

SKRIPSI

**UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN MOMEN
DENGAN BALOK BAJA PENAMPANG TEREDUKSI
DARI STUKTUR RANGKA MOMEN KHUSUS
PRAKUALIFIKASI MENURUT SNI 7972:2013**



**WILLIAM EDWARD YAPKO
NPM: 2013410176**

PEMBIMBING: Dr. Djoni Simanta

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

SKRIPSI

**UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN MOMEN
DENGAN BALOK BAJA PENAMPANG TEREDUKSI
DARI STUKTUR RANGKA MOMEN KHUSUS
PRAKUALIFIKASI MENURUT SNI 7972:2013**



**WILLIAM EDWARD YAPKO
NPM: 2013410176**

**BANDUNG, 14 JUNI 2017
PEMBIMBING**



Dr. Djoni Simanta

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

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Lengkap : William Edward Yapko

NPM : 2013410176

Dengan ini menyatakan skripsi saya yang berjudul “**UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN MOMEN DENGAN BALOK BAJA PENAMPANG TEREDUKSI DARI STUKTUR RANGKA MOMEN KHUSUS PRAKUALIFIKASI MENURUT SNI 7972:2013**” adalah karya ilmiah yang bebas dari plagiat. Jika kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 14 Juni 2017



William Edward Yapko

2013410176

**UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN MOMEN DENGAN
BALOK BAJA PENAMPANG TEREDUKSI DARI STRUKTUR
RANGKA MOMEN KHUSUS PRAKUALIFIKASI MENURUT
SNI 7972:2013**

William Edward Yapko
NPM: 2013410176

Pembimbing: Dr. Djoni Simanta

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

ABSTRAK

Gempa Northridge pada tahun 1994 mengakibatkan banyak bangunan rangka baja dengan desain sistem Rangka Momen Khusus (RMK) mengalami kegagalan. Setelah kejadian tersebut dilakukan evaluasi pada bangunan-bangunan baja RMK. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegagalan struktur kebanyakan terjadi pada bagian sambungan kolom-balok. Oleh karena itu disusunlah peraturan-peraturan mengenai desain sambungan momen untuk RMK. Salah satu peraturan yang mengatur desain sambungan yang dinamakan “sambungan terpraktualifikasi” ini adalah AISC 358, yang kemudian diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia pada SNI 7972. Permasalahannya adalah peraturan tersebut dibuat berdasarkan pengujian profil baja yang ada di Amerika, sementara di Indonesia profil baja yang ada terbatas. Oleh karena itu, apabila ingin menggunakan profil baja yang ada di Indonesia untuk desain sambungan terpraktualifikasi, maka perlu dilakukan uji kualifikasi ulang untuk membuktikan kesesuaian profil baja Indonesia terhadap desain sambungan terpraktualifikasi. Salah satu metode uji untuk kualifikasi sambungan baja adalah menggunakan uji model numerik dengan bantuan program ANSYS. Desain sambungan terpraktualifikasi yang digunakan pada uji ini adalah sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBT). Hasil pengujian memberikan kesimpulan bahwa model sambungan terpraktualifikasi PBT dengan menggunakan profil baja Indonesia lolos kualifikasi berdasarkan persyaratan SNI 7860.

Kata Kunci: RMK, Sambungan Terpraktualifikasi, Uji Numerik, ANSYS, SNI 7972

**NUMERICAL MODEL TEST OF MOMENT CONNECTION
WITH REDUCED SECTION STEEL BEAM FROM MOMENT
RESISTING FRAME STRUCTURE PREQUALIFIED BASED
SNI 7972:2013**

William Edward Yapko
NPM: 2013410176

Preceptor: Dr. Djoni Simanta

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited Based SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNE 2017**

ABSTRACT

Northridge earthquake in 1994 caused the failure of many steel frame building with Special Moment Frame (SMF) system design. After that incident, evaluations have been conducted to steel SMF. The results showed that many causes of the structural failure were from the column-beam connections. Because of that, regulations of moment connection design for SMF have been made. One of those regulations for connection design that was named “prequalified connection” is AISC 358, then later to be translated into Indonesian on SNI 7972. The problem is that the regulation was based from the test with American steel profile, meanwhile Indonesian steel profile is limited. Because of that, if the prequalified connection design is using Indonesian steel profile, re-qualify test has to be conducted to proof the compability of Indonesian steel profile with the prequalified connection design. One of the test method is using numerical model test with the help of ANSYS program. The prequalified connection design used for this test is Reduced Beam Section (RBS) moment connection. The test result gives conclusion that the RBS prequalified connection model with using Indonesian steel profile passes the qualifying test based from SNI 7860 regulation.

Keywords: SMF, Prequalified Connection, Numerical Test, ANSYS, SNI 7972

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya skripsi yang berjudul: *Uji Numerik Sambungan Momen dengan Balok Baja Penampang Tereduksi dari Struktur Rangka Momen Khusus Prakualifikasi Menurut SNI 7972:2013*. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan studi tingkat S1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Proses pembuatan skripsi merupakan proses yang cukup panjang, dan selama proses itu penulis mendapatkan banyak sekali bantuan dari orang lain sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pengerjaan skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut adalah:

1. Bapak Dr. Djoni Simanta selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis. Ilmu, motivasi, dan sarannya sangat membantu penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro dan Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya selaku dosen penguji pada ujian skripsi penulis. Kritik dan saran-nya sangat membantu penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
3. Seluruh dosen Teknik Sipil UNPAR yang telah memberikan ilmu selama penulis di bangku perkuliahan. Ilmu-ilmu yang telah diberikan secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam melakukan studi skripsi.
4. Almarhum Papa yang menjadi sumber inspirasi dan motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi. Semoga penulis dapat membanggakan Papa di alam sana.

5. Mama yang terus memotivasi dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi. Seluruh perhatiannya mendorong penulis untuk merampungkan proses skripsi yang panjang ini.
6. Hans Rubijanto sebagai teman seperjuangan skripsi yang dapat menjadi partner diskusi bagi penulis. Saling support satu sama lain selama pengerjaan skripsi membuat proses pembuatan skripsi ini menjadi jauh lebih ringan.
7. I Nyoman Mahadi Angga Widyastana yang telah meminjamkan laptopnya untuk penulis melakukan RUN program analisis. Tanpa laptopnya analisis dari skripsi ini tidak akan ada.
8. Geng “Ketoprak Malam” yang senantiasa menemani penulis di kala penulis kelaparan saat mengerjakan skripsi pada malam hari. Asupan ketoprak memberikan energi kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan kuliah SIPIL UNPAR 2013 dan juga ketua angkatan tercinta Tulus Sangkap Hatuaon Pasha Samuel Sinurat Bodat. Momen-momen bersama angkatan memberikan dinamika dalam pengerjaan skripsi sehingga proses ini tidak monoton. SATU PADU 13!
10. Pihak-pihak lain yang telah berkontribusi dalam pengerjaan skripsi ini. Mohon maaf apabila penulis tidak dapat menyebutkannya satu per satu.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dari penulis sendiri. Oleh karena itu kritik dan sarannya akan sangat membantu untuk penulis dalam menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi yang telah penulis buat bisa memberikan manfaat dan wawasan seluas-luasnya bagi khalayak pembaca.

Bandung, 14 Juni 2017



William Edward Yapko

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-5
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-5
1.5 Metode Penelitian.....	1-7
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Sistem Rangka Momen.....	2-1
2.1.1 Sistem Rangka Momen Khusus.....	2-2
2.2 Sambungan Momen.....	2-4
2.3 Sambungan Baja Terprakualifikasi Berdasarkan SNI 7972:2013.....	2-5
2.3.1 Sambungan Momen Penampang Balok Tereduksi (PBT).....	2-6
2.4 Baut.....	2-7
2.4.1 Baut Mutu Biasa.....	2-8
2.4.2 Baut Mutu Tinggi.....	2-8
2.4.3 Lubang Baut.....	2-9
2.4.4 Spasi Minimum.....	2-9

2.4.5	Jarak Tepi Minimum.....	2-9
2.5	Las.....	2-10
2.5.1	Las Tumpul	2-10
2.5.2	Las Sudut	2-11
2.5.3	Lubang Akses Las.....	2-12
2.6	Desain Sambungan Momen Penampang Balok Tereduksi (PBT).....	2-13
2.6.1	Batas Prakuifikasi	2-14
2.6.2	Geometri Penampang Balok Tereduksi	2-15
2.6.3	Modulus Plastis Penampang Balok Tereduksi.....	2-16
2.6.4	Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi, M_{pr} , pada Pusat Penampang Balok Tereduksi	2-16
2.6.5	Gaya Geser pada Pusat Penampang Balok Tereduksi di Setiap Ujung Balok.....	2-17
2.6.6	Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi pada Muka Kolom	2-18
2.6.7	Momen Plastis Balok, M_{pe} , Berdasarkan Tegangan Leleh Ekspektasi	2-19
2.6.8	Kekuatan Lentur Balok pada Muka Kolom	2-20
2.6.9	Kekuatan Geser yang Disyaratkan, V_u , dari Balok dan Sambungan Badan Balok – ke – Kolom	2-20
2.6.10	Desain Sambungan Badan Balok – ke – Kolom.....	2-22
2.6.11	Periksa Persyaratan Pelat Penerus	2-30
2.6.12	Periksa Pembatasan Hubungan Kolom – Balok	2-33
2.7	Material Baja	2-36
2.7.1	Kurva Tegangan – Regangan Baja	2-37
2.7.2	Perilaku Baja pada Pembebanan Siklik	2-38
2.8	Syarat Pengujian Model Sambungan Baja Berdasarkan SNI 7860:2015.....	2-39
2.8.1	Ukuran Komponen Struktur.....	2-39
2.8.2	Pembebanan	2-39
2.8.3	Kriteria Penerimaan	2-40
BAB 3 DESAIN SAMBUNGAN BAJA		3-1
3.1	Pemodelan Struktur Menggunakan Program ETABS	3-1

3.1.1	Data Struktur	3-1
3.1.2	Data Material.....	3-3
3.1.3	Data Pembebanan	3-4
3.1.4	Hasil Ukuran Profil	3-4
3.2	Desain Sambungan.....	3-6
3.2.1	Geometri Profil yang Disambung.....	3-7
3.2.2	Batas Prakuifikasi.....	3-8
3.2.3	Geometri Penampang Balok Tereuksi.....	3-8
3.2.4	Modulus Plastis Penampang Balok Tereuksi	3-9
3.2.5	Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi, Mpr, pada Pusat Penampang Balok Tereuksi.....	3-9
3.2.6	Gaya Geser pada Pusat Penampang Balok Tereuksi di Setiap Ujung Balok	3-10
3.2.7	Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi pada Muka Kolom.....	3-10
3.2.8	Momen Plastis Balok, Mpe, Berdasarkan Tegangan Leleh Ekspektasi.....	3-11
3.2.9	Kekuatan Lentur Balok pada Muka Kolom	3-11
3.2.10	Kekuatan Geser yang Disyaratkan, Vu, dari Balok dan Sambungan Badan Balok – ke – Kolom.....	3-11
3.2.11	Desain Sambungan Badan Balok – ke – Kolom	3-12
3.2.12	Periksa Persyaratan Pelat Penerus.....	3-17
3.2.13	Periksa Pembatasan Hubungan Kolom – Balok.....	3-18
3.2.14	Desain Pelat Penerus dan Pelat Pengganda.....	3-19
3.2.15	Lubang Akses Las	3-21
BAB 4 UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN BAJA		4-1
4.1	Data Material.....	4-1
4.2	Geometri Model	4-2
4.3	Kondisi Batas	4-4
4.4	Pembebanan	4-5
4.5	Hasil Pengujian	4-7
4.5.1	Degradasi Kekakuan.....	4-9

4.5.2	Energi Disipasi dan <i>Equivalent Viscous Damping</i> Ratio.....	4-10
4.5.3	Daktilitas Rotasi.....	4-13
4.6	Pengecekan Kualifikasi Model Sambungan	4-14
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xvii

DAFTAR NOTASI

A_c	= Luas kolom, mm ² .
C_{pr}	= Faktor untuk memperhitungkan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, kekangan lokal, penulangan tambahan, dan kondisi sambungan lain.
F_{EXX}	= Kekuatan klasifikasi metal pengisi, MPa.
F_{fu}	= Gaya sayap balok terfaktor, N.
F_{nt}	= Kekuatan Tarik Nominal Baut, MPa.
F_{nv}	= Kekuatan Geser Nominal Baut, MPa.
F_{su}	= Kekuatan pengaku yang diperlukan, N.
F_u	= Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari elemen yang meleleh, MPa.
F_y	= Kekuatan leleh minimum yang disyaratkan dari elemen yang meleleh, MPa.
L_h	= Jarak antara lokasi sendi plastis, mm.
M^*_{pb}	= Momen pada perpotongan sumbu balok dan kolok ditentukan dengan memproyeksikan momen maksimum yang dikembangkan balok dari muka kolom, Nmm.
M^*_{pc}	= Momen pada sumbu balok dan kolom ditentukan dengan memproyeksikan jumlah dari kekuatan momen plastis kolom nominal, dikurangi tegangan aksial, Nmm.
M_f	= Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, Nmm.
M_{pe}	= Momen plastis balok berdasarkan tegangan leleh ekspektasi, Nmm.
M_{pr}	= Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, Nmm.
M_{uv}	= Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari pusat penampang balok yang tereduksi ke sumbu kolom, Nmm.

- P_{uc} = Kekuatan tekan yang disyaratkan menggunakan kombinasi beban DFBK, N.
- R_n = Gaya yang disyaratkan untuk desain pelat penerus, N.
- R_n = Kekuatan nominal, N.
- R_t = Rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan untuk material sayap.
- R_y = Rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y .
- S_h = Jarak dari muka kolom ke sendi plastis, mm.
- $V_{gravitasi}$ = Gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$, N.
- V_h = Gaya geser balok pada lokasi sendi plastis, N.
- V_{RBS} = Terbesar dari dua nilai dari gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung sebuah balok, N.
- V'_{RBS} = Terkecil dari dua nilai dari gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung balok, N.
- V_u = Kekuatan geser yang disyaratkan dari sambungan balok dan sambungan badan balok-ke-kolom, N.
- Z_c = Modulus penampang plastis kolom pada salah satu sumbu, mm^3 .
- Z_e = Modulus plastis efektif dari penampang (atau sambungan) pada lokasi sendi plastis, mm^3 .
- Z_{RBS} = Modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi, mm^3 .
- Z_x = Modulus penampang plastis pada sumbu-x, mm^3 .
- a = Jarak horisontal dari muka sayap kolom ke awal pemotongan penampang balok tereduksi, mm.
- b = Panjang pemotongan balok tereduksi, mm.
- b_{bf} = Lebar sayap balok, mm.
- b_{cf} = Lebar sayap kolom, mm.
- c = Kedalaman pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi, mm.

d	= Tinggi balok, mm.
d_b	= Diameter baut, mm.
d_c	= Tinggi kolom, mm.
f_1	= Faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk beban hidup tetapi tidak kurang dari 0,5.
g	= Jarak horisontal (<i>gage</i>) antara deretan pengencang, mm.
n	= Jumlah baut.
t_{bf}	= Tebal sayap balok, mm.
t_{bw}	= Tebal badan balok, mm.
t_{cf}	= Tebal sayap kolom, mm.
t_{cw}	= Tebal badan kolom, mm.
w	= Ukuran minimum las sudut, mm.
ϕ_d	= Faktor ketahanan untuk keadaan batas daktail.
ϕ_n	= Faktor ketahanan untuk keadaan batas nondaktail.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Jembatan Kutai Kertanegara	1-2
Gambar 1.2	Contoh Sambungan Terpraktualifikasi	1-3
Gambar 1.3	Uji Eksperimental Sambungan Kolom-Balok Baja	1-4
Gambar 1.4	Pemodelan Numerik Menggunakan Program Elemen Hingga Nonlinier	1-4
Gambar 1.5	Denah Tipikal Struktur	1-6
Gambar 1.6	Tampak Samping Struktur	1-6
Gambar 1.7	Tampak 3 Dimensi Struktur	1-7
Gambar 2.1	Rangka Pemikul Momen	2-1
Gambar 2.2	Tipe Kegagalan pada Rangka <i>Rigid</i>	2-1
Gambar 2.3	Balok Masih Dapat Menahan Beban Setelah Mengalami Kegagalan	2-3
Gambar 2.4	Lokasi Kemungkinan Terjadinya Sendi Plastis pada RMK	2-4
Gambar 2.5	Tipikal Sambungan Momen Sebelum Gempa Northridge 1994	2-5
Gambar 2.6	Sambungan Momen Penampang Balok Tereduksi	2-7
Gambar 2.7	Baut dan Mur	2-7
Gambar 2.8	Las Tumpul Penetrasi Penuh	2-10
Gambar 2.9	Las Tumpul Penetrasi Sebagian	2-11
Gambar 2.10	Tebal Efektif Las Sudut	2-11
Gambar 2.11	Panjang Las Sudut	2-11
Gambar 2.12	Lubang Akses Las	2-12
Gambar 2.13	Geometri Lubang Akses Las	2-13
Gambar 2.14	Geometri Penampang Balok Tereduksi	2-15
Gambar 2.15	Diagram <i>Free-body</i> Bagian Balok Antara Pusat PBT	2-18
Gambar 2.16	Diagram <i>Free-body</i> Antara Pusat PBT dan Muka Kolom	2-19
Gambar 2.17	Geometri Pelat Web	2-22
Gambar 2.18	Kegagalan Geser pada Baut	2-23
Gambar 2.19	Kegagalan Tumpu pada Baut	2-23

Gambar 2.20	Kegagalan Geser Pelat	2-25
Gambar 2.21	Keruntuhan Geser Blok Pelat	2-26
Gambar 2.22	Beban Terpusat pada Muka Kolom Akibat Momen Balok	2-30
Gambar 2.23	Lentur Lokal Sayap Kolom	2-30
Gambar 2.24	Pelelehan Lokal Web Kolom	2-31
Gambar 2.25	Pelipatan Badan Kolom	2-31
Gambar 2.26	Gaya Geser pada Zona Panel Kolom	2-33
Gambar 2.27	Perhitungan M_{pc}^*	2-35
Gambar 2.28	Perhitungan M_{pb}^*	2-35
Gambar 2.29	Kurva Hubungan Tegangan – Regangan Baja	2-37
Gambar 2.30	Pola Kurva <i>Hysteresis Loop</i>	2-38
Gambar 2.31	Efek <i>Bauschinger</i> pada Kurva Tegangan – Regangan Baja	2-38
Gambar 2.32	Pembebanan Siklik yang Disyaratkan	2-40
Gambar 3.1	Tampak Samping Struktur Bangunan	3-1
Gambar 3.2	Denah Tipikal Struktur	3-2
Gambar 3.3	Tampak 3 Dimensi Struktur Bangunan	3-2
Gambar 3.4	Penampang <i>Metal Deck</i>	3-3
Gambar 3.5	Konfigurasi Profil Komponen Struktur (Tampak Atas)	3-5
Gambar 3.6	Konfigurasi Profil Komponen Struktur (Tampak Samping)	3-5
Gambar 3.7	Lokasi Sambungan pada Tampak Elevasi	3-6
Gambar 3.8	Lokasi Sambungan pada Tampak Atas	3-6
Gambar 3.9	Geometri Penampang Balok Tereduksi	3-9
Gambar 3.10	Gaya Geser pada Pusat PBT Akibat Beban Gravitasi	3-10
Gambar 3.11	Diagram <i>Free-body</i> Antara Pusat PBT dan Muka Kolom	3-10
Gambar 3.12	Gaya Geser yang Terjadi pada Muka Kolom Akibat Beban Gravitasi	3-11
Gambar 3.13	Geometri Pelat Web	3-12
Gambar 3.14	Geometri Lubang Akses Las	3-21
Gambar 3.15	Detail Desain Sambungan	3-22
Gambar 3.16	Detail Penampang Balok Tereduksi	3-22

Gambar 4.1	Kurva Tegangan – Regangan Non-liniar Baja BJ 41	4-1
Gambar 4.2	Geometri Model	4-2
Gambar 4.3	Macam-macam Elemen <i>Mesh</i>	4-3
Gambar 4.4	<i>Meshing</i> pada Model	4-3
Gambar 4.5	Konfigurasi Perletakan Model	4-4
Gambar 4.6	Pembebanan Siklik pada Model	4-6
Gambar 4.7	Lokasi Kegagalan Model	4-7
Gambar 4.8	Sambungan Tidak Mengalami Kegagalan	4-8
Gambar 4.9	Kurva Deformasi vs. Beban	4-8
Gambar 4.10	Kemiringan Garis Kekakuan	4-9
Gambar 4.11	Kurva Degradasi Kekakuan	4-10
Gambar 4.12	Gaya yang Dipancarkan dan yang Disimpan untuk: (a) <i>Viscous Damping</i> dan (b) Siklus Hysteretik	4-10
Gambar 4.13	Kurva Energi Disipasi Kumulatif Setiap Siklus Pembebanan	4-12
Gambar 4.14	Kurva Rotasi	4-13
Gambar 4.15	Kurva Peralihan vs. Gaya Momen	4-15

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kekuatan Nominal Baut	2-8
Tabel 2.2	Praktarik Baut Minimum untuk Sambungan Kritis-Slip, kN	2-8
Tabel 2.3	Diameter Lubang Baut, mm	2-9
Tabel 2.4	Jarak Tepi Minimum, mm	2-9
Tabel 2.5	Kekuatan Elektroda Las	2-10
Tabel 2.6	Ukuran Minimum Las Sudut	2-12
Tabel 2.7	Komponen Pengecekan Desain Sambungan	2-13
Tabel 2.8	Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja	2-36
Tabel 3.1	Hasil Pengecekan Desain Sambungan	3-21
Tabel 4.1	Degradasi Kekakuan pada Setiap Puncak Pembebanan	4-9
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan <i>Equivalent Viscous Damping Ratio</i>	4-13
Tabel 4.3	Daktilitas Rotasi	4-13

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Tabel Deformasi vs. Beban	L1-1
LAMPIRAN 2	Tabel Energi Disipasi Setiap Siklus	L2-1
LAMPIRAN 3	Tabel Peralihan vs. Momen	L3-1

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem Rangka Momen Khusus (RMK) merupakan sistem struktur yang dirancang secara khusus untuk menahan momen dan gaya lateral dari gempa. Perancangan struktur gedung terutama gedung bertingkat tinggi di Indonesia pada masa modern sekarang ini diwajibkan untuk dirancangkan berdasarkan sistem struktur RMK. Hal ini karena wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terjadi gempa. Sistem Rangka Momen Khusus dirancang dengan harapan memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan melalui pelelehan lentur balok RMK dan pelelehan terbatas zona panel kolom. Kolom harus dirancang lebih kuat dari pelelehan penuh dan pengerasan regangan penuh balok atau gelagar.

Gempa di Northridge pada tahun 1994 dan gempa di Kobe pada tahun 1995 menyebabkan banyak kerusakan struktur. Diamati pada gedung-gedung rangka baja dengan sistem struktur RMK, banyak keruntuhan gedung bermula terjadi pada sambungan kolom-balok (Qian dkk., 2005). Pada kasus di Indonesia tahun 2011, Jembatan Kutai Kertanegara yang melintasi sungai Mahakam Kalimantan Timur ambruk. Hasil investigasi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menyatakan bahwa ambruknya jembatan Kutai Kertanegara berawal dari gagalnya sambungan salah satu titik *hanger* dan menimbulkan efek *domino* pada titik *hanger* lainnya hingga jembatan tersebut ambruk. Hasil investigasi lebih lanjut juga menemukan bahwa terdapat kesalahan pada sistem geometri dari sambungan *hanger* dan material yang digunakan untuk sambungan tidak sesuai standar, dimana bahan sambungan bersifat getas sehingga pada saat terjadi kegagalan tidak terdapat *warning* terlebih dahulu.



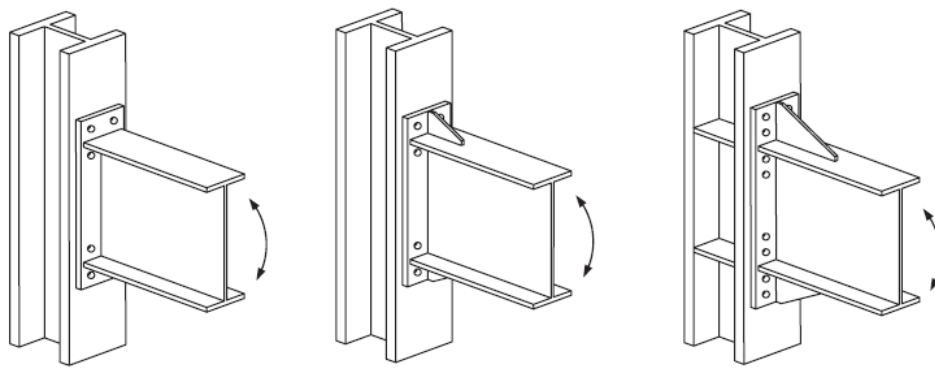
Gambar 1.1 Jembatan Kutai Kertanegara
(Sumber : *solopos.com*)

Belajar dari kasus-kasus di atas, didapati bahwa sambungan kolom-balok pada struktur rangka baja memiliki peranan penting dan gagalnya sambungan kolom-balok mengakibatkan keruntuhan dari suatu bangunan. Oleh karena itu, selain desain rangka baja harus memenuhi kriteria *strong column – weak beam*, perlu dirancang suatu sistem struktur dimana sambungan kolom-balok tidak diperbolehkan untuk gagal terlebih dahulu. Perlu dirancang sistem struktur dimana batang balok baja direncanakan untuk gagal terlebih dahulu sebelum sambungan kolom-balok gagal pada saat terjadi *overload* struktur agar balok dapat menjadi sekering kegagalan struktur. Desain sambungan kolom-balok baja menjadi faktor penting dalam perancangan struktur gedung rangka baja.

1.2 Inti Permasalahan

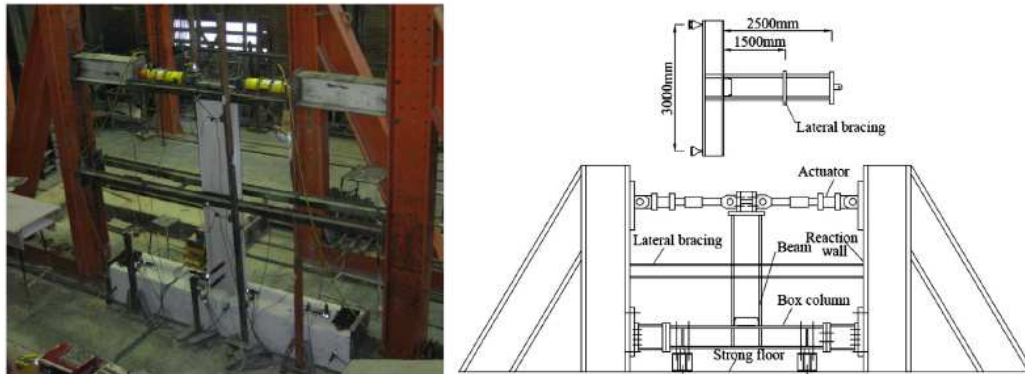
Untuk mencapai kondisi dimana balok mencapai kegagalan terlebih dahulu sebelum sambungan kolom-balok dibutuhkan desain sambungan kolom-balok yang kuat. Sambungan kolom-balok harus dapat menahan beban sebesar kekuatan ultimit dari balok baja. Oleh karena itu sebelum desain sambungan kolom-balok dilaksanakan di lapangan, perlu dilakukan uji terlebih dahulu terhadap model desain sambungan kolom-balok untuk mengetahui apakah desain sambungan kolom-balok memenuhi syarat atau tidak.

Pada peraturan SNI 7972:2013 “Sambungan Terprakualifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja pada Aplikasi Seismik” telah menyediakan beberapa tipe desain sambungan terprakualifikasi untuk digunakan dalam sistem rangka gedung penahan gempa. Dalam peraturan tersebut telah diberikan syarat-syarat profil penampang, pelat, baut, las, beserta jarak-jaraknya agar desain sambungan kolom-balok dapat memenuhi persyaratan gempa tanpa perlu dilakukan uji model lagi.

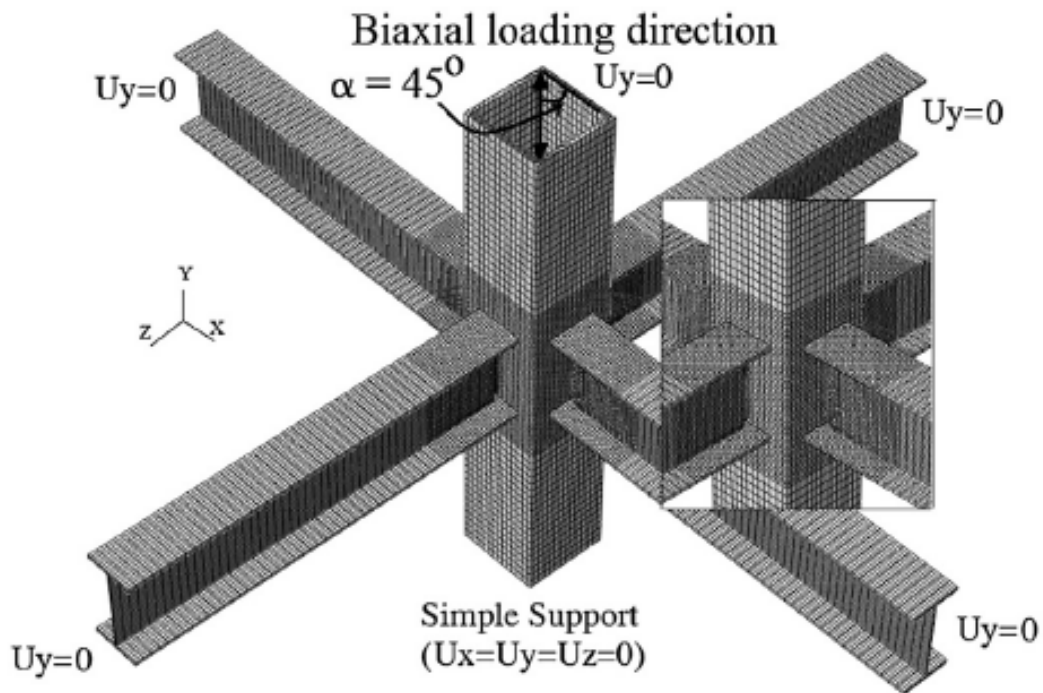


Gambar 1.2 Contoh Sambungan Terprakualifikasi

Permasalahannya adalah jenis profil baja yang terdapat di Indonesia terbatas. Profil penampang baja yang di jual di Indonesia menyesuaikan kebutuhan pasar Indonesia. Peraturan SNI itu sendiri pada dasarnya mengadopsi peraturan dari Amerika yaitu peraturan *ANSI/AISC 358*, sehingga persyaratan-persyaratan material dan profil baja yang digunakan merupakan yang berasal dari Amerika. Oleh karena itu jika ingin digunakan profil baja Indonesia untuk desain sambungan rangka baja terprakualifikasi, perlu dilakukan uji terhadap model sambungan dengan menggunakan profil dan material baja Indonesia. Biasanya bentuk uji yang dilakukan berupa uji eksperimental, namun pada studi ini tidak akan dilakukan uji eksperimental dikarenakan keterbatasan biaya, waktu, dan juga fasilitas. Peraturan SNI 7860:2015 memberikan alternatif pengujian model sambungan selain uji eksperimental yang ketentuannya dicantumkan pada Bab K2. Alternatif dari uji eksperimental yang digunakan pada studi ini adalah pengujian numerik melalui bantuan program elemen hingga non-linier. Hasil uji numerik akan dibandingkan dengan persyaratan SNI7860:2015 dan diberi kesimpulan untuk hasil desain sambungan.



Gambar 1.3 Uji Eksperimental Sambungan Kolom-Balok Baja
 (Sumber : *WUF-W Connection Performance*, Z. Saneei Nia dkk.)



Gambar 1.4 Pemodelan Numerik Menggunakan Program Elemen Hingga Nonlinier
 (Sumber : *WUF-W Connection Performance*, Z. Saneei Nia dkk.)

1.3 Tujuan Penelitian

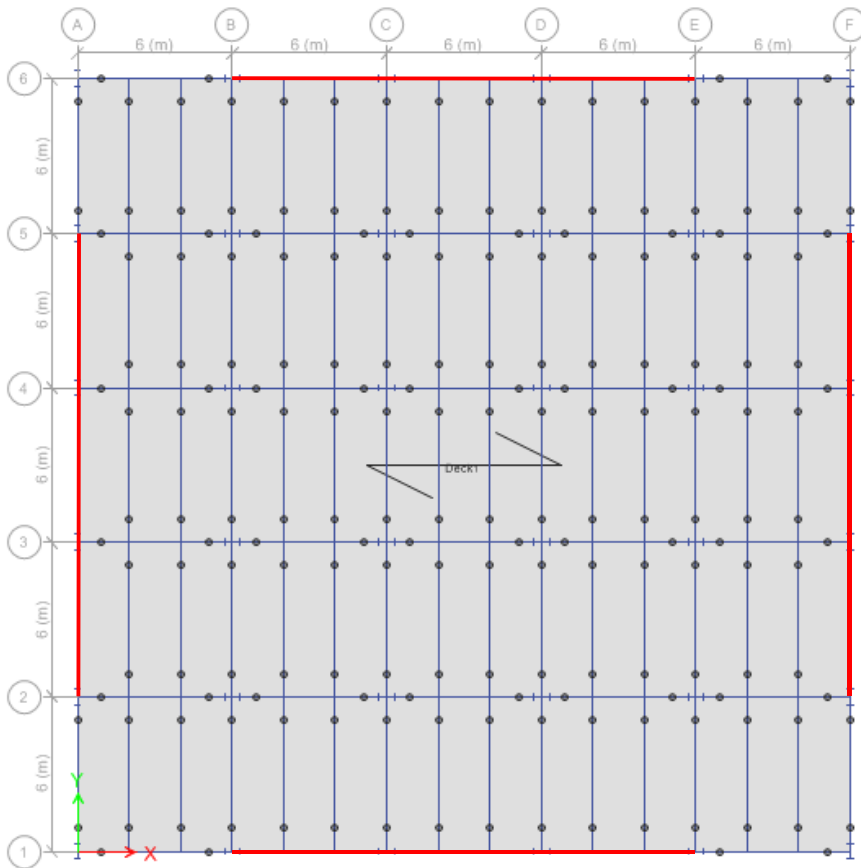
Tujuan dari dilakukannya studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari tipe sambungan rangka baja terpraktualifikasi “Penampang Balok Tereduksi” berdasarkan peraturan SNI 7972:2013.
2. Mendesain sambungan rangka baja terpraktualifikasi “Penampang Balok Tereduksi” berdasarkan peraturan SNI 7972:2013 dengan menggunakan profil penampang baja yang ada di Indonesia.
3. Mengkualifikasi desain sambungan berdasarkan persyaratan SNI 7860:2015 dengan melakukan uji numerik pada model sambungan.
4. Mempelajari perilaku sambungan rangka baja terpraktualifikasi “Penampang Balok Tereduksi” pada kondisi pembebanan siklik.

1.4 Pembatasan Masalah

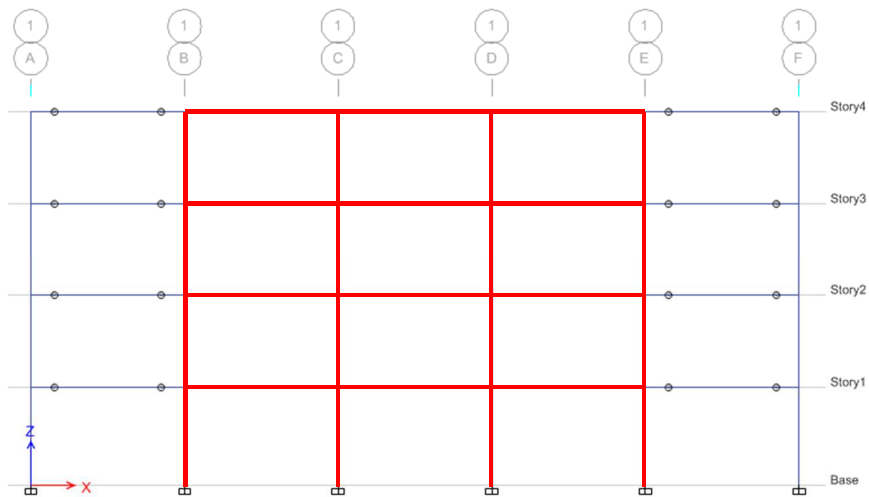
Desain dan analisis yang akan dilakukan diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Sistem struktur adalah sistem Rangka Momen Khusus (RMK) berdasarkan peraturan SNI 7860:2015.
2. Lokasi bangunan berada di Jakarta dengan kondisi tanah lunak.
3. Gedung memiliki tingkat 4 lantai (termasuk atap), dengan tinggi lantai dasar 3,8m dan tinggi lantai tipikal 3,6m.
4. Bentang bangunan 36m x 36m, dengan masing-masing balok memiliki bentang 6m pada kedua sumbu.
5. Tipe Sambungan terpraktualifikasi yang digunakan adalah sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBT) berdasarkan SNI 7972:2013 dari struktur rangka baja momen khusus.
6. Jenis material baja yang digunakan adalah BJ 41.



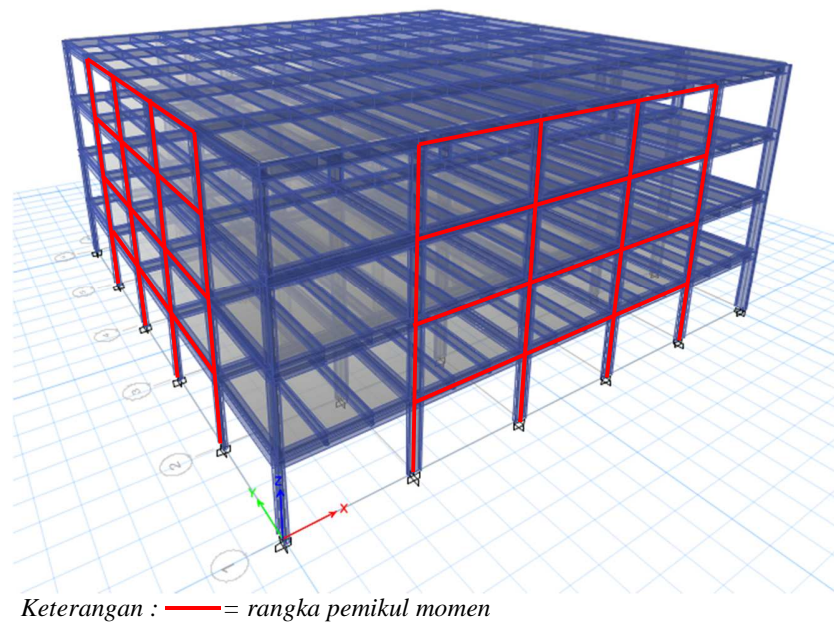
Keterangan : — = rangka pemikul momen

Gambar 1.5 Denah Tipikal Struktur



Keterangan : — = rangka pemikul momen

Gambar 1.6 Tampak Samping Struktur



Keterangan : — = rangka pemikul momen

Gambar 1.7 Tampak 3 Dimensi Struktur

1.5 Metode Penelitian

Studi ini dilakukan dengan dua metode, yaitu:

1. Studi Literatur

Penelusuran informasi dan data-data untuk memahami permasalahan dalam studi, serta mencari solusi untuk permasalahan tersebut. Sumber literatur dapat berupa buku, jurnal, *paper*, internet, dan sumber lainnya.

2. Studi Analisis

Penggunaan program elemen hingga nonlinier untuk menganalisis permasalahan dalam studi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam studi ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai persyaratan-persyaratan dan landasan teori yang akan dijadikan acuan untuk studi dan pembahasan.

BAB 3 DESAIN SAMBUNGAN BAJA

Bab ini membahas desain dari sambungan baja terpraktualifikasi “Penampang Balok Tereduksi” berdasarkan studi kasus model gedung yang direncanakan.

BAB 4 UJI MODEL NUMERIK SAMBUNGAN BAJA

Bab ini membahas analisis dari model sambungan baja yang telah didesain pada bab sebelumnya dengan menggunakan program elemen hingga *ANSYS*. Hasil analisis kemudian diinterpretasi dan dicek apakah memenuhi persyaratan yang berlaku.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil desain dan analisis, kemudian diberikan saran untuk hasil desain dan analisis yang dilakukan.