | 3-11 |
| Gambar 3. 10 Pemodelan Letak Sendi Plastis Pada Portal Eksterior Model 2 Sumbu 1 | 3-12 |
| Gambar 3. 11 Pemodelan Letak Sendi Plastis Pada Portal Eksterior Model 3 Sumbu 1 | 3-12 |
| Gambar 3. 12 Pemodelan Letak Sendi Plastis Pada Portal Eksterior Model 4 Sumbu 1 | 3-13 |
| Gambar 3. 13 Pemodelan <i>Moment Release</i> Pada Setiap Model di Portal Interior (<i>Gravity</i>) Sumbu 2..... | 3-13 |
| Gambar 4. 1 Rasio Interaksi P-M Model 1 Pada Potongan Sumbu 1 | 4-1 |
| Gambar 4. 2 Rasio Interaksi P-M Model 1 Pada Potongan Sumbu 4 | 4-2 |
| Gambar 4. 3 Peralihan Maksimum Lantai Elastis Arah X Model 1 | 4-3 |
| Gambar 4. 4 Peralihan Maksimum Lantai Elastis Arah Y Model 1 | 4-3 |
| Gambar 4. 5 Simpangan Antar Lantai Arah X Model 1 | 4-4 |
| Gambar 4. 6 Simpangan Antar Lantai Arah Y Model 1 | 4-5 |
| Gambar 4. 7 Peralihan Maksimum Antar Lantai Pada Variasi Model | 4-6 |
| Gambar 4. 8 Rasio Simpangan Antar Lantai Variasi Model Inelastis | 4-7 |
| Gambar 4. 9 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 1 Sumbu 4 | 4-8 |
| Gambar 4. 10 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 1 Sumbu 4, (a) Pada Saat Kelelahan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir. | 4-8 |
| Gambar 4. 11 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 1 Sumbu 1 | 4-9 |
| Gambar 4. 12 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 1 Sumbu 1, (a) Pada Saat Kelelahan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir. | 4-9 |
| Gambar 4. 13 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 2 Sumbu 4 | 4-9 |
| Gambar 4. 14 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 2 Sumbu 4, (a) Pada Saat Kelelahan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-10 |

| | |
|---|------|
| Gambar 4. 15 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 2 Sumbu 1 | 4-10 |
| Gambar 4. 16 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 2 Sumbu 1, (a) Pada Saat Kelelehan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-10 |
| Gambar 4. 17 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 3 Sumbu 4 | 4-11 |
| Gambar 4. 18 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 3 Sumbu 4, (a) Pada Saat Kelelehan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-11 |
| Gambar 4. 19 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 3 Sumbu 1 | 4-11 |
| Gambar 4. 20 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 3 Sumbu 1, (a) Pada Saat Kelelehan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-12 |
| Gambar 4. 21 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 4 Sumbu 4 | 4-12 |
| Gambar 4. 22 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 4 Sumbu 4, (a) Pada Saat Kelelehan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-12 |
| Gambar 4. 23 Gaya Aksial Versus Deformasi Aksial Pada Elemen BRBF Model 4 Sumbu 1 | 4-13 |
| Gambar 4. 24 Lokasi dan Status Sendi Plastis Pada Elemen BRBF Model 4 Sumbu 1, (a) Pada Saat Kelelehan Awal, (b) Pada Saat Kegagalan Akhir..... | 4-13 |
| Gambar 4. 25 Kurva Pushover Gabungan Variasi Model | 4-14 |
| Gambar 4. 26 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 5 Dan <i>Step</i> 6 Pada Model 1 Sumbu 4 | 4-17 |
| Gambar 4. 27 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 5 Dan <i>Step</i> 6 Pada Model 1 Sumbu 1 | 4-17 |
| Gambar 4. 28 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 4 dan <i>Step</i> 5 Pada Model 2 Sumbu 4 | 4-17 |

| | |
|---|------|
| Gambar 4. 29 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 4 dan <i>Step</i> 5 Pada Model 2 Sumbu 1 | 4-18 |
| Gambar 4. 30 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 6 Pada Model 3 Sumbu 1 | 4-18 |
| Gambar 4. 31 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 6 Pada Model 3 Sumbu 4 | 4-18 |
| Gambar 4. 32 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 6 dan <i>Step</i> 7 Pada Model 4 Sumbu 1 | 4-19 |
| Gambar 4. 33 Status Sendi Plastis <i>Step</i> 6 dan <i>Step</i> 7 Pada Model 4 Sumbu 4 | 4-19 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|------|
| Tabel 1. 1 Jenis Model dan Keterangan | 1-6 |
| Tabel 3. 1 Nilai Parameter Percepatan Gempa | 3-4 |
| Tabel 4. 1 Peralihan Lantai Hasil Analisis Elastis Model 1 | 4-2 |
| Tabel 4. 2 Simpangan Maksimum Elastis Antar Lantai Model 1 | 4-4 |
| Tabel 4. 3 Peralihan Maksimum Antar Lantai Pada Model Inelastis | 4-5 |
| Tabel 4. 4 Rasio Simpangan Antar Lantai Variasi Model Inelastis | 4-6 |
| Tabel 4. 5 Gaya Aksial Dan Deformasi Aksial Pada BRB | 4-7 |
| Tabel 4. 6 Gaya Aksial Dan Deformasi Aksial Pada BRB | 4-8 |
| Tabel 4. 7 Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah X Dan Faktor Kuat Lebih Pada Variasi Model | 4-14 |
| Tabel 4. 8 Faktor Daktilitas Variasi Model | 4-15 |
| Tabel 4. 9 Target Perpindahan Variasi Model Dengan Kriteria ASCE 41-13 | 4-15 |
| Tabel 4. 10 Target Perpindahan Yang Diperbesar dan Batas Target Yang Dicapai | 4-16 |
| Tabel 4. 11 <i>Step</i> Dan Perpindahan Yang Dicapai Model Struktur | 4-16 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

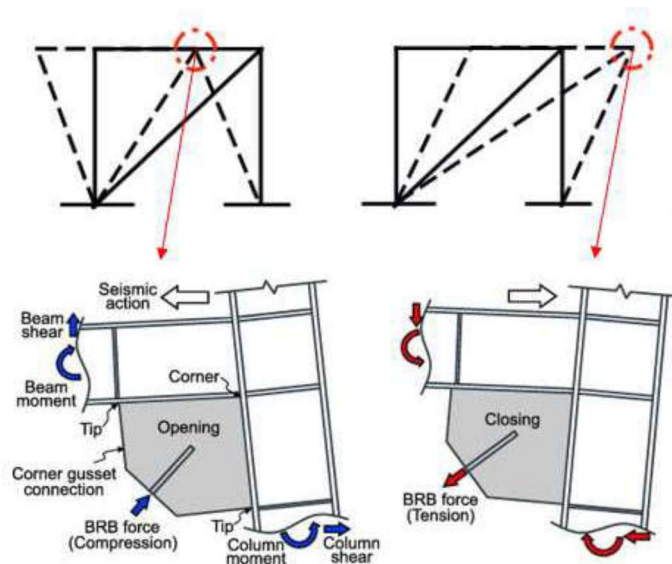
Resiko terjadinya bencana alam gempa yang cenderung tinggi di Indonesia disebabkan oleh kondisi geografis Indonesia terletak diantara lempeng Australia, lempeng Pasifik, lempeng Eurasia. Indonesia juga dilewati oleh gugusan gunung berapi di dunia yang dikenal dengan istilah *ring of fire*. Kerugian harta benda maupun korban jiwa tidak disebabkan oleh bencana alam gempa sendiri. Namun, disebabkan oleh rusak dan runtuhnya bangunan yang konstruksinya dahulu tidak mengikuti peraturan serta standar yang berlaku nasional di Indonesia. Agar jenis kerusakan yang terjadi pada bangunan akibat gempa tidak menimbulkan kerugian harta benda serta korban jiwa. Perlu diterapkan konstruksi bangunan tahan gempa yang mengikuti kaidah-kaidah serta peraturan yang berlaku di Indonesia.

Dewasa ini, konstruksi menggunakan material baja untuk bangunan tahan gempa banyak diaplikasikan. baja merupakan material konstruksi yang memiliki kekuatan besar dalam menahan tegangan aksial tarik dan tekan. Selain itu, baja memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, tingkat kemudahan dalam pengerjaan, serta tahan terhadap rayap dan api. Salah satu sistem penahan gaya seismik yang dikonstruksikan menggunakan material baja adalah sistem bresing tahan tekuk (*Buckling Restrained Braced Frame*). Sistem bresing ini didesain agar kuat dapat menahan gaya aksial yang diakibatkan oleh beban serta mencapai kuat leleh yang diinginkan akibat tarik dan tekan.

Konsep bresing BRBF ini menggunakan baja *hollow* berinti baja (*core*) yang dicor dengan beton sehingga kuat terhadap tekuk. Sambungan BRBF dengan struktur bangunan balok dan kolom menggunakan pelat buhul yang dibaut serta diperkaku. Sistem ini diperkenalkan dan menjadi salah satu solusi yang digunakan didalam konstruksi untuk mendisipasi energi dan meningkatkan daktilitas struktur bangunan. Namun, berdasarkan penelitian performa yang telah dilakukan terhadap

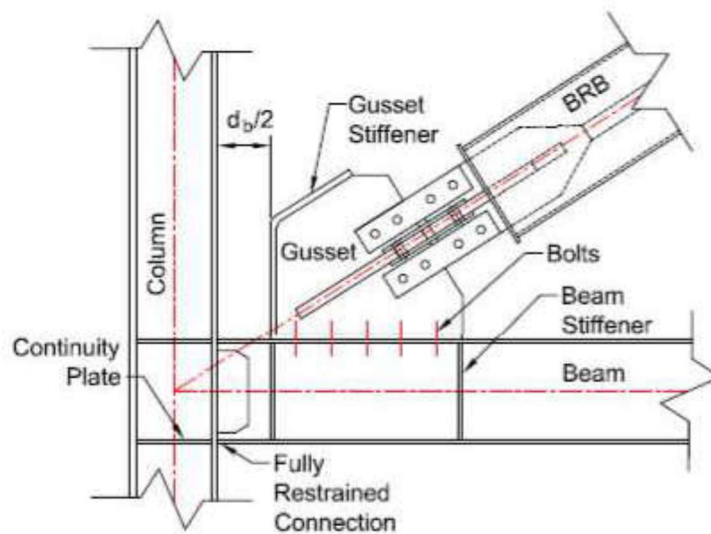
BRB yang diperkaku pada bagian buhul didapatkan hasil berupa (Tsai et al. 2003; Mahin et al. 2004; Tremblay et al. 2006; Christopoulos et al. 2006; Tsai et al. 2006):

1. Tekuk keluar bidang pada pelat buhul dapat terjadi ketika sudut pertemuan antara balok dan kolom mengalami *closing* pada saat struktur bergoyang sehingga menyebabkan momen keluar bidang pada bresing dan sambungan bresing terhadap pelat buhul.
2. kondisi *low-cycle fatigue* pada sambungan las balok-kolom terjadi saat struktur mengalami tegangan tarik (*opening*) dan tekan (*closing*) akibat struktur bergoyang dapat menyebabkan kegagalan fraktur pada sambungan las.

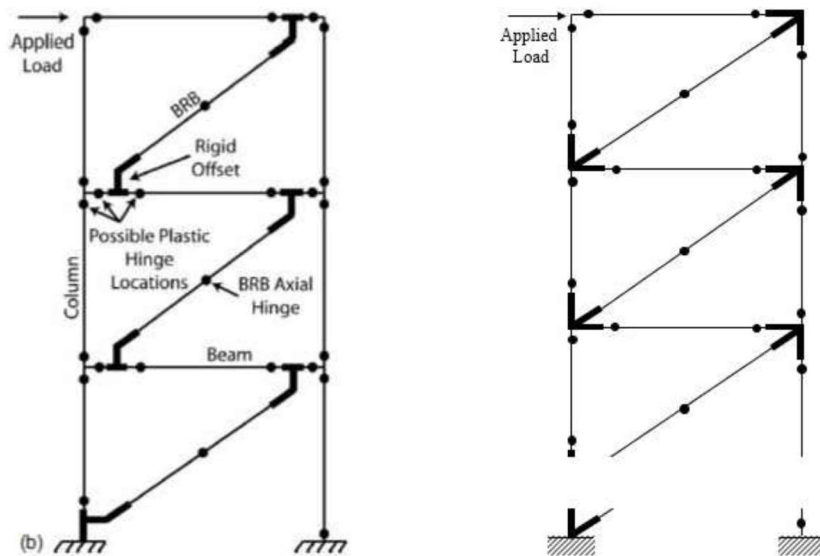


Gambar 1. 1 Ilustrasi Kekurangan Sambungan Konvensional BRB

Kekurangan dari sistem sambungan diatas bersifat kritis serta berpengaruh pada sambungan balok-kolom karena dapat menyebabkan kegagalan fraktur pada sambungan las buhul, tekuk lokal pada flens dan web dari balok dan kolom. (Mahin et al. 2004; Christopoulos et al; 2006). Untuk mengatasi permasalahan tersebut sebuah solusi diusulkan oleh Jeffrey W. Berman dan Michael Bruneau (Berman & Bruneau, 2009) sambungan pelat buhul BRB hanya disambung pada balok dengan jarak tertentu terhadap kolom yang bertujuan untuk mentransfer gaya geser yang besar dan meningkatkan stabilitas balok.



Gambar 1. 2 Desain Sambungan Pelat Buhul ke Balok,
(Berman & Bruneau, 2009)



Gambar 1. 3 Ilustrasi Pemodelan Sambungan Pada Portal,
(Berman & Bruneau, 2009)

1.2. Inti Permasalahan

Adanya deformasi relatif balok-kolom dapat membahayakan struktur serta pada sambungan pelat buhul yang diperkaku dapat menyebabkan gaya lateral yang diterima oleh elemen struktur balok dan kolom lebih besar sehingga dapat menurunkan efektifitas BRB sebagai penahan gaya lateral. Selain itu, sambungan

yang diperkaku dapat menyebabkan kekurangan-kekurangan yang berdampak negatif pada performa BRB dan mempengaruhi performa struktur bangunan. Analisis studi perbandingan perlu dilakukan antara sambungan pelat buhul pada balok-kolom dan pada balok dengan batasan-batasan (*limit state*) yang ditetapkan dan parameter uji yang divariasikan.

1.3. Tujuan Penulisan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

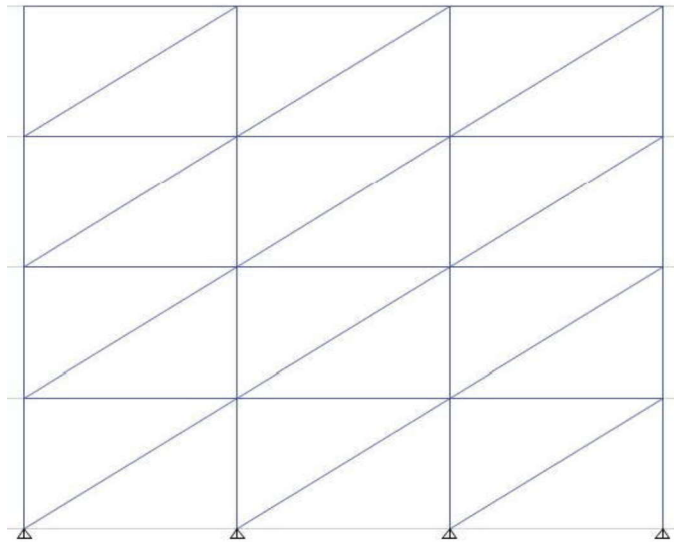
1. mengetahui perilaku inelastik dari BRB dengan sambungan pelat buhul pada balok-kolom dan dengan sambungan pelat buhul pada balok.
2. membandingkan perilaku inelastik dari BRB dengan sambungan pelat buhul pada balok-kolom dan dengan sambungan pelat buhul pada balok disesuaikan dengan parameter yang telah divariasikan dan akan diamati.

1.4. Pembatasan Masalah

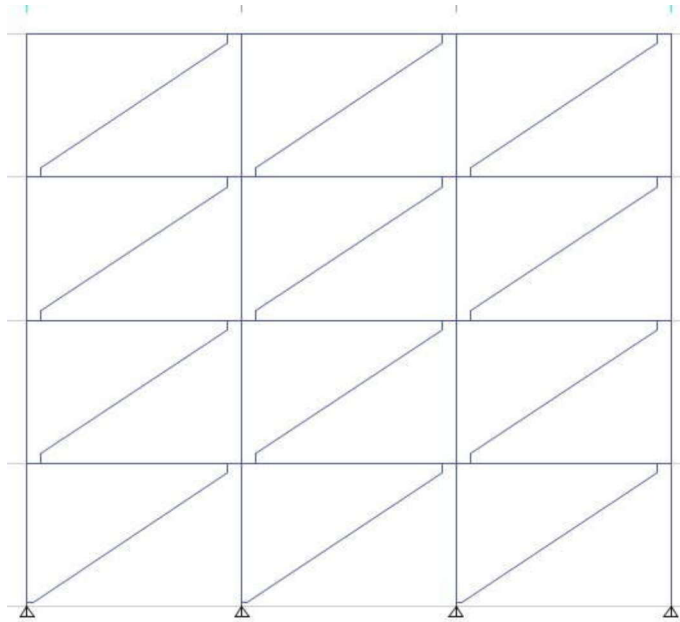
Pada penelitian ini, pembatasan masalah yang ada ditentukan sebagai berikut:

1. Material baja yang digunakan memiliki mutu BJ-37 dengan $f_y = 240$ MPa dan $f_u = 370$ MPa.
2. Material beton yang digunakan memiliki mutu $f_c' = 28$ MPa.
3. Profil struktur balok dan kolom yang digunakan untuk studi parametrik adalah struktur baja IWF yang mengacu pada JIS.
4. Pemodelan struktur untuk analisis elastis akan dilakukan 3 dimensi dengan semua elemen struktur meliputi balok induk, balok anak, kolom, bresing, dan pelat yang optimum dan efisien.
5. Pemodelan struktur untuk analisis inelastis akan dilakukan 2 dimensi sistem portal baja pada sisi terbreis dengan menggunakan hasil analisis elastis elemen struktur yang terdiri dari balok induk, kolom, dan bresing.
6. Analisis inelastis akan dilakukan pada model 3 dimensi dengan mengaktifkan derajat kebebasan pada satu sumbu X-Z yaitu UX, UZ, dan RY.
7. Pembebanan yang diterapkan pada struktur untuk analisis elastis mencakup beban mati, beban mati tambahan termasuk beban dinding, dan beban hidup.

8. Analisis yang dilakukan adalah analisis statik nonlinier yaitu *pushover analysis*.
9. Pemodelan dan analisis desain struktur menggunakan program ETABS 16.2.0.
10. Sambungan-sambungan dianggap berperilaku elastik.
11. Analisis dilakukan sesuai dengan pembatasan yang telah ditetapkan dan parameter yang akan divariasikan, parameter tersebut terdiri dari :
 - a. Portal sederhana *multi story – multi span* dengan sambungan pelat buhul pada balok-kolom dan sambungan pelat buhul pada balok.



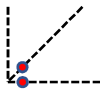
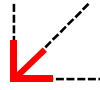
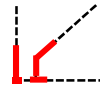
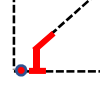
Gambar 1. 4 Parametrik Model Sambungan Pelat Buhul Balok-Kolom



Gambar 1. 5 Parameterik Model Sambungan Pelat Buhul Balok-Balok

- b. Portal Baja Dengan Memperhitungkan Kekakuan Tambahan Akibat Pemasangan Pelat Buhul

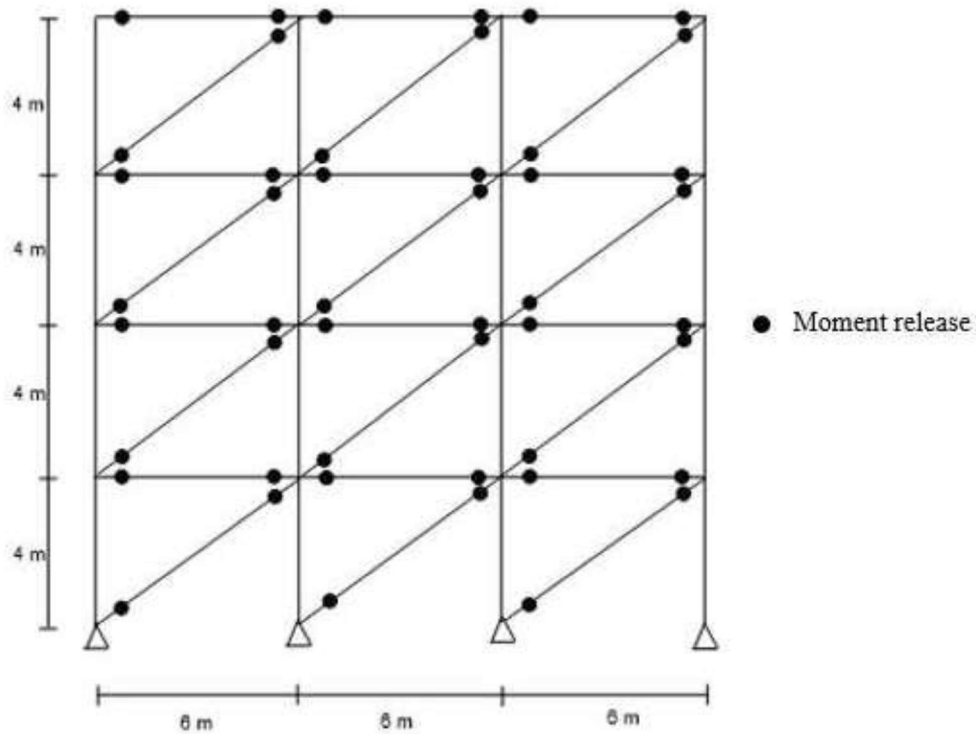
Tabel 1. 1 Jenis Model dan Keterangan

| Jenis Model | Sambungan Pada BRBF | Hubungan Joint Balok-Kolom |
|-------------|---|-----------------------------------|
| Model 1 |  | Sendi (<i>pin</i>) |
| Model 2 |  | Jepit (<i>moment resisting</i>) |
| Model 3 |  | Jepit (<i>moment resisting</i>) |
| Model 4 |  | Sendi (<i>pin</i>) |

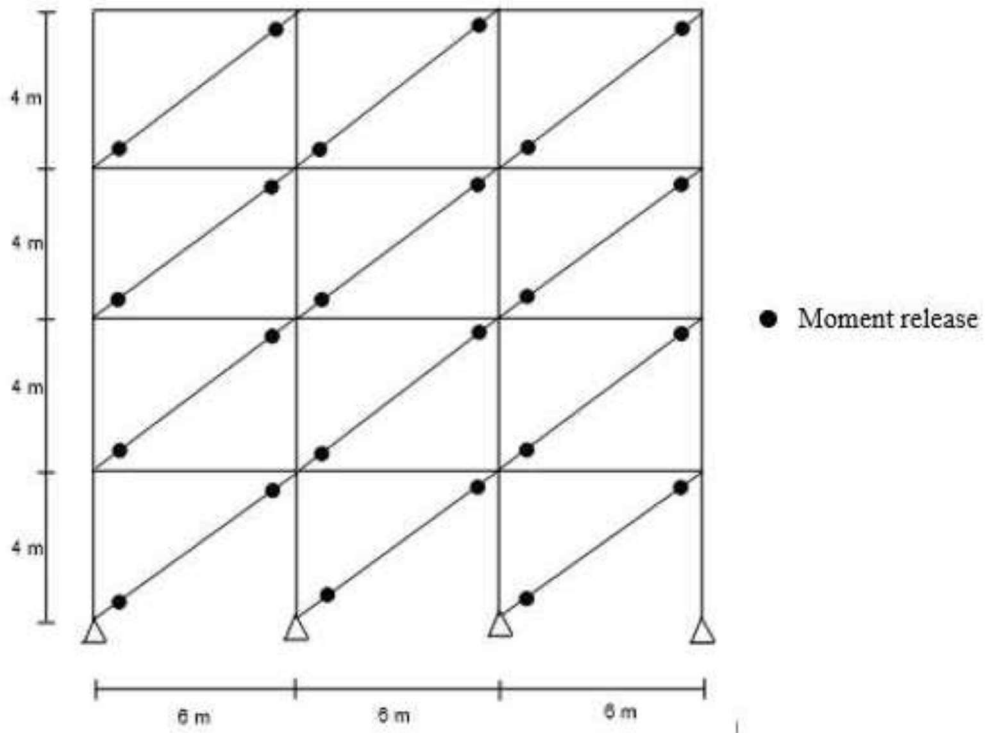
Model 1 akan merepresentasikan portal baja jenis sambungan BRBF yang disambung pada joint balok-kolom dengan hubungan antara joint pada balok dan kolom adalah sendi (*pin*). Model 2 merepresentasikan portal baja dengan jenis

sambungan BRBF yang disambung pada joint balok-kolom dengan hubungan joint pada balok dan kolom adalah jepit (*moment resisting*). Model 3 merepresentasikan portal baja jenis sambungan BRBF yang disambung pada elemen balok dengan hubungan antara joint pada balok dan kolom adalah jepit (*moment resisting*). Model 4 merepresentasikan portal baja jenis sambungan BRBF yang disambung pada elemen balok dengan hubungan antara joint pada balok dan kolom adalah sendi (*pin*).

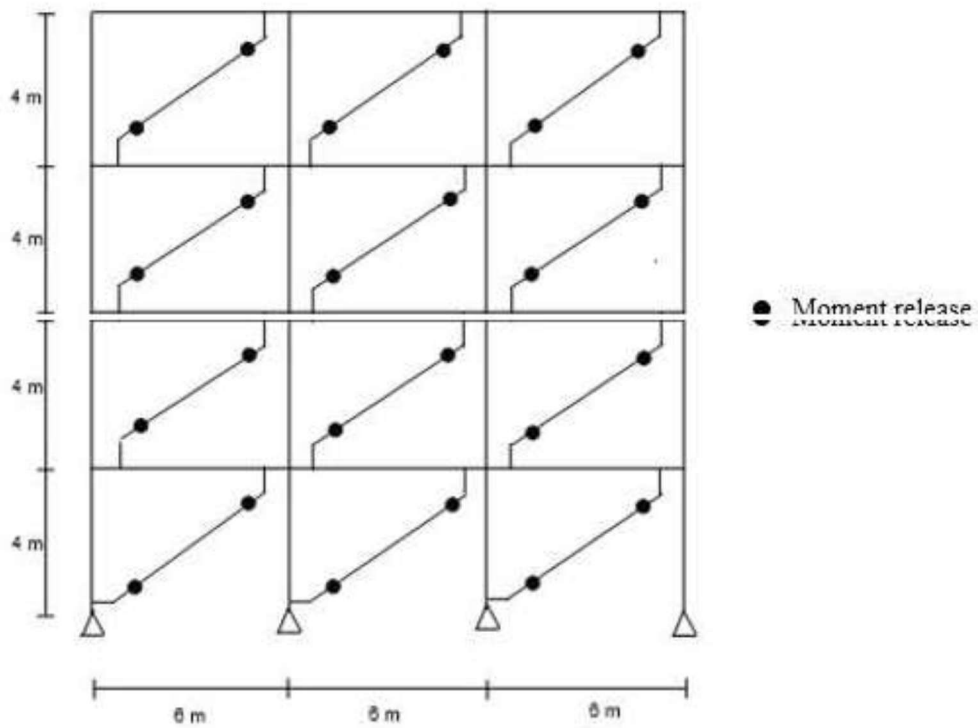
Dengan mengkombinasikan variasi parameter desain, maka jenis pemodelan portal baja dengan variasi letak sambungan pelat buhul dan pengaruh kekakuan tambahan akibat pemasangan sambungan dapat digambar menjadi 4 buah jenis model.



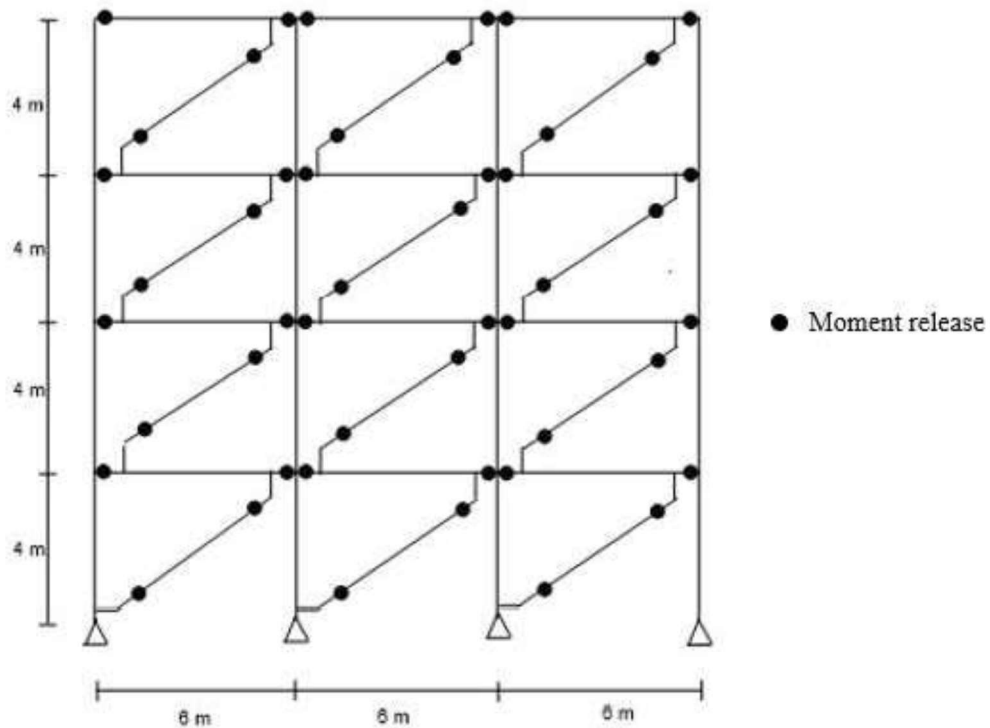
Gambar 1. 6 Model 1 Kombinasi Parameterik Desain Struktur



Gambar 1. 7 Model 2 Kombinasi Parameterik Desain Struktur



Gambar 1. 8 Model 3 Kombinasi Parameterik Desain Struktur



Gambar 1. 9 Model 4 Kombinasi Parameterik Desain Struktur

12. Analisis elastis untuk desain elemen pemodelan akan dilakukan pada model 1. Hasil desain kapasitas penampang yang optimum dan efisien akan digunakan untuk komponen elemen model analisa inelastis pada model 2, model 3, dan model 4.

13. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah :

- SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- SNI 1729-2015 Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural.
- AISC 341-16 *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*
- AISC 360-16 *Specification for Structural Steel Buildings*

1.5. Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk menambah ilmu dan pengetahuan yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian. Studi literatur untuk skripsi ini bersumber dari buku-buku, paper, skripsi pembeding, standar dan peraturan yang terkait.

2. Analisis Numerik

Analisis Numerik dilakukan untuk memverifikasi model yang akan dibandingkan hasilnya dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 16.2.0. Selain itu, akan dilakukan studi parametrik untuk mengetahui parameter yang divariasikan serta yang akan diamati terhadap perilaku struktur.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini mengikuti pedoman penulisan skripsi yang berlaku pada program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, antara lain sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Pada bab ini, terdapat latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, diagram alir, dan sistematika penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan disebutkan dasar-dasar teori yang digunakan sebagai landasan serta mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Bab 3 Pemodelan dan Desain Struktur

Pada bab ini akan dibahas mengenai desain dan tahapan-tahapan melakukan pemodelan yang digunakan pada penelitian menggunakan perangkat lunak ETABS 16.2.0.

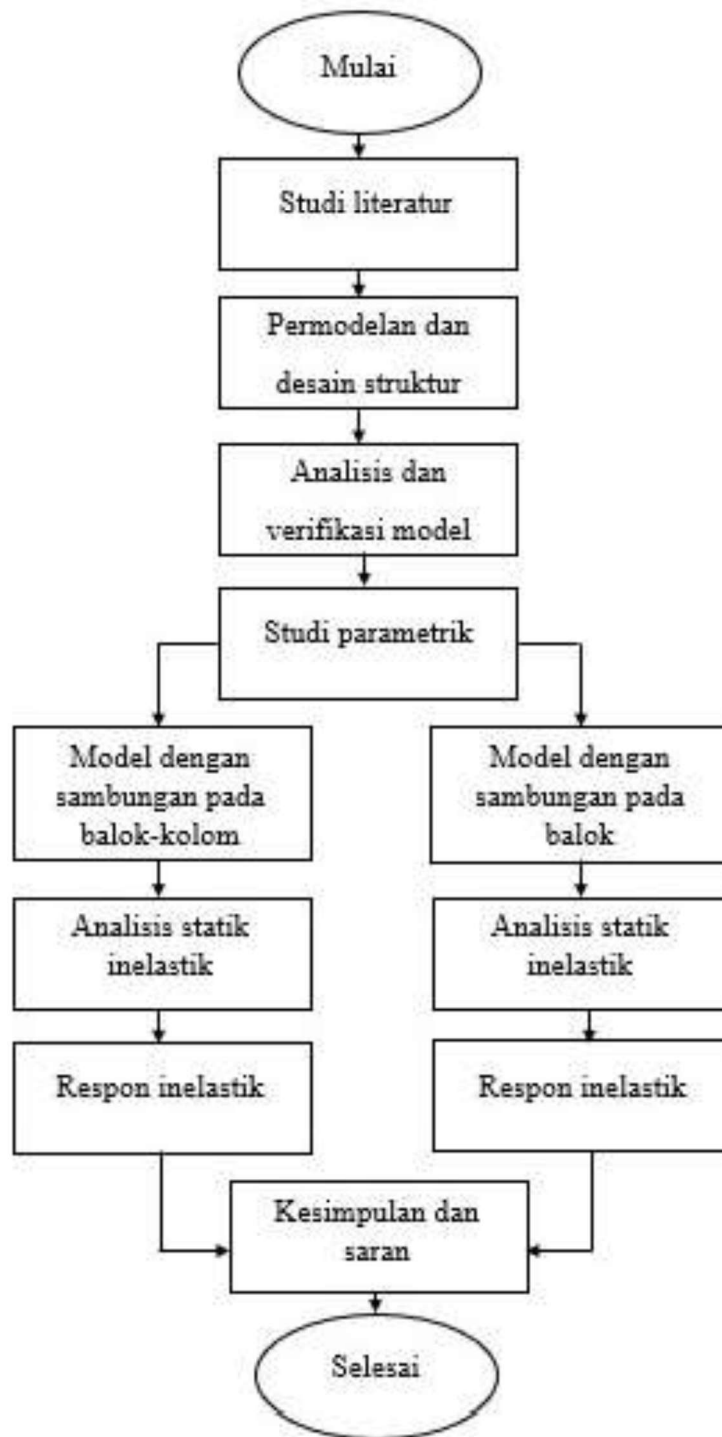
Bab 4 Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini akan dilakukan analisis respon struktur dengan penerapan analisis statik inelastis berupa pushover analysis.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan akhir dari hasil analisis dan saran terkait hasil yang didapatkan pada analisis yang telah dilakukan.

1.7. Diagram Alir



Gambar 1. 10 Diagram Alir Penelitian