

SKRIPSI

**STUDI NUMERIKAL PENGARUH PENURUNAN GAYA
PRATARIK BAUT TERHADAP PERILAKU SAMBUNGAN
PELAT UJUNG BERBAUT**



**JANSSEN TANJAYA
NPM : 6101801105**

PEMBIMBING : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

SKRIPSI

STUDI NUMERIKAL PENGARUH PENURUNAN GAYA PRATARIK BAUT TERHADAP PERILAKU SAMBUNGAN PELAT UJUNG BERBAUT



JANSSEN TANJAYA
NPM : 6101801105

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

PENGUJI 1 : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2 : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

25/01/2022

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 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 : Janssen Tanjaya

NPM : 6101801105

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tesis / disertasi~~^{*)} dengan judul:

Studi Numerikal Pengaruh Penurunan Gaya Pratarik Baut terhadap Perilaku Sambungan Pelat Ujung Berbaut

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



Janssen Tanjaya
(6101801105)

*) coret yang tidak perlu

STUDI NUMERIKAL PENGARUH PENURUNAN GAYA PRATARIK BAUT TERHADAP PERILAKU SAMBUNGAN PELAT UJUNG BERBAUT

Janssen Tanjaya
NPM: 6101801105

Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan Keputusan BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

ABSTRAK

Sistem struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) menerapkan konsep kolom kuat balok lemah yang disyaratkan untuk disambung dengan sambungan terpraktualifikasi. Sambungan terpraktualifikasi pelat ujung berbaut berdasarkan SNI 7972-2020 disyaratkan untuk dipasang dengan baut pratarik. Tesis Nijgh (2016) menemukan bahwa baut pratarik akan mengalami kehilangan tegangan pratarik akibat beberapa faktor, namun pada SNI 7972-2020 belum dibahas mengenai kehilangan gaya pratarik pada baut sehingga perlu dilakukan studi mengenai dampak penurunan gaya pratarik pada baut terhadap perilaku sambungan pelat ujung berbaut. Di penelitian ini, balok disambungkan pada kolom dengan sambungan pelat ujung berbaut tanpa pengaku pada program elemen hingga ABAQUS. Pembebanan pada model diberikan dalam bentuk perpindahan vertikal secara statik dan bertahap sehingga dapat menghasilkan deformasi elastis serta deformasi plastis pada sambungan. Tahap pemberian gaya pratarik pada model dilakukan dengan memendekkan panjang baut yang akan dipasang sehingga baut akan tertarik dan muncul tegangan pratarik pada baut. Analisis akan divariasikan untuk sambungan dengan baut tanpa gaya pratarik dan sambungan dengan baut pratarik 100% dari gaya pratarik minimum serta variasi material elastis selain pelat ujung dan baut. Dari hasil tinjauan pada model sambungan baut dengan gaya pratarik 100% dan sambungan baut tanpa pratarik, diperoleh hasil penelitian bahwa pelat ujung yang didesain berdasarkan SNI 7972-2020 mencapai sendi plastis pada penampang balok. Selain itu, kehilangan gaya pratarik baut berpengaruh terhadap kapasitas momen pelat ujung, mempercepat kelelahan sambungan, mempercepat kelelahan pada baut, dan menurunkan kekakuan sambungan. Dengan mempertimbangkan kehilangan gaya pratarik pada baut dari hasil penelitian, dapat disimpulkan desain sambungan sesuai SNI 7972-2020 sudah konservatif dan direkomendasikan untuk digunakan dalam mendesain sambungan terpraktualifikasi.

Kata kunci: sambungan pelat ujung berbaut tanpa pengaku, struktur rangka pemikul momen khusus, sambungan terpraktualifikasi, baut pratarik, kehilangan gaya pratarik pada baut, metode elemen hingga

NUMERICAL STUDY OF THE EFFECT OF BOLT PRETENSION LOSS ON BOLTED END PLATE CONNECTIONS BEHAVIOR

Janssen Tanjaya
NPM: 6101801105

Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
JANUARY 2022

ABSTRACT

Special moment frame (SMF) applies the concept of strong-column-weak-beam which are required to be connected with prequalified connections. Prequalified connections for bolted end plate based on SNI 7972-2020 are required to be installed with pretensioned bolts. Nijgh's thesis (2016) found that pretensioned bolts would experience a loss of pretensioning stress due to several factors which has not been discussed on SNI 7972-2020, so it is necessary to study the impact of prestress loss in bolts on bolted end plate behaviors. In this study, the beams were connected to the column by bolted end plate connections without stiffeners using finite element program ABAQUS. The loading on the model is given in the form of static and gradual vertical displacement as to produce elastic deformation and plastic deformation at the joint. The stage of giving the pretension on bolts is done by shortening the length of the bolt to be installed so the bolt would be pulled, and a prestressing stress would appear on the bolt. The analyses were varied for connections with bolts without pretension and connections with 100% pretensioned bolts of the minimum pretension force as well as variations in elastic materials for all elements other than end plates and bolts. From the results of the study on bolted end plate connections with 100% pretensioned bolt and bolted end plate connection 0% pretensioned bolt, it was found that the end plate designed based on SNI 7972-2020 achieved plastic hinges in the beam section. In addition, the loss of pretensioned on bolts affects the moment capacity of the end plate, accelerates joint yielding, accelerates bolt yielding, and reduces connection stiffness. From the study by considering the loss of pretensioned stress on bolts, it can be concluded that the connection design based on SNI 7972-2020 was conservative and it is recommended to be used in designing bolted end plate as prequalified connections.

Key words: bolted end plate connection without stiffener, special moment frame, prequalified connection, pretensioned bolt, loss of pretension force on bolt, finite element method

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Numerikal Pengaruh Penurunan Gaya Pratarik Baut terhadap Perilaku Sambungan Pelat Ujung Berbaut. Skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Sepanjang perjalanan penulisan skripsi, banyak hambatan yang dialami oleh penulis, tetapi penulis dapat menyelesaikan skripsi ini berkat bantuan dari berbagai pihak yang membantu penulis dalam melewati hambatan tersebut. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang sabar dalam membimbing, mengarahkan, dan menambah wawasan kepada penulis dengan baik selama proses penulisan skripsi.
2. Seluruh dosen dan staf pengajar konsentrasi Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik dan saran.
3. Orang tua dan kakak penulis yang senantiasa menemani, memberi dukungan dan doa untuk penulis.
4. Jonathan Jordi, Eruditson R. F., Pierre P., dan Dawson O. yang senantiasa memberikan bantuan, semangat, dan motivasi selama masa perkuliahan.
5. Gregorius Nathan A., Marvel Nathaniel, Jocel Jovandy, dan Sandy Aldi yang menjadi teman diskusi selama penulisan skripsi.
6. Rezaldi Ongky D., Steven Kent, Eldo Harvianto, Kelvin Handoko, Irfan Wiranata, Lie Vernando, Jonathan Tirtadjaja, dan William Bernardus yang senantiasa menemani penulis selama masa perkuliahan.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Batam, 07 Januari 2022



Janssen Tanjaya

6101801105



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-4
1.6 Sistematika Penulisan	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Material Struktural	2-1
2.2 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus	2-2
2.3 Persyaratan Sambungan Terprakualifikasi Pelat Ujung Berbaut	2-4
2.3.1 Persyaratan Prakualifikasi	2-5
2.3.2 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom	2-6
2.3.3 Pelat Penerus	2-7
2.3.4 Prosedur Desain Sambungan Pelat Ujung Berbaut	2-7
2.4 Baut Mutu Tinggi	2-12
2.5 Metode Elemen Hingga	2-14
BAB 3 DESAIN DAN PEMODELAN	3-1
3.1 Sistem Struktur	3-1
3.2 Desain Elemen Struktur	3-2
3.2.1 Desain Profil Balok dan Kolom	3-3

3.2.2	Persyaratan Daktilitas Profil Balok dan Kolom.....	3-5
3.2.3	Persyaratan Strong-Column-Weak-Beam.....	3-6
3.3	Desain Sambungan Pelat Ujung Terpraktualifikasi	3-7
3.3.1	Momen pada Permukaan Kolom.....	3-7
3.3.2	Menentukan Konfigurasi Sambungan Pelat Ujung.....	3-8
3.3.3	Ketebalan Pelat Ujung.....	3-8
3.3.4	Pengecekan Kelelahan dan Kekuatan Sambungan	3-9
3.4	Pemodelan Metode Elemen Hingga untuk Baut Tanpa Pratarik	3-10
3.4.1	Geometri Model	3-10
3.4.2	Properti Material	3-14
3.4.3	Perakitan.....	3-15
3.4.4	Pembebanan	3-18
3.4.5	Perletakan (<i>Restraint</i>).....	3-18
3.4.6	Bidang Kontak (<i>Interaction</i>).....	3-20
3.4.7	<i>Meshing</i>	3-21
3.5	Pemodelan Metode Elemen Hingga untuk Baut dengan Pratarik.....	3-21
3.5.1	Dasar Pemberian tegangan Pratarik pada Baut.....	3-21
3.5.2	Menghitung Panjang Baut Pratarik.....	3-22
3.5.3	Boundary Condition, Interaction, dan Steps pada Pemodelan.....	3-23
3.6	Variasi Model.....	3-25
BAB 4	HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1	Tinjauan Perilaku Global	4-1
4.2	Tinjauan Perilaku Sambungan	4-3
4.3	Tinjauan Kekakuan Rotasi Pelat Ujung	4-10
4.4	Tinjauan Kapasitas Momen Pelat Ujung	4-11
4.4	Tinjauan Gaya Pratarik pada Baut	4-12
4.5	Tinjauan Perilaku Baut.....	4-13
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA		6-1

DAFTAR NOTASI



AISC	:	<i>American Institute of Steel Construction</i>
A_b	:	Luas bruto baut nominal (mm^2)
A_{baut}	:	Luas badan baut (mm^2)
A_{g_c}	:	Luas bruto kolom (mm^2)
A_n	:	Luas neto pelat ujung (mm^2)
b	:	Lebar penampang balok (mm)
b_{bf}	:	Lebar sayap balok (mm)
b_p	:	Lebar pelat ujung (mm)
C_{pr}	:	Faktor perkiraan kekuatan puncak sambungan
d	:	Tinggi penampang balok (mm)
d_b	:	Diameter baut (mm)
$d_{b\ req}$:	Diameter baut perlu
E	:	Modulus elastisitas baja (MPa)
F_{fu}	:	Gaya sayap balok terfaktor (N)
F_{nt}	:	Kekuatan tarik nominal baut (MPa)
F_{nv}	:	Kekuatan geser baut nominal (MPa)
F_u	:	Tegangan tarik minimum (MPa)
F_{up}	:	Tegangan tarik minimum pelat ujung (MPa)
F_y	:	Tegangan leleh minimum (MPa)
F_{yp}	:	Tegangan leleh minimum pelat ujung (MPa)

h	:	Tinggi badan balok (mm)
h_0	:	Tinggi badan kolom (mm)
h_i	:	Jarak sumbu sayap tekan balok ke sumbu baut tarik (mm)
h_o	:	Jarak sumbu sayap tekan balok ke baut terluar sisi tarik (mm)
L	:	Panjang bentang balok (mm)
L_h	:	Jarak antara lokasi sendi plastis (mm)
L_t	:	Panjang akhir baut pratarik (mm)
M_f	:	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom
M_{pb}	:	Momen maksimum yang mungkin terjadi (N-mm)
M_{pc}	:	Momen nominal plastis kolom (N-mm)
M_{pr}	:	Momen maksimum pada sendi plastis (N-mm)
n_b	:	Jumlah baut pada sayap tekan
P	:	Gaya pratarik minimum baut (N)
P_r	:	Beban aksial yang bekerja pada kolom (N)
r	:	Radius girasi (mm)
R_n	:	Kekuatan nominal
R_y	:	Rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap F_y
S_h	:	Jarak muka kolom ke sendi plastis (mm)
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SRPMK	:	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus
t_{bf}	:	Tebal sayap balok (mm)
t_f	:	Tebal sayap balok atau kolom (mm)

t_p	:	Tebal pelat ujung (mm)
$t_{p\ req}$:	Tebal pelat ujung yang diperlukan (mm)
t_w	:	Tebal badan balok atau kolom (mm)
V_u	:	Gaya geser pada ujung balok (N)
V_g	:	Gaya geser balok dari $1,2D + f_iL + 0,2S$ (N)
Y_p	:	Parameter mekanisme garis leleh pelat ujung (mm)
Z_{be}	:	Modulus plastis nominal penampang balok (mm ³)
Z_{ce}	:	Modulus plastis nominal penampang kolom (mm ³)
Z_{cy}	:	Modulus plastis nominal kolom terhadap sumbu-y (mm ³)
ε_t	:	Regangan akhir pada baut
σ_t	:	Tegangan pratarik akhir pada baut (MPa)
Φ_d	:	Faktor ketahanan untuk keadaan batas daktail
Φ_n	:	Faktor ketahanan untuk keadaan batas nondaktail

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema pemodelan.....	1-4
Gambar 2.1 Kurva tegangan-regangan material baja (Segui, 2007)	2-2
Gambar 2.2 Konfigurasi pelat-ujung diperpanjang: (a) 4 baut tanpa pengaku; (b) 4 baut dengan pengaku; (c) 8 baut dengan pengaku. (SNI 7972-2020).....	2-4
Gambar 2.3 Geometri pelat ujung yang diperpanjang tanpa pengaku dengan 4 baut (SNI 7972-2020)	2-6
Gambar 2.4 Kondisi baut <i>fully tensioned</i> tanpa beban luar. (Segui, 2007)	2-12
Gambar 3.1 Skematik model penelitian	3-2
Gambar 3.2 Potongan Melintang bangunan prototip FEMA P-751	3-3
Gambar 3.3 Profil kolom WF600x200x11x17	3-4
Gambar 3.4 Profil balok WF500x200x10x16	3-4
Gambar 3.5 Geometri balok WF 500x200x10x16	3-11
Gambar 3.6 Geometri balok WF 600x200x11x17	3-11
Gambar 3.7 <i>Partition</i> pada balok	3-12
Gambar 3.8 <i>Partition</i> pada kolom.....	3-12
Gambar 3.9 Geometri pelat ujung 200 mm x 750 mm.....	3-13
Gambar 3.10 <i>Partition</i> pada pelat ujung	3-13
Gambar 3.11 Geometri baut	3-14
Gambar 3.12 Penempelan <i>part</i> pelat ujung dengan balok.....	3-15
Gambar 3.13 Fungsi <i>Merge Cells</i> yang menggabungkan balok dan pelat ujung	3-16
Gambar 3.14 Perakitan pelat penerus dan pelat kaku pada kolom.....	3-16
Gambar 3.15 Pemberian jarak antara kolom dan pelat ujung serta penggabungan <i>part</i> balok-pelat ujung, baut, dan kolom.	3-17
Gambar 3.16 Pemberian beban ke arah sumbu Y negatif sebesar 100 mm.	3-18
Gambar 3.17 Perletakan sendi-sendi pada kolom	3-19
Gambar 3.18 Tahanan lateral pada ujung bebas balok.....	3-19
Gambar 3.19 Pemasangan kontak	3-20
Gambar 3.20 <i>Meshing</i> model dengan ukuran ± 20 mm	3-21
Gambar 3.21 Pemberian perpindahan searah sumbu Z positif pada <i>Step-1</i>	3-24

Gambar 3.22 <i>Boundary Condition Manager</i> untuk pemodelan baut pratarik..	3-25
Gambar 3.23 <i>Interaction Manager</i> pemasangan kontak pada <i>Step-2</i>	3-25
Gambar 4.1 Skema Penurunan Balok.....	4-1
Gambar 4.2 Kurva momen-rotasi dengan kapasitas global sambungan pada Model 1 material plastis	4-2
Gambar 4.3 PEEQ (leleh akhir) pemodelan baut tanpa pratarik (Model 1A)	4-3
Gambar 4.4 PEEQ (leleh akhir) pemodelan baut pratarik (Model 1B)	4-3
Gambar 4.5 Skema Model 2 variasi pemodelan dengan material elasto-plastis untuk pelat ujung dan material elastis untuk elemen lainnya	4-4
Gambar 4.6 PEEQ (kelelahan akhir) pemodelan baut tanpa pratarik (Model 2A)	4-5
Gambar 4.7 PEEQ (kelelahan akhir) pemodelan baut pratarik (Model 2B)	4-5
Gambar 4.8 Kelelahan awal sambungan tanpa pratarik (Model 2A)	4-6
Gambar 4.9 Kelelahan awal sambungan dengan pratarik (Model 2B).....	4-7
Gambar 4.10 Kurva beban terhadap perpindahan (Model 2A dan Model 2B) ..	4-7
Gambar 4.11 <i>Contact Opening</i> baut tanpa pratarik (Model 2A) saat kondisi elastis.....	4-8
Gambar 4.12 <i>Contact Opening</i> baut dengan pratarik (Model 2B) saat kondisi elastis.....	4-9
Gambar 4.13 Rotasi pada pelat ujung.....	4-10
Gambar 4.14 Kurva momen-rotasi pelat ujung pada model tanpa pratarik (Model 2A) dan model 100% pratarik (Model 2B) dengan kapasitas <i>Mf SNI 7972-2020</i> ..	4-11
Gambar 4.15 Tegangan baut pada akhir <i>Step-2</i>	4-12
Gambar 4.16 Kelelahan awal baut pada Model 2A (tanpa pratarik)	4-13
Gambar 4.17 Kelelahan awal baut pada Model 2B (100% gaya pratarik)	4-13
Gambar 4.18 Kelelahan pada beban 32% peralihan maksimum Model 2A (tanpa pratarik)	4-14
Gambar 4.19 Kelelahan pada beban 32% peralihan maksimum Model 2B (100% gaya pratarik)	4-15
Gambar 4.20 Kelelahan akhir baut pada Model 2A (tanpa pratarik)	4-15
Gambar 4.21 Kelelahan akhir baut pada Model 2B (100% gaya pratarik)	4-16
Gambar 4.22 Kelelahan awal baut Model 1A (model elasto-plastis tanpa pratarik)	4-17

Gambar 4.23 Kelelahan awal baut Model 1B (model elasto-plastis 100% pratarik).....4-17



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel geometri pelat ujung dan pola garis leleh sambungan pelat ujung
berbaut 4 baut tanpa pengaku (SNI 7972-2020) 2-10

Tabel 2.2 Ketelitian metode pemasangan baut pratarik (Berenbak, 2012) 2-13



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN DAKTILITAS TINGGI KOLOM DAN BALOK.....	L1-1
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN DESAIN SAMBUNGAN BOLTED END PLATE	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN MOMEN PLASTIS BALOK	L3-1
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN MOMEN MF PELAT UJUNG.....	L4-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi baja memiliki berat material yang lebih ringan dibanding konstruksi beton akibat dari penampang baja yang kompak dan padat. Berat material yang lebih ringan artinya gaya gempa yang lebih kecil untuk merusak struktur itu sendiri saat mengalami beban seismik. Selain itu, material baja memiliki sifat daktilitas yang besar memungkinkan struktur untuk menekuk dan menahan beban di atas kondisi leleh sebelum struktur patah. Sifat-sifat dari material baja ini yang membuat baja digunakan dalam membangun gedung struktural pada daerah rawan gempa.

Filosofi desain kapasitas Bangunan Gedung Baja Struktural untuk menahan gaya seismik adalah dengan mempertahankan kondisi *strong column-weak beam* serta mendesain elemen struktur yang akan leleh terlebih dahulu berperilaku sebagai *structural fuse*. *Fuse* merupakan elemen struktur yang diperuntukkan agar leleh terlebih dahulu untuk melindungi struktur utama dari beban berlebih. Pada struktur gedung baja, sistem struktur yang memanfaatkan *structural fuse* terdapat banyak jenis, yaitu *Eccentrically Braced Frame (EBF)*, *Buckling-Restrained Braced Frame (BRBF)*, *Special Plate Shear Wall (SPSW)*, *Ordinary Concentrically Braced Frame (OCBF)*, dan *Reduced Beam Section (RBS)*. Sistem struktur ini dapat bekerja dengan baik, konstruksi baja perlu didukung dengan sambungan yang khusus, yaitu sambungan terprakualifikasi atau *prequalified connection*.

Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dibahas dalam SNI 7972 tahun 2020. Pada BAB 4 daripada SNI 7972 membahas mengenai persyaratan pembautan dan instalasi sambungan mengacu pada SNI 7860 tahun 2020 mengenai Ketentuan Seismik yang menjelaskan bahwa seluruh sambungan perlu disambung dengan baut pratarik.

Terdapat beberapa metode pengencangan pada baut pratarik yang menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda-beda. Metode pengencangan baut pratarik yang umum digunakan terdapat pada EN 1090-2 dan diuji oleh Nijgh, Martin Paul (2016) menghasilkan *Torque Method* memiliki tingkat akurasi 79.4%, *Combined Method* dengan tingkat akurasi 100%, *HRC Tightening Method* dengan tingkat akurasi 81%, dan *DTI (Direct Tensioning Indicator) Method* dengan tingkat akurasi >95%.

Pada tesis Nijgh (2016) juga ditemukan baut yang dipratarik akan mengalami penurunan tegangan karena baut mengalami kondisi relaksasi. Kekuatan pratarik bisa berkurang seiring dengan waktu atau pada saat itu juga yang dipengaruhi oleh desain sambungan, deformasi plastis pada permukaan baut, interaksi elastis pada pengencangan baut, kontraksi pada lubang baut, getaran yang melonggarkan baut, pembengkokan baut, relaksasi tegangan akibat tegangan konstan, efek termal, dan coating baut. Fenomena relaksasi baut pratarik akan mempengaruhi perilaku daripada sambungan.

1.2 Inti Permasalahan

Pada tahun 2016 dari hasil tesis Nijgh ditemukan fenomena relaksasi pada baut pratarik namun peraturan SNI 7860 mengenai ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural dan SNI 7972 mengenai sambungan terpraktualifikasi untuk rangka momen khusus belum membahas mengenai penurunan tegangan pada baut pratarik. Fenomena relaksasi ini akan mempengaruhi perilaku pada sambungan pelat ujung berbaut. Maka dari itu perlu dilakukan analisis terhadap penurunan tegangan pada baut pratarik untuk mengetahui perilaku penurunan kekuatan pratarik pada baut terhadap sambungan pelat ujung berbaut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

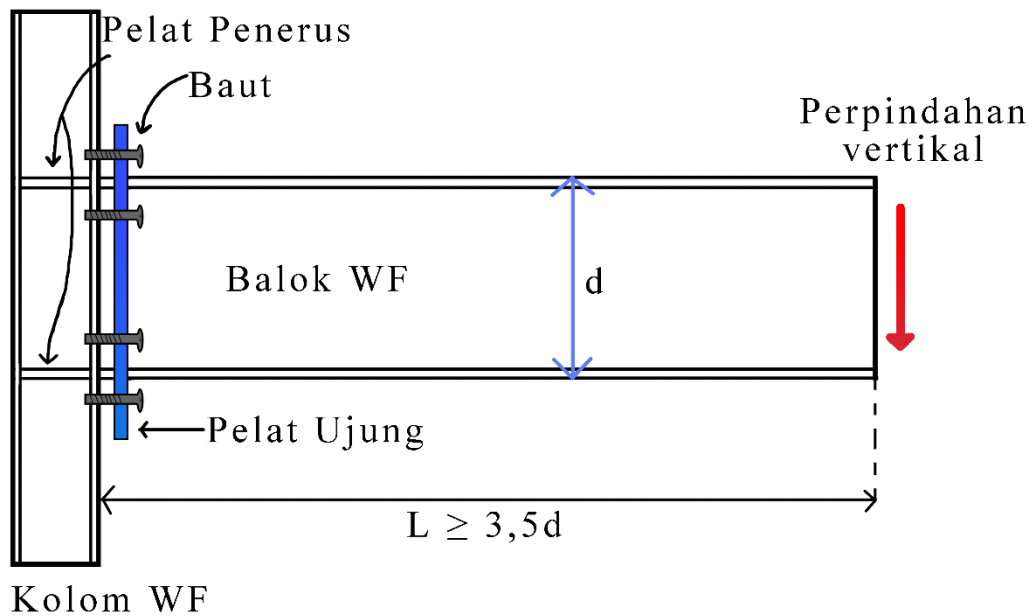
1. Mendesain sambungan pelat ujung berbaut diperpanjang tanpa pengaku tipe empat baut dengan asumsi gaya pratarik sesuai ketentuan SNI 7972-2020.
2. Melakukan pemodelan dan analisis sambungan pelat ujung berbaut diperpanjang tanpa pengaku tipe empat baut dengan variasi gaya pratarik dan material.
3. Mengevaluasi pengaruh perubahan gaya pratarik terhadap perilaku sambungan pelat ujung berbaut.
4. Memberikan rekomendasi terhadap metode desain pelat ujung berbaut yang mempertimbangkan pengaruh penurunan pratarik pada baut.

1.4 Pembatasan Masalah

Lingkup penelitian dalam skripsi ini dibatasi sebagai berikut:

1. Sambungan yang ditinjau adalah sambungan pelat ujung berbaut diperpanjang tanpa pengaku tipe empat baut yang didesain mengacu pada SNI 7972-2020 untuk rangka momen khusus.
2. Balok menggunakan profil JIS G 3192 *Metric Series* yang memenuhi syarat daktilitas tinggi sesuai ketentuan dalam SNI 7860-2020.
3. Material baja untuk pelat ujung dan balok adalah BJ37.
4. Sambungan menggunakan baut dengan mutu ASTM A325.
5. Pemodelan numerik balok, pelat ujung dan baut dengan program ABAQUS sesuai skema pada Gambar 1.1.
6. Sayap dan badan balok serta pelat ujung dimodelkan dengan elemen shell.
7. Baut dimodelkan dengan elemen garis.
8. Parameter yang divariasikan adalah gaya pratarik baut dengan nilai 0% dan 100% gaya pratarik minimum menurut SNI 1729-2020 serta variasi model dengan material elastis pada komponen selain pelat ujung.

9. Perilaku sambungan yang ditinjau mencakup: kapasitas momen sambungan; pola kelelahan pada pelat ujung dan balok; serta distribusi gaya tarik baut.



Gambar 1.1 Skema pemodelan

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut,

1. Studi Pustaka

Skripsi ini menggunakan teori yang didasari oleh buku-buku, *paper*, skripsi dan peraturan yang berhubungan dengan desain struktur gedung baja, sambungan gedung baja dan gempa bumi.

2. Studi Analisis

Skripsi ini menggunakan perangkat lunak ABAQUS untuk studi analisis terhadap baut pratarik pada sambungan struktur gedung baja. Perangkat lunak Microsoft Excel dan Smath digunakan sebagai alat bantu perhitungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut,

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi dasar teori yang digunakan sebagai acuan pemodelan dan analisis sambungan pelat ujung berbaut.

BAB 3 Desain dan Pemodelan Struktur

Bab ini berisi desain dan pemodelan baut pratarik pada sambungan pelat ujung berbaut dengan menggunakan kondisi gaya pratarik yang bervariasi.

BAB 4 Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tinjauan perilaku sambungan dengan analisis elemen hingga dengan bantuan program ABAQUS.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis yang didapat dan saran berdasarkan kesimpulan yang diperoleh.