

SKRIPSI

STUDI NUMERIKAL PENGARUH KONFIGURASI BAUT DENGAN DAN TANPA PRATARIK TERHADAP *PRYING ACTION* PADA SAMBUNGAN MENAHAN TARIK



**JANET GABRIELLA EMENDISH
NPM : 6101801114**

PEMBIMBING : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

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





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

SKRIPSI

STUDI NUMERIKAL PENGARUH KONFIGURASI BAUT DENGAN DAN TANPA PRATARIK TERHADAP *PRYING ACTION* PADA SAMBUNGAN MENAHAN TARIK



JANET GABRIELLA EMENDISH
NPM : 6101801114

PEMBIMBING : Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. 
KO-PEMBIMBING : Wivia Octarena Nugroho, S.T.,M.T. 
PENGUJI 1 : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro 
PENGUJI 2 : Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda 

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

PERNYATAAN

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

Nama : Janet Gabriella Emendish
NPM : 6101801114
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

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

**STUDI NUMERIKAL PENGARUH KONFIGURASI BAUT DENGAN DAN TANPA PRATARIK
TERHADAP *PRying ACTION* PADA SAMBUNGAN MENAHAN TARIK**

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: 11 Juli 2022



Janet Gabriella Emendish

*) coret yang tidak perlu

STUDI NUMERIKAL PENGARUH KONFIGURASI BAUT DENGAN DAN TANPA PRATARIK TERHADAP *PRYING* *ACTION* PADA SAMBUNGAN MENAHAN TARIK

Janet Gabriella Emendish
6101801114

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

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

ABSTRAK

Pada sambungan baut yang menahan gaya tarik, pelat dapat berdeformasi dan menghasilkan gaya reaksi akibat bertumpu pada pelat lain yang disambung, sehingga mengakibatkan perbesaran gaya tarik baut, yang disebut juga dengan aksi untkit atau *prying action*. Adanya ketidakpastian dalam perhitungan mengakibatkan *prying action* atau aksi untkit tidak dijabarkan dalam ketentuan AISC 360-16. Pengaruh efek ini cenderung diprediksi melalui pendekatan atau dihindari dengan menerapkan syarat-syarat untuk meminimalkannya. Beberapa panduan yang saat ini sudah memuat persamaan *prying*, seperti AISC *Steel Design Guide 17* dan AISC *Steel Construction Manual 14th Edition*, perlu dikaji untuk mengetahui tingkat konservativitas dan rentang cakupannya. Pada penelitian ini dilakukan studi numerikal yang mengevaluasi pengaruh berbagai variabel, termasuk ada atau tidaknya gaya pratarik baut, terhadap *prying action* dan dampaknya pada kelelahan pelat maupun baut. Pemodelan metode elemen hingga menggunakan program Abaqus untuk sambungan profil T dan balok WF. Variasi pemodelan yang dilakukan mencakup posisi baut, ketebalan sayap profil T, gaya pratarik baut, serta pengaruh asumsi fleksibilitas pelat-pelat penyusun balok WF. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak baut ke tepi, semakin tebal pelat, dan adanya pratarik mampu mengurangi rasio gaya *prying* gaya per baut akibat beban luar, sedangkan pengaruh fleksibilitas balok WF tidak memberikan perbedaan gaya *prying* yang signifikan. Pada sambungan dengan pratarik bergesernya bidang kontak ke luar area baut mengindikasikan timbulnya gaya *prying*. Persamaan *prying* pada AISC *Steel Design Guide 17* atau AISC *Steel Construction Manual 14th Edition* memberikan estimasi gaya *prying* yang cukup mendekati hasil analisis pada sambungan baut dengan pratarik, namun menghasilkan perbedaan yang signifikan pada sambungan baut tanpa pratarik.

Kata Kunci: sambungan menahan tarik, *prying action*, baut pratarik, metode elemen hingga, bidang kontak

NUMERICAL STUDY OF THE EFFECT OF BOLT CONFIGURATION WITH AND WITHOUT PRETENSION ON PRYING ACTION IN CONNECTION SUBJECTED TO TENSION

Janet Gabriella Emendish
6101801114

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
(Acredited Based on SK BAN-PT Number : 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JULY 2022

ABSTRACT

In bolted connections that resist tensile forces, the connected plates can deform and generate reaction forces due to contact with another connected plate, leading to an increase in the tensile force of the bolts, which is known as the prying action. The uncertainty of the calculation results in the prying action has not been described in the provisions of AISC 360-16. The effects of prying action tend to be predicted through approaches and also avoided by applying some requirements to minimize them. Several guidelines that currently contain prying equations, such as the AISC Steel Design Guide 17 and the AISC Steel Construction Manual 14th Edition, need to be observed to find out the level of its conservativeness and the range of its coverage. In this research, a numerical study was carried out to evaluate the effect of various variables, including the presence or absence of bolt preload, on prying action and their impact on the yielding of plate and bolt. The finite element analysis was performed for the connections of the T-profile and WF beam using the Abaqus program. Variations of models include bolt location, T-profile flange thickness, the pretension force of the bolts, and the effect of the assumed flexibility of the WF-beam. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the greater the distance from the bolt to the edge, the thicker the plate, and the presence of pretension can reduce the ratio of the prying force to bolt force due to external loads, while the effect of the flexibility of the WF beam does not provide a significant difference on prying force. In pre-tensioned fasteners, the movement of the contact pressure out of the bolt area indicates a prying force. The prying equation in AISC Steel Design Guide 17 or AISC Steel Construction Manual 14th Edition provides a fairly close estimation of prying force to the analysis results for pretensioned bolted connection but produces significant differences in non-pretensioned bolted connection.

Keywords: connection in tension, prying action, pretensioned bolt, finite element method, contact pressure

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Numerikal Pengaruh Konfigurasi Baut dengan dan Tanpa Pratarik Terhadap Prying Action pada Sambungan Menahan Tarik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Proses penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan 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 membimbing, mengarahkan, dan memberikan banyak wawasan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini
2. Bapak Dr.Johannes Adhijoso Tjondro dan Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan skripsi ini
3. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan
4. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan doa dari awal pekuliahan hingga penyusunan skripsi ini
5. Gilbert Gnaden Winarto, sebagai teman seperbimbingan dan teman diskusi selama penulisan skripsi
6. Teman-teman SMA, Karina Halim, Cecilia Oktaviani, Irene Haryawan, Jovan Tanando, Riesta Monica, dan lainnya, yang selalu menghibur, memberi semangat, dan menjadi tempat berbagi cerita semasa sekolah maupun kuliah
7. Laurensius Ivan yang selalu menemani penulis dan menjadi tempat bertukar pikiran selama perkuliahan
8. Pihak-pihak lain yang telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya. Terima kasih.

Bandung, 9 Juli 2022



Janet Gabriella Emendish

6101801114

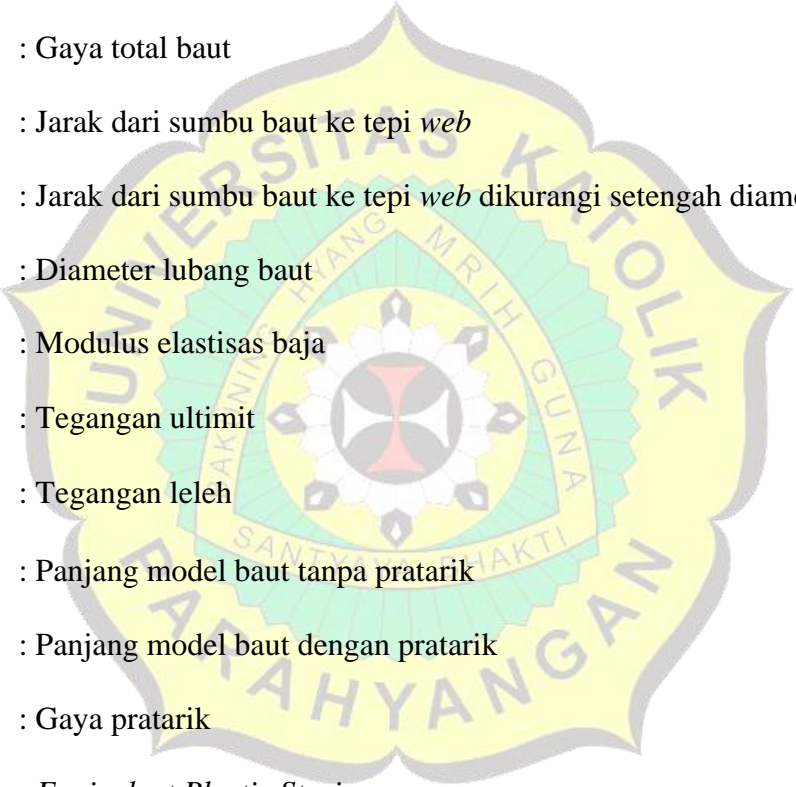


DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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	1-5
1.6 Sistematika Penulisan	1-5
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Material Baja Struktural	2-1
2.2 <i>True Stress</i> dan <i>True Strain</i>	2-4
2.3 Baut Mutu Tinggi	2-5
2.4 Desain Sambungan Baut	2-6
2.4.1 Persyaratan Lubang Baut dan Tata Letak Baut	2-6
2.4.2 Kekuatan Tarik dan Geser Baut	2-7
2.5 <i>Prying Action</i>	2-8
2.6 Metode Elemen Hingga	2-12
2.6.1 Elemen	2-12
2.6.2 Interaksi Kontak	2-13

BAB 3 STUDI KASUS.....	3-1
3.1 Desain Sambungan.....	3-1
3.2 Pemodelan Metode Elemen Hingga.....	3-4
3.2.1 Properti Material	3-4
3.2.2 Geometri Model	3-6
3.2.3 Perakitan.....	3-9
3.2.4 Perletakan.....	3-10
3.2.5 Pemberian Kontak.....	3-10
3.2.6 Pembebanan	3-11
3.2.7 Meshing.....	3-11
3.3 Pemodelan Metode Elemen Hingga dengan Baut Pratarik.....	3-12
3.3.1 Panjang Baut Pratarik.....	3-12
3.3.2 Tahapan Pemberian Gaya Pratarik.....	3-13
3.4 Variasi Pemodelan	3-16
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	4-1
4.1 Pengaruh Jarak Baut ke Tepi Terhadap Gaya <i>Prying</i>	4-1
4.2 Pengaruh Tebal Profil T Terhadap Gaya <i>Prying</i>	4-6
4.3 Pengaruh Pemberian Gaya Pratarik Terhadap Gaya <i>Prying</i>	4-9
4.4 Pengaruh Fleksibilitas Balok WF Terhadap Gaya <i>Prying</i>	4-16
4.5 Perbandingan Gaya <i>Prying</i> Berdasarkan Metode Elemen Hingga dan AISC.....	4-19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA	xix

DAFTAR NOTASI



AISC	: <i>American Institute of Steel Construction</i>
A	: Luas penampang baut
a	: Jarak dari sumbu baut ke ujung <i>flange</i>
a'	: Jarak dari sumbu baut ke ujung <i>flange</i> ditambah setengah diameter baut
B_c	: Gaya total baut
b	: Jarak dari sumbu baut ke tepi <i>web</i>
b'	: Jarak dari sumbu baut ke tepi <i>web</i> dikurangi setengah diameter baut
d'	: Diameter lubang baut
E	: Modulus elastisitas baja
F_u	: Tegangan ultimit
F_y	: Tegangan leleh
L	: Panjang model baut tanpa pratarik
L_0	: Panjang model baut dengan pratarik
P	: Gaya pratarik
PEEQ	: <i>Equivalent Plastic Strain</i>
p	: Panjang <i>tributary area</i> sayap terhadap satu baut
q	: Gaya <i>prying</i> per satu baut
R_n	: Kekuatan tarik nominal
SNI	: Standar Nasional Indonesia
s	: Spasi baut dalam arah memanjang
T	: Gaya tarik satu baut sebelum memperhitungkan <i>prying</i>

- t_f : Tebal flens profil T
- α : Rasio momen per satuan panjang sepanjang garis baut dengan momen per satuan panjang pada muka badan
- ΔL : Pertambahan panjang baut
- ε_e : *Engineering strain*
- ε_t : *True strain*
- σ_e : *Engineering stress*
- σ_t : *Engineering strain*
- ϕ : Faktor ketahanan
- ϕ_b : Faktor ketahanan untuk lentur



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Gaya <i>Prying</i> pada Pelat yang Disambung (Segui, 2012)	1-2
Gambar 1. 2 Konfigurasi Sambungan	1-5
Gambar 2. 1 Spesimen Uji Tarik Baja (Segui, 2012)	2-1
Gambar 2. 2 <i>Engineering Stress-Strain Curve</i> (Segui, 2012)	2-2
Gambar 2. 3 Kurva Tegangan-Regangan <i>Engineering</i> yang Diidealkan (Segui, 2012)	2-3
Gambar 2. 4 Kurva Tegangan-Regangan <i>Engineering</i> untuk <i>Mild Steel</i>	2-4
Gambar 2. 5 <i>Engineering Stress-Strain Curve</i> dan <i>True Stress-Strain Curve</i>	2-5
Gambar 2. 6 <i>Clamping Force</i> pada Pelat Sebelum Beban Luar Diaplikasikan (Segui, 2012)	2-5
Gambar 2. 7 Perbedaan Sambungan dengan 1 dan 2 Bidang Geser (Segui, 2012)	2-8
Gambar 2. 8 Sambungan Menahan Tarik. Sambungan Balok ke Kolom (a), <i>hanger connection</i> (b), Sambungan Breising Diagonal (c) (Kulak, 2001)	2-9
Gambar 2. 9 Tahapan Perilaku Pelat pada Model Kennedy (Kennedy, 1981)	2-9
Gambar 2. 10 Modifikasi Nilai <i>a</i> dan <i>b</i>	2-11
Gambar 2. 11 Panjang Tributary Area <i>Flange</i> Terhadap Satu Baut (AISC Steel Construction Manual 14 th Edition, 2010)	2-11
Gambar 2. 12 Rentang Nilai <i>h/L</i> untuk Elemen <i>Solid</i> dan <i>Shell</i> (J.E.Akin, 2010)	2-13
Gambar 3. 1 Dimensi Profil WF200x200x8x12	3-1
Gambar 3. 2 Dimensi Profil T200x100x8x12	3-1
Gambar 3. 3 Skema Pemodelan Sambungan	3-2
Gambar 3. 4 Tata Letak Baut pada <i>Flange</i> Profil T	3-3
Gambar 3. 5 Tampak Samping Sambungan Profil WF dan T	3-3
Gambar 3. 6 Kurva <i>True Stress-Strain</i> BJ37	3-4
Gambar 3. 7 <i>True Stress-Plastic Strain</i> (Cai, 2021)	3-5
Gambar 3. 8 Pemodelan Geometri Profil T 200x100x8x12	3-6
Gambar 3. 9 Pemodelan Geometri Balok WF 200x200x8x12	3-7

Gambar 3. 10 Partisi pada Sayap Bawah Balok WF 200x200x8x12.....	3-7
Gambar 3. 11 Partisi pada Sayap Profil T200x100x8x12.....	3-8
Gambar 3. 12 Profil WF 200x200x8x12.....	3-8
Gambar 3. 13 Profil T 200x100x8x12	3-8
Gambar 3. 14 Pemodelan Baut	3-9
Gambar 3. 15 Perakitan Sambungan pada <i>Module Assembly</i>	3-9
Gambar 3. 16 Sambungan yang Sudah Digabungkan.....	3-10
Gambar 3. 17 Perletakan pada Balok WF.....	3-10
Gambar 3. 18 Pemberian Kontak pada Sambungan.....	3-11
Gambar 3. 19 Pembebanan Tarik pada Profil T.....	3-11
Gambar 3. 20 <i>Meshing</i> Model.....	3-12
Gambar 3. 21 <i>Boundary Condition</i> Sayap Balok WF.....	3-14
Gambar 3. 22 Perpindahan pada Profil T.....	3-14
Gambar 3. 23 <i>Boundary Condition Manager</i>	3-15
Gambar 3. 24 <i>Interaction Manager</i>	3-15
Gambar 4. 1 Ilustrasi Pemberian Beban Berupa Perpindahan pada Ujung Profil T	4-1
Gambar 4. 2 Kurva Gaya-Perpindahan untuk 3 Model Tanpa Pratarik dengan Variasi Jarak Baut ke Tepi	4-2
Gambar 4. 3 PEEQ Awal (a) dan Akhir (b) pada Profil T Model NP-F-T12-A22	4-3
Gambar 4. 4 PEEQ Awal (a) dan Akhir (b) pada Profil T Model NP-F-T12-A44	4-4
Gambar 4. 5 PEEQ Awal (a) dan Akhir (b) pada Profil T Model NP-F-T12-A66	4-5
Gambar 4. 6 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk 3 Model Tanpa Pratarik dengan Variasi Jarak Baut ke Tepi.....	4-5
Gambar 4. 7 Kurva Gaya-Perpindahan untuk 2 Model Tanpa Pratarik dengan Variasi Tebal Profil T.....	4-7
Gambar 4. 8 PEEQ Awal (a) dan Akhir (b) pada Profil T Model NP-F-T17-A22	4-8

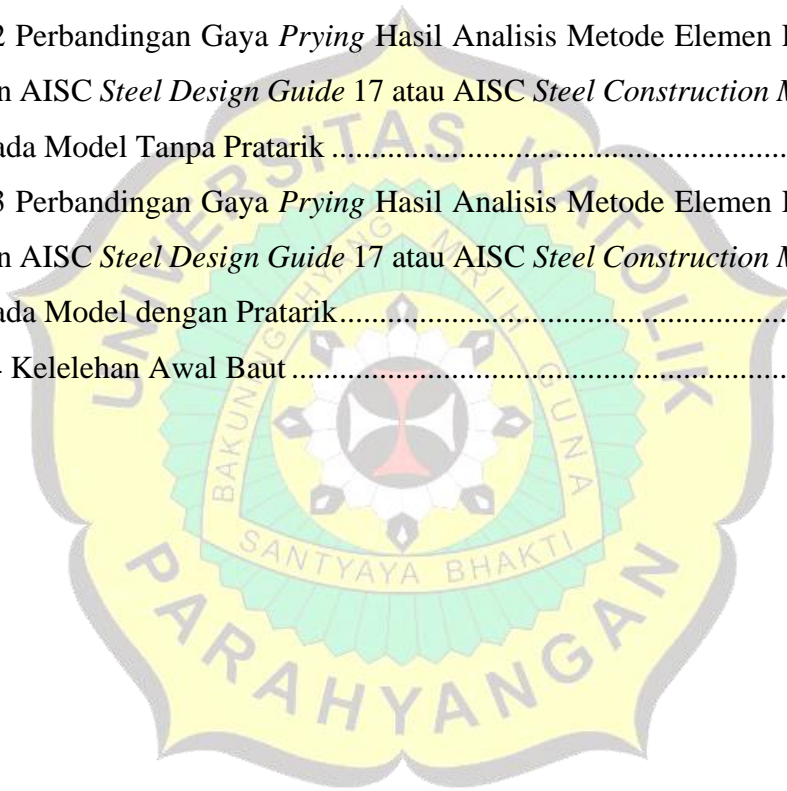
Gambar 4. 9 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk 2 Model Tanpa Pratarik dengan Variasi Tebal Pelat.....	4-8
Gambar 4. 10 Kurva Gaya-Perpindahan Model dengan Pratarik dan Tanpa.....	4-10
Gambar 4. 11 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model dengan Pratarik dan Tanpa Pratarik Menggunakan $a = 22$ mm.....	4-11
Gambar 4. 12 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model dengan Pratarik dan Tanpa Pratarik Menggunakan $a = 44$ mm.....	4-12
Gambar 4. 13 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model dengan Pratarik dan Tanpa Pratarik Menggunakan $a = 66$ mm.....	4-12
Gambar 4. 14 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model dengan Pratarik dan Tanpa Pratarik Menggunakan Profil T 17 mm.....	4-13
Gambar 4. 15 Bidang Kontak Pelat pada Awal Pembebanan (a) dan Akhir Pembebanan (b) Model NP-F-T12-A22.....	4-14
Gambar 4. 16 Bidang Kontak Pelat pada Awal Pembebanan (a) dan Akhir Pembebanan (b) Model P-F-T12-A22.....	4-15
Gambar 4. 17 Bidang Kontak Pelat pada Awal Pembebanan (a) dan Akhir Pembebanan (b) Model P-F-T12-A22.....	4-15
Gambar 4. 18 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model Balok WF Fleksibel dan Rigid Menggunakan $a = 22$ mm.....	4-17
Gambar 4. 19 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model Balok WF Fleksibel dan Rigid Menggunakan $a = 44$ mm.....	4-17
Gambar 4. 20 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model Balok WF Fleksibel dan Rigid Menggunakan $a = 66$ mm.....	4-18
Gambar 4. 21 Grafik Beban Luar Terhadap Gaya Total Baut untuk Model Balok WF Fleksibel dan Rigid Menggunakan Tebal Profil T 17 mm.....	4-18
Gambar 4. 22 Grafik Gaya Total Baut Terhadap Beban Luar untuk Model NP-F-T12-A22 dan P-F-T12-A22 dari Hasil Analisis MEH dan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan 2.8.....	4-19
Gambar 4. 23 Grafik Gaya Total Baut Terhadap Beban Luar untuk Model NP-F-T12-A44 dan P-F-T12-A44 dari Hasil Analisis MEH dan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan 2.8.....	4-20

Gambar 4. 24 Grafik Gaya Total Baut Terhadap Beban Luar untuk Model NP-F-T12-A66 dan P-F-T12-A66 dari Hasil Analisis MEH dan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan 2.8.....	4-20
Gambar 4. 25 Grafik Gaya Total Baut Terhadap Beban Luar untuk Model NP-F-T17-A44 dan P-F-T17-A44 dari Hasil Analisis MEH dan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan 2.8.....	4-21
Gambar 4. 26 <i>Local Prying</i> pada Baut (Kulak, 2001)	4-23



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran Lubang Baut (SNI 1729:2020).....	2-6
Tabel 2. 2 Jarak Tepi Minimum (SNI 1729:2020).....	2-7
Tabel 3. 1 Nilai <i>True Stress</i> dan <i>True Strain</i> BJ37	3-4
Tabel 3. 2 Properti Material BJ37 pada Kondisi Plastis	3-5
Tabel 3. 3 Properti Material Baut ASTM A325 pada Kondisi Plastis	3-6
Tabel 3. 4 Variasi pada Pemodelan.....	3-17
Tabel 4. 1 Tabel Perbandingan q/T untuk Model dengan Pratarik	4-13
Tabel 4. 2 Perbandingan Gaya <i>Prying</i> Hasil Analisis Metode Elemen Hingga dan Persamaan AISC <i>Steel Design Guide 17</i> atau AISC <i>Steel Construction Manual 14th Edition</i> pada Model Tanpa Pratarik	4-21
Tabel 4. 3 Perbandingan Gaya <i>Prying</i> Hasil Analisis Metode Elemen Hingga dan Persamaan AISC <i>Steel Design Guide 17</i> atau AISC <i>Steel Construction Manual 14th Edition</i> pada Model dengan Pratarik.....	4-22
Tabel 4. 4 Kelelehan Awal Baut.....	4-23



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN <i>PRying ACTION</i>	L1-1
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN DESAIN BAUT PRATARIK.....	L2-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

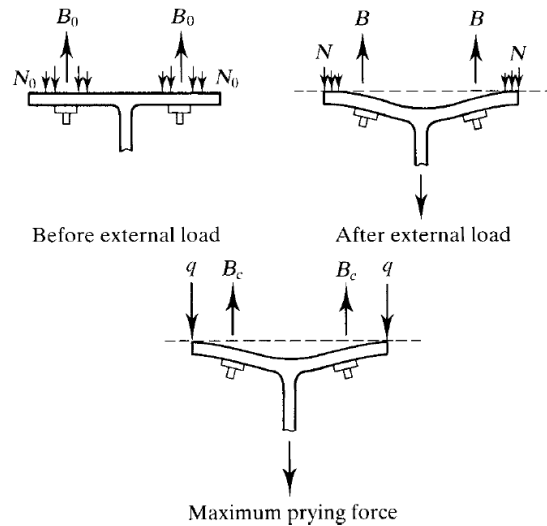
Konstruksi baja banyak menjadi pilihan dalam pembangunan gedung bertingkat karena proses pengerjaannya yang lebih cepat dibanding konstruksi beton. Struktur baja umumnya terdiri dari komponen yang dibuat di pabrik dengan ukuran tertentu sehingga perlu dirangkai atau dihubungkan dengan sambungan untuk menyambungkan dua atau lebih komponen baja dan menyalurkan beban dari satu elemen ke elemen yang lain. Jenis sambungan dapat berupa sambungan permanen maupun sambungan semi-permanen. Sambungan tetap merupakan sambungan yang tidak dapat dilepas kecuali jika rusak, contohnya adalah sambungan las dan sambungan paku keling. Sedangkan sambungan semi permanen yaitu sambungan yang masih dapat dilepas selagi masih dalam kondisi normal, contohnya sambungan baut.

Baut merupakan salah satu jenis sambungan yang umum digunakan saat ini selain sambungan las. Baut yang digunakan untuk menyambung profil baja pada struktur bangunan tahan gempa adalah baut mutu tinggi yang sudah diberi pratarik. Baut yang tidak diberi pratarik akan memiliki gaya baut yang sama dengan besarnya beban yang diterapkan, sementara baut mutu tinggi akan dikencangkan sehingga menimbulkan gaya tarik pada baut dan efek penjepitan (*clamping*) pada elemen yang disambung. Namun baut mutu tinggi juga dapat mengalami kehilangan gaya pratarik akibat kondisi relaksasi (Nijgh, 2016).

Pembebanan yang terjadi pada sambungan baut dapat berupa beban tarik, beban geser, kombinasi beban geser dan tarik, serta beban puntir. Pada sambungan baut yang menahan gaya tarik, pelat dapat berdeformasi menjauhi bidang yang disambung dan berakibat pada perbesaran gaya tarik baut. Peristiwa ini disebut juga dengan aksi ungkit atau *prying action*.

Pada baut pratarik sebelum beban luar diterapkan terdapat gaya normal tekan yang berada pada sumbu baut. Setelah beban tarik eksternal diaplikasikan pada sambungan, maka pelat dapat berdeformasi sehingga gaya normal tekan berpindah

mendekati ujung *flange* dan menyebabkan gaya tarik baut meningkat. Aksi ungkit terbesar akan dihasilkan ketika bidang kontak antar kedua elemen yang disambung berada di ujung pelat seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Gaya *Prying* pada Pelat yang Disambung (Segui, 2012)

Ketentuan mengenai *prying action* belum dibahas dalam AISC 360-16 karena adanya ketidakpastian dalam perhitungan. Pengaruh efek ini cenderung diprediksi melalui pendekatan, seperti yang diberikan oleh Hogan dan Thomas (1994) dimana efek *prying* yang timbul pada baut diperkirakan akan menyebabkan kenaikan gaya tarik baut sebesar 20-33%. *Prying action* juga cenderung dihindari dengan menerapkan syarat-syarat untuk meminimalisirnya, misalnya dengan meningkatkan rasio jarak sumbu baut ke ujung sayap terhadap jarak sumbu baut ke muka badan hingga setidaknya 0,75, mengatur spasi baut menjadi setidaknya 90 mm, mempertebal pelat ujung sampai setidaknya 1,25 kali dari ukuran baut, atau dengan penggunaan pelat pengaku.

Walaupun *prying action* tidak dijelaskan secara spesifik, namun AISC 360-16 menyebutkan bahwa gaya *prying* pada baut dan batang berulir yang memikul gaya tarik aksial, jika ada, harus diperhitungkan dalam desain untuk menghindari terjadinya kegagalan pada sambungan baut. Beberapa peraturan seperti AISC *Steel Design Guide 17* dan AISC *Steel Construction Manual 14th Edition* merumuskan *prying action* seperti pada Persamaan 1.1. Sehingga gaya total per baut dengan memperhitungkan efek *prying* dapat diperoleh melalui penjumlahan gaya *prying* dan gaya tarik eksternal per baut.

$$Q = T \left(\frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \quad (1.1)$$

dengan :

Q = aksi ungkit atau *prying force*

a = jarak dari sumbu baut ke ujung sayap

b = jarak dari sumbu baut ke muka badan

α = rasio momen per satuan panjang sepanjang garis baut dengan momen per satuan panjang pada muka badan

$$\delta = 1 - \frac{d'}{p}$$

d' = diameter lubang baut

p = panjang *tributary area* sayap terhadap satu baut

T = gaya tarik satu baut sebelum memperhitungkan *prying action*

Konfigurasi baut, fleksibilitas elemen-elemen yang disambung, dan juga adanya gaya pratarik pada baut mempengaruhi besarnya *prying* yang dipikul oleh baut. Oleh karena itu dilakukan studi yang meliputi variabel tersebut untuk mengetahui dampaknya pada sambungan dan apakah persamaan yang ada sudah memberikan hasil yang cukup konservatif.

1.2 Inti Permasalahan

Adanya ketidakpastian dalam perhitungan mengakibatkan *prying action* atau aksi ungkit tidak dijabarkan dalam ketentuan AISC 360-16. Pada beberapa buku dan peraturan pembahasan *prying action* lebih menekankan syarat-syarat untuk meminimalisir efek *prying* dibanding dampaknya terhadap kebutuhan baut. Fakta bahwa *prying action* dapat meningkatkan gaya tarik yang dipikul baut memungkinkan kegagalan pada sambungan jika tidak diperhitungkan dalam desain. Ketentuan yang memuat persamaan gaya *prying*, seperti *AISC Steel Design Guide 17* dan *AISC Steel Construction Manual 14th Edition*, perlu dikaji untuk mengetahui tingkat konservativitas dan rentang cakupannya. Oleh karena itu dilakukan analisis numerikal untuk mengevaluasi pengaruh berbagai variabel, termasuk ada atau tidaknya gaya pratarik baut, terhadap *prying action*.

1.3 Tujuan Penulisan

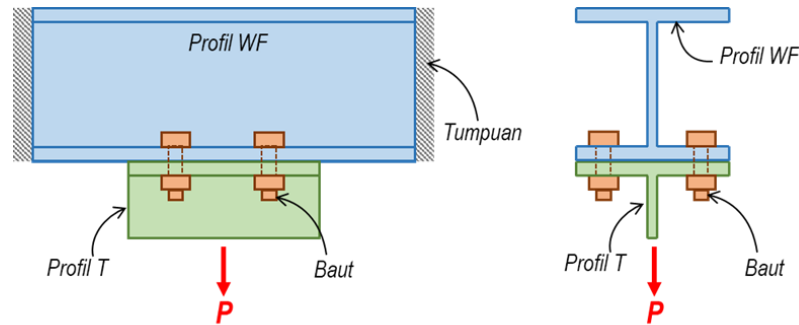
Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. Melakukan pemodelan numerik sambungan balok WF dan pelat T menggunakan baut pratarik dengan variasi konfigurasi baut, tebal profil T, dan gaya pratarik
2. Menganalisis pengaruh konfigurasi baut, tebal profil T, dan gaya pratarik terhadap besarnya *prying action* yang dipikul oleh baut
3. Mengevaluasi persamaan *prying action* pada *AISC Steel Design Guide 17* berdasarkan hasil analisis metode elemen hingga

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada skripsi ini meliputi:

1. Sambungan yang ditinjau adalah sambungan baut antara profil T ke balok WF yang mengalami gaya tarik dengan konfigurasi sesuai Gambar 1.2.
2. Pemodelan dan analisis numerik menggunakan program ABAQUS.
3. Material baja profil WF dan profil T adalah BJ37 yang dimodelkan sebagai material elasto-plastis *strain hardening*.
4. Baut menggunakan mutu ASTM A325 yang dimodelkan sebagai material elasto-plastis *strain hardening*.
5. Elemen-elemen penyusun profil WF dan profil T dimodelkan menggunakan elemen *shell*.
6. Badan baut (*shank*) dimodelkan menggunakan elemen garis sedangkan area kepala baut dan mur dimodelkan dengan material rigid pada pelat yang disambung.
7. Parameter sambungan yang ditinjau mencakup: tebal pelat-pelat yang disambung (sesuai dimensi profil WF dan profil T menurut JIS G3192 *Metric Series*); jarak baut ke tepi; dan besar gaya pratarik baut.
8. Evaluasi pengaruh *prying action* dilakukan dengan meninjau total gaya tarik seluruh baut terhadap gaya tarik yang diberikan pada profil T, pada kondisi elastis dan inelastis.



Gambar 1. 2 Konfigurasi Sambungan

1.5 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan berdasarkan pada dua metode, yaitu:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan landasan teori dan gambaran proses penelitian. Studi pustaka dalam skripsi ini bersumber dari buku, jurnal, dan artikel.

2. Studi Analisis

Studi analisis menggunakan program ABAQUS untuk melakukan pemodelan numerik, serta program Smath dan Microsoft Excel untuk membantu perhitungan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut,

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Dasar Teori

Bab ini berisi dasar teori dan persyaratan yang digunakan sebagai acuan desain dan perhitungan

BAB 3 Desain dan Pemodelan

Bab ini berisi desain dan pemodelan sambungan pelat T dan balok WF menggunakan baut pratarik dan tanpa pratarik dengan variasi konfigurasi baut dan tebal profil T

BAB 4 Pembahasan Hasil Analisis

Bab ini berisi analisis metode elemen hingga dari model yang telah didesain menggunakan bantuan program ABAQUS

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis berdasarkan yang telah dilakukan

