

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS TEKUK TORSI LATERAL
ELASTIS BALOK BAJA PROFIL I DENGAN PELAT
PENUTUP DILAS PADA FLENS**



JERRY SUHENDRAWAN

NPM : 2014410037

PEMBIMBING : Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc.

KO-PEMBIMBING : Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

**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
JANUARI 2018**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS TEKUK TORSI LATERAL
ELASTIS BALOK BAJA PROFIL I DENGAN PELAT
PENUTUP DILAS PADA FLENS**



JERRY SUHENDRAWAN

NPM : 2014410037

BANDUNG, 3 JANUARI 2018

KO-PEMBIMBING

PEMBIMBING

Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc.

**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
JANUARI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Lengkap : Jerry Suhendrawan

NPM : 2014410037

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“STUDI ANALISIS TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS BALOK BAJA PROFIL I DENGAN PELAT PENUTUP DILAS PADA FLENS”** adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 3 Januari 2018



Jerry Suhendrawan

2014410037

STUDI ANALISIS TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS BALOK BAJA PROFIL I DENGAN PELAT PENUTUP DILAS PADA FLENS

Jerry Suhendrawan
NPM : 2014410037

Pembimbing : Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc.
Ko-Pembimbing : Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2018

ABSTRAK

Salah satu aplikasi rekayasa baja adalah balok IWF (*I-Wide Flange*) dengan pelat penutup. Salah satu batasan dalam mendesain suatu balok baja adalah tekuk torsi-lateral. Pada fenomena ini, ketika balok dibebani momen lentur pada sumbu kuat, maka pada satu nilai tertentu, balok akan mengalami deformasi lateral yang disertai dengan torsi. Nilai dari momen lentur tersebut disebut momen kritis. Spesifikasi AISC menyediakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung momen kritis, tetapi hanya untuk balok dengan asumsi flens balok menyatu dengan pelat penutup. Untuk pelat penutup yang hanya dilas pada flens balok, belum ada verifikasi yang jelas apakah ketidak-lekatan tersebut mempengaruhi besarnya momen kritis.

Studi ini membahas tekuk torsi lateral pada balok IWF dengan pelat penutup bila dianggap flens balok menyatu dengan pelat penutup dan dianggap hanya lekat pada bagian las. Analisis model dilakukan berdasarkan metode elemen hingga dengan bantuan program ADINA V9.2. Pembebanan meliputi momen ujung dan beban terpusat di tengah bentang untuk kondisi kelengkungan tunggal. Data yang digunakan adalah respons tekuk linear dan keruntuhan.

Besarnya momen kritis balok berdasarkan analisis tekuk linear terkontrol maksimum 7% dibandingkan dengan besarnya momen kritis balok dengan dimensi yang sama yang dihitung menggunakan persamaan AISC. Dari studi ini, persamaan AISC dapat digunakan untuk menghitung besarnya momen kritis balok IWF yang diperkuat dengan pelat penutup bila materialnya dianggap elastis. Bila material baja dianggap nonlinear masih belum ada pembuktian apakah ketidak-lekatan tersebut mempengaruhi momen kritis atau tidak.

Kata kunci : Tekuk Torsi-lateral, Balok IWF, Momen Kritis, Pelat Penutup, Analisis Stabilitas Elastik, Elastoplastis, Analisis Keruntuhan

BUCKLING ANALYSIS ON WIDE FLANGE STEEL SECTION WITH WELDED COVER PLATES

Jerry Suhendrawan
NPM : 2014410037

Advisor : Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc.
Co-Advisor : Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
(Accredited by SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARY 2018

ABSTRACT

One of the steel engineering applications is IWF (I-Wide Flange) beam reinforced with cover plate. One of the limit states is lateral torsional buckling. When a beam is subjected to bending moment about its strong axis at a certain value, the beam would be displaced laterally and accompanied by torsion. The value of the bending moment limit is called critical moment. AISC specification only provides formulas for calculating the critical moment, but only for beams with the assumption of merging with the cover plate. For the cover plate that is only welded on the beam flange, there is no clear verification whether it has any effect on the magnitude of the critical moment.

This study will discuss the lateral torsional buckling of IWF beams reinforced with cover plates when the flange is assumed to coincide with the cover plate and is considered only attached to the welding section. The methodology of this study is using finite element method, and analyzed by ADINA 9.2. The loading include the end moments and loads centered in the middle of the span for single curvature conditions. The data used is the response of linear buckling and collapse.

The difference between critical moment of beams obtained from linear buckling analysis and critical moment of beams with the same dimension calculated by using AISC formula is up to 7%. From this study, the AISC equation can be used to calculate the magnitude moment of the IWF beam reinforced by the cover plate if the material is assumed elastic. If the steel material is considered nonlinear there is still no evidence whether it affects the critical moment or not.

Keywords : Lateral-torsional Buckling, IWF Beam, Critical Moment, Cover Plate, Elastic Stability Analysis, Elastoplastic, Collapse Analysis.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Analisis Tekuk Torsi Lateral Elastis Balok Baja Profil I dengan Pelat Penutup dilas pada Flens”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak hambatan yang dihadapi penulis, tetapi berkat saran, kritik, serta dorongan dan semangat dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., M.Sc. selaku dosen pembimbing dalam pembuatan skripsi ini yang telah membimbing penulis hingga skripsi ini selesai.
2. Ibu Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. selaku dosen ko-pembimbing dalam pembuatan skripsi ini yang telah membimbing penulis hingga skripsi ini selesai.
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis.
4. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis.
5. Ibu Dr.-Ing Dina Rubiana Widarda selaku dosen yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis.
6. Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis.
7. Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis.
8. Sandi Kwani dan Adrian Wahyudi sebagai kakak kelas yang membimbing dalam penyusunan skripsi.
9. Lili, Ronny, Nico, Adi, Robby, yang telah menemani dan memberikan waktunya untuk penulis selama berada di Universitas Katolik Parahyangan

10. Orang tua, kakak, dan adik penulis yang telah memberi dukungan dan mendoakan penulis dengan penuh kasih sayang dan kesabaran.
11. Teman-teman Sipil UNPAR 2014 dan KMB Parahyangan serta Evelyn yang telah memberi semangat kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.
12. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusi dalam pembuatan skripsi

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan terdapatnya segala masukan dan saran yang dapat berguna untuk melengkapi skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandung, Januari 2018



Jerry Suhendrawan

2014410037

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Tujuan Penulisan	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-4
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Material Baja	2-1
2.2 Rasio Poisson	2-2
2.3 Perilaku Balok I	2-2
2.4 Penampang Kompak, non Kompak, dan Langsing	2-4
2.5 Tekuk Torsi-Lateral Elastik dan Inelastik	2-4
2.6 Faktor Modifikasi Momen Tak Seragam	2-7
2.7 Analisis Tekuk	2-7
2.8 <i>Cover Plate</i>	2-8
2.9 Sambungan pada Struktur Baja	2-10
2.9.1 Sambungan Las	2-11
2.10 Metode Elemen Hingga	2-13
2.10.1 Titik Nodal	2-14
2.10.2 Elemen 3D- <i>Solid</i>	2-15
2.10.3 Diskretisasi	2-20
BAB 3 PEMODELAN ELEMEN HINGGA	3-1
3.1 Pemodelan Elemen Hingga	3-1
3.1.1 Geometri Model	3-1

3.1.2	Pemodelan Material	3-8
3.1.3	Fitur <i>Glue Meshing</i> dalam Program ADINA	3-8
3.1.4	Pemodelan <i>Glue Meshing</i> untuk Analisis Tekuk Linear	3-12
3.2	Pemodelan Pembebanan	3-14
3.3	Pemodelan Perletakan (Kondisi Batas / <i>Boundary Condition</i> / <i>Fixities</i>)	3-15
3.4	Perbedaan Mendasar Pemodelan Pelat Penutup Lekat Sempurna dengan Pelat Penutup Tidak Lekat Sempurna	3-17
3.4.1	Pemodelan Pelat Penutup Lekat Sempurna	3-17
3.4.2	Pemodelan Pelat Penutup Tidak Lekat Sempurna	3-17
BAB 4	ANALISIS DAN HASIL PEMODELAN	4-1
4.1	Verifikasi Hasil Perhitungan Elemen Hingga Tiga Dimensi dengan AISC	4-1
4.2	Perbandingan Hasil Perhitungan Elemen Hingga	4-4
4.2.1	Perbandingan Hasil Perhitungan Elemen Hingga Menggunakan Fitur <i>Glue</i> pada program ADINA (Lekat Sempurna), Hasil Perhitungan Elemen Hingga Tanpa Menggunakan Fitur <i>Glue</i> pada program ADINA (Lekat Sempurna), dan Hasil Perhitungan Persamaan AISC	4-4
4.2.2	Perbandingan Hasil Perhitungan Elemen Hingga Menggunakan Fitur <i>Glue</i> pada program ADINA (Tidak Lekat Sempurna) dan Hasil Perhitungan Elemen Hingga Tanpa Menggunakan Fitur <i>Glue</i> pada program ADINA (Tidak Lekat Sempurna)	4-7
4.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Elemen Hingga Menggunakan Fitur <i>Glue</i> pada Program ADINA untuk <i>Cover Plate</i> Lekat Sempurna dan Hasil Perhitungan Persamaan AISC untuk <i>Cover Plate</i> Lekat Sempurna.	4-11
4.4	Hasil Analisis Tekuk Linear Akibat Beban Momen Seragam pada Balok yang diperkuat Pelat Penutup (Tidak Lekat Sempurna)	4-12
4.5	Perhitungan Nilai Momen Kritis berdasarkan Analisis Keruntuhan Akibat Beban Momen Seragam	4-15
4.5.1	Hasil Analisis Keruntuhan Lekat Sempurna	4-16
4.5.2	Hasil Analisis Keruntuhan Tidak Lekat Sempurna	4-24
4.6	Pembahasan Respons Beban Momen Seragam	4-31
4.7	Hasil Analisis Tekuk Linear Akibat Beban Terpusat di Tengah Bentang pada Balok yang diperkuat Pelat Penutup	4-33
4.8	Perhitungan Nilai Momen Kritis berdasarkan Analisis Keruntuhan Akibat Beban Terpusat di Tengah Bentang	4-34
4.8.1	Hasil Analisis Keruntuhan Lekat Sempurna	4-35

4.8.2	Hasil Analisis Keruntuhan Tidak Lekat Sempurna	4-41
4.9	Pembahasan Respons Beban Terpusat di Tengah Bentang	4-47
4.10	Ringkasan (<i>Summary</i>) Analisis yang dilakukan pada Model Balok Baja I dengan Pelat Penutup dilas pada Flens	4-48
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xvii

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas penampang
C_b	= Faktor modifikasi untuk momen tak seragam
C_w	= Konstanta pilin
F_e	= Tegangan tekuk elastis
E	= Modulus elastisitas
ϵ	= Regangan
F	= Gaya
F_{cr}	= Tegangan kritis
P_n	= Gaya nominal
f_d	= Tegangan leleh maksimum yang terjadi.
F_y	= Tegangan leleh
L	= Panjang bentang
G	= Modulus geser
h_0	= Tinggi total penampang, jarak antar pusat berat flens
I	= Momen inersia
I_x	= Momen inersia terhadap sumbu kuat penampang
I_y	= Momen inersia terhadap sumbu lemah penampang
J	= Konstanta torsi
L_b	= Panjang bentang tak tertumpu secara lateral
L_p	= Batas tekuk torsi-lateral inelastis dan kegagalan akibat kelelahan
L_r	= Batas panjang antara tekuk torsi-lateral elastis dan inelastis
M_{cr}	= Momen kritis
M_{max}	= Nilai absolut momen maximum di sepanjang bentang
M_p	= Momen plastis
P_{cr}	= Beban kritis
P_u	= Gaya ultimate
M_p	= Momen plastis penampang
r_{ts}	= Radius girasi efektif
S_x	= Modulus penampang terhadap sumbu kuat
S_y	= Modulus penampang terhadap sumbu lemah
Z_x	= Modulus plastis penampang terhadap sumbu kuat
Z_y	= Modulus plastis penampang terhadap sumbu lemah
λ	= Rasio lebar dan tebal tiap elemen
λ_p	= Batas rasio lebar dan tebal antara penampang kompak dan non- kompak
λ_r	= Batas rasio lebar dan tebal antara penampang non-kompak dan langsing

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Balok IWF dengan pelat penutup lebih lebar daripada flens	1-1
Gambar 1.2	Balok IWF dengan pelat penutup lebih pendek daripada flens	1-2
Gambar 2.1	Diagram <i>stress-strain</i> pada material baja yang berbeda	2-2
Gambar 2.2	Grafik perilaku balok baja I	2-3
Gambar 2.3	Persyaratan deformasi dalam pembentukan kekuatan plastis	2-3
Gambar 2.4	Batas momen nominal pada tekuk torsi lateral	2-5
Gambar 2.5	Fenomena tekuk torsi lateral	2-6
Gambar 2.6	Distribusi tegangan lentur berdasarkan teori stabilitas elastis	2-8
Gambar 2.7	Berbagai jenis pengunci	2-11
Gambar 2.8	Berbagai jenis sambungan las	2-12
Gambar 2.9	Berbagai jenis tipe las	2-12
Gambar 2.10	Elemen-elemen Kecil yang Membentuk Struktur Sebenarnya	2-14
Gambar 2.11	Titik nodal pada salah satu elemen struktur	2-14
Gambar 2.12	Tipe-tipe pemodelan elemen 3D- <i>solid</i>	2-15
Gambar 2.13	(a) Tegangan pada kondisi 3 dimensi	2-16
Gambar 2.14	Elemen 3 Dimensi dengan 8 titik nodal dengan 3 derajat kebebasan per nodal	2-16
Gambar 2.15	Elemen 3 dimensi dengan 27 titik nodal	2-17
Gambar 2.16	<i>Trilinear Hexahedron</i>	2-18
Gambar 2.17	Fungsi interpolasi elemen 3 dimensi dengan 8 sampai 20 titik nodal	2-19
Gambar 2.18	<i>Triangular Elements</i>	2-19
Gambar 2.19	Model yang telah dilakukan diskretisasi (pembagian elemen)	2-20
Gambar 3.1	<i>Mesh density</i> untuk setiap bagian (1)	3-4
Gambar 3.2	<i>Mesh density</i> untuk setiap bagian (2)	3-5
Gambar 3.3	<i>Mesh density</i> untuk setiap bagian (3)	3-5
Gambar 3.4	<i>Mesh density</i> untuk setiap bagian (4)	3-6
Gambar 3.5	Dua diskretisasi berbeda yang direkatkan menggunakan fasilitas <i>glue meshing</i>	3-9
Gambar 3.6	Jarak antarpermukaan yang dilem	3-10

Gambar 3.7 Permukaan <i>master</i> dan permukaan <i>slave</i>	3-10
Gambar 3.8 Titik nodal pada permukaan <i>slave</i> tidak bisa menjadi titik nodal pada permukaan <i>master</i>	3-11
Gambar 3.9 Sudut tajam pada <i>glue meshing</i>	3-11
Gambar 3.10 <i>Glue meshing</i> pada balok IWF dengan pelat penutup lebih lebar daripada flens	3-13
Gambar 3.11 <i>Glue meshing</i> pada balok IWF dengan pelat penutup lebih pendek daripada flens	3-13
Gambar 3.12 Pemodelan beban momen seragam sepanjang bentang	3-14
Gambar 3.13 Pemodelan beban terpusat di tengah bentang	3-15
Gambar 3.14 Pemodelan peletakan tumpuan ujung	3-16
Gambar 3.15 Pemodelan penampang melintang pelat penutup lekat sempurna	3-17
Gambar 3.16 Pemodelan penampang melintang pelat penutup tidak lekat sempurna	3-18
Gambar 4.1 Model profil I 400x200 Lb = 8 m sebelum dianalisis	4-2
Gambar 4.2 Model profil I 400x200 Lb = 8 m setelah analisis tekuk linear (kiri) dan setelah analisis keruntuhan (kanan)	4-2
Gambar 4.3 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis setelah analisis keruntuhan	4-3
Subbab 4.1 akibat beban momen seragam	4-3
Gambar 4.4 Pemodelan menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> lekat sempurna	4-5
Gambar 4.5 Pemodelan tanpa menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> lekat sempurna	4-5
Gambar 4.6 Ragam tekuk pertama menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk pelat penutup lekat sempurna akibat beban momen seragam	4-6
Gambar 4.7 Ragam tekuk pertama tanpa menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk pelat penutup lekat sempurna akibat beban momen seragam	4-6
Gambar 4.8 Penampang melintang pemodelan menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> tidak lekat sempurna	4-8
Gambar 4.9 Penampang melintang pemodelan tanpa menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> tidak lekat sempurna	4-9

Gambar 4.10 Ragam tekuk pertama menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> tidak lekat sempurna akibat beban momen seragam	4-9
Gambar 4.11 Ragam tekuk pertama tanpa menggunakan fitur <i>glue</i> pada program ADINA untuk <i>cover plate</i> tidak lekat sempurna akibat beban momen seragam	4-10
Gambar 4.12 Ragam tekuk pertama model 36	4-13
Gambar 4.13 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 65, 66, 67, 68	4-16
Gambar 4.14 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 69, 70, 71, 72	4-17
Gambar 4.15 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 73, 74, 75, 76	4-17
Gambar 4.16 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 77, 78, 79, 80	4-18
Gambar 4.17 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 81, 82, 83, 84	4-18
Gambar 4.18 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 85, 86, 87, 88	4-19
Gambar 4.19 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 89, 90, 91, 92	4-19
Gambar 4.20 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 93, 94, 95, 96	4-20
Gambar 4.21 Ragam tekuk pertama analisis keruntuhan model 84	4-23
Gambar 4.22 <i>Output</i> analisis keruntuhan model 85	4-23
Gambar 4.23 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 97, 98, 99, 100	4-24
Gambar 4.24 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 101, 102, 103, 104	4-24
Gambar 4.25 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 105, 106, 107, 108	4-25
Gambar 4.26 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 109, 110, 111, 112	4-25

Gambar 4.27 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 113, 114, 115, 116	4-26
Gambar 4.28 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 117, 118, 119, 120	4-26
Gambar 4.29 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 121, 122, 123, 124	4-27
Gambar 4.30 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 125, 126, 127, 128	4-27
Gambar 4.31 Ragam tekuk pertama analisis keruntuhan model 97	4-30
Gambar 4.32 Ragam tekuk pertama analisis keruntuhan model 128	4-30
Gambar 4.33 Kegagalan karena kelelahan lokal model 106	4-31
Gambar 4.34 Kegagalan karena tekuk torsi-lateral model 109	4-31
Gambar 4.35 Ukuran diskretisasi yang diperlukan	4-32
Gambar 4.36 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 129, 130, 131, 132	4-35
Gambar 4.37 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 133, 134, 135, 136	4-36
Gambar 4.38 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 137, 138, 139, 140	4-36
Gambar 4.39 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 145, 146, 147, 148	4-37
Gambar 4.40 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 141, 142, 143, 144	4-37
Gambar 4.41 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 149, 150, 151, 152	4-38
Gambar 4.42 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 153, 154, 155, 156	4-38
Gambar 4.43 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 157, 158, 159, 160	4-39
Gambar 4.44 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 161, 162, 163, 164	4-41

Gambar 4.45 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 165, 166, 167, 168	4-42
Gambar 4.46 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 169, 170, 171, 172	4-42
Gambar 4.47 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 173, 174, 175, 176	4-43
Gambar 4.48 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 177, 178, 179, 180	4-43
Gambar 4.49 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 181, 182, 183, 184	4-44
Gambar 4.50 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 185, 186, 187, 188	4-44
Gambar 4.51 Peralihan lateral di tengah bentang vs momen kritis model 189, 190, 191, 192	4-45
Gambar 4.52 Output analisis keruntuhan model 160	4-47
Gambar 4.53 Output analisis keruntuhan model 164	4-47
Gambar 4.54 Ringkasan analisis yang dilakukan pada model balok baja I dengan pelat penutup dilas pada flens	4-49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel tipe baja berdasarkan material penyusun	2-1
Tabel 2.2 Persyaratan rasio lebar terhadap ketebalan (b/t) elemen tekan	2-10
Tabel 3.1 Variasi profil I, panjang tak tertumpu balok, tebal pelat penutup, dan lebar pelat penutup (1)	3-2
Tabel 3.2 Variasi profil I, panjang tak tertumpu balok, tebal pelat penutup, dan lebar pelat penutup (2)	3-3
Tabel 3.3 Verifikasi diskretisasi 100 bagian dan 600 bagian	3-7
Tabel 3.4 Keterangan simbol tahanan tumpuan	3-16
Tabel 4.1 Momen kritis berdasarkan AISC, analisis tekuk linear, dan analisis keruntuhan profil I akibat beban momen seragam	4-3
Tabel 4.2 Momen kritis AISC vs tekuk linear lekat sempurna (tanpa las) akibat beban momen seragam model 1 - 16	4-11
Tabel 4.3 Momen kritis AISC vs tekuk linear lekat sempurna (tanpa las) akibat beban momen seragam model 17 - 32	4-12
Tabel 4.4 Momen kritis AISC vs tekuk linear tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban momen seragam model 33 - 48	4-14
Tabel 4.5 Momen kritis AISC vs tekuk linear tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban momen seragam model 49 - 64	4-14
Tabel 4.6 Momen kritis AISC vs keruntuhan lekat sempurna (tanpa las) akibat beban momen seragam model 65 – 80.	4-21
Tabel 4.7 Momen kritis AISC vs keruntuhan lekat sempurna (tanpa las) akibat beban momen seragam model 81 – 96	4-22
Tabel 4.8 Momen kritis AISC vs keruntuhan tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban momen seragam model 97 - 112	4-28
Tabel 4.9 Momen kritis AISC vs keruntuhan tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban momen seragam model 113 - 128	4-29
Tabel 4.10 Momen kritis AISC/SNI dengan analisis tekuk linear akibat beban terpusat	4-33
Tabel 4.11 Momen kritis AISC vs keruntuhan lekat sempurna (tanpa las) akibat beban terpusat di tengah bentang model 129 - 144	4-39

Tabel 4.12 Momen kritis AISC vs keruntuhan lekat sempurna (tanpa las) akibat beban terpusat di tengah bentang model 145 - 160 4-40

Tabel 4.13 Momen kritis AISC vs keruntuhan tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban terpusat di tengah bentang model 161 - 176 4-45

Tabel 4.14 Momen kritis AISC vs keruntuhan tidak lekat sempurna (dengan las) akibat beban terpusat di tengah bentang model 177 - 192 4-46

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan Model 2.....	L1-1
LAMPIRAN 2 Perhitungan Model 32.....	L2-1
LAMPIRAN 3 Perhitungan Model 41.....	L3-1
LAMPIRAN 4 Perhitungan Model 55.....	L4-1
LAMPIRAN 5 Perhitungan profil IWF400x200 dengan $L_b = 8$ m.....	L5-1
LAMPIRAN 6 Tabel Perbedaan Lekat Sempurna dan Tidak Lekat Sempurna	L6-1

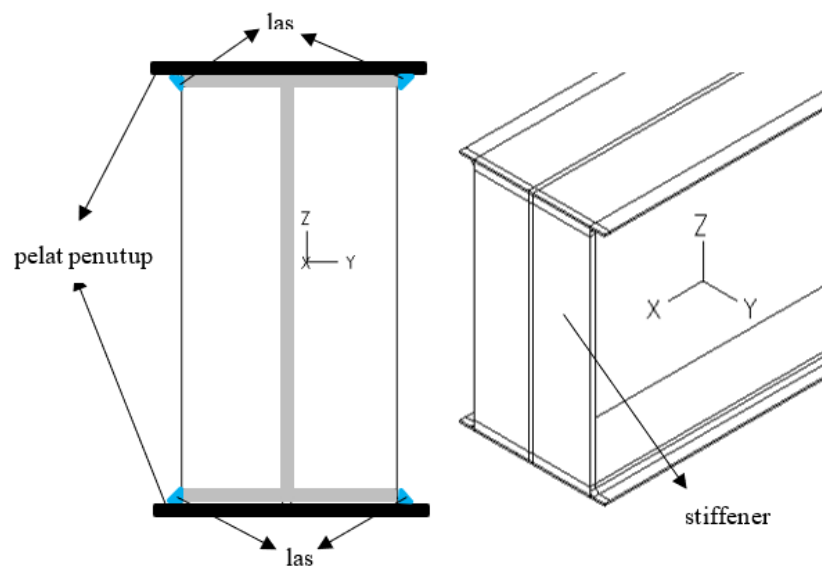
BAB 1

PENDAHULUAN

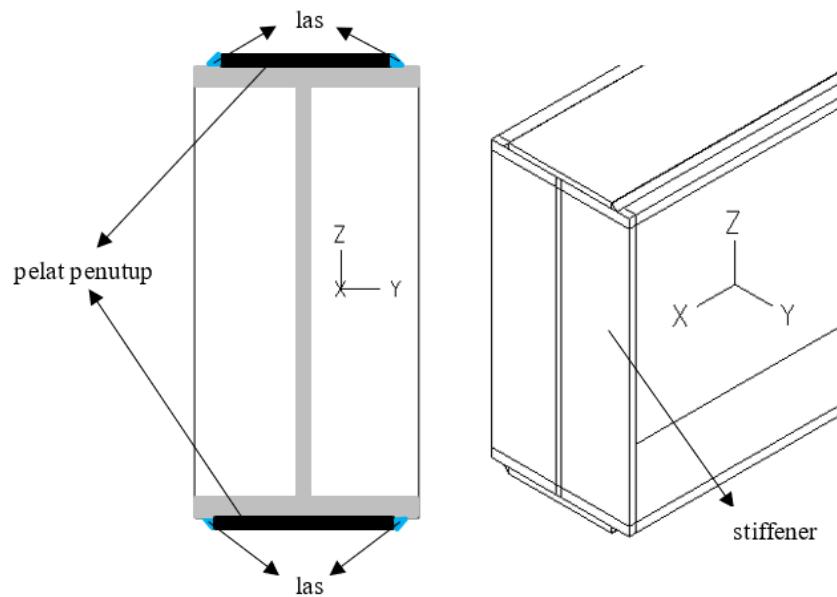
1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, struktur baja semakin sering digunakan untuk membangun suatu struktur gedung bertingkat. Hal ini disebabkan oleh kelebihan dari struktur baja dibanding struktur lain, yaitu ada kemungkinan untuk mempercepat proses konstruksi karena pengerjaannya dapat dilaksanakan *off-site* (pre-fabrikasi). Selain itu, baja mempunyai kuat tarik yang tinggi, tidak memiliki masalah dengan rayap, dapat digunakan untuk struktur dengan bentang panjang, dan mutu baja dapat terkontrol dengan baik karena pembuatannya dilakukan di pabrik. Hal-hal tersebut yang membuat struktur baja semakin digemari di pasaran.

Dalam perencanaan balok baja terdapat beberapa rekayasa untuk memperkuat balok. Salah satu aplikasi rekayasa baja adalah balok IWF (*I-Wide Flange*) yang diperkuat dengan *cover plate*. Menurut AISC (*American Institute of Steel Construction*), *cover plate* atau pelat penutup adalah pelat yang dilas atau dibaut ke flens balok atau kolom baja untuk meningkatkan luas penampang, modulus penampang, dan momen inersia. Balok IWF yang diperkuat dengan *cover plate* diperlihatkan pada **Gambar 1.1**. Variasi lain balok IWF yang diperkuat dengan *cover plate* diilustrasikan pada **Gambar 1.2**



Gambar 1.1 Balok IWF dengan pelat penutup lebih lebar daripada flens



Gambar 1.2 Balok IWF dengan pelat penutup lebih pendek daripada flens

Untuk suatu balok dengan *cover plate* dalam analisis biasanya dianggap *cover plate* dan flens itu lekat sempurna, yang berarti bahwa seluruh bagian dari *cover plate* yang kontak dengan flens melekat sepenuhnya. Namun dalam kasus nyata, *cover plate* tidak sepenuhnya melekat pada flens, hanya pada bagian pinggir dari *cover plate* yang di las pada flens. Hal ini menimbulkan pertanyaan apakah tidak lekatnya itu akan memberikan pengaruh pada kekuatan. Salah satu kriteria desain baja adalah kekuatan menahan momen pada sumbu kuat. Momen pada sumbu kuat yang melebihi momen kritis elastis dapat menyebabkan terjadinya tekuk torsi-lateral. Tekuk torsi-lateral adalah ragam tekuk pada balok dimana balok mengalami perpindahan keluar bidang lentur yang disertai dengan puntiran terhadap pusat geser penampang (AISC 2010). Memuntir adalah ketika sebuah penampang mengalami putaran yang berlawanan arah pada sumbu putarnya yaitu sumbu longitudinal. Memutar adalah ketika sebuah penampang berputar bersamaan dengan arah yang sama pada sumbu putarnya. Sejauh ini, belum banyak penelitian yang membahas apakah tidak lekatnya antara *cover plate* dan flens akan mempengaruhi momen kritis atau tidak. Selain itu antara pelat-pelat yang digunakan, AISC tidak banyak memberi petunjuk tentang *cover plate*. Hal ini disebabkan karena persamaan yang ada belum memperlihatkan studi tentang tidak lekat sepenuhnya *cover plate* dengan flens.

Momen kritis elastis sangat penting untuk mengetahui kemampuan balok dalam mendukung kekuatan tekuk torsi-lateral. Salah satu cara pengecekan kekuatan menahan tekuk torsi-lateral adalah dengan analisis tekuk linear (*linear buckling analysis*). Sehingga dengan melakukan analisis tekuk linear dapat diketahui momen kritis elastis. Untuk mengetahui apakah tidak lekat sempurna antara *cover plate* dengan flens akan mempengaruhi momen kritis elastis atau tidak, solusinya adalah dengan melakukan analisis tekuk linear berbasis analisis metode elemen hingga pada model.

Dalam skripsi ini akan dibahas bagaimana pengaruh balok IWF yang diperkuat dengan *cover plate* terhadap momen kritis bila dianggap sebagai lekat sempurna dan dianggap hanya lekat pada bagian las. Analisis model akan dilaksanakan dengan Metode Elemen Hingga dengan bantuan program ADINA versi 9.2.

1.2 Inti Permasalahan

Perlu dipelajari apakah tidak lekatnya bidang kontak antara flens dan *cover plate* mempunyai pengaruh pada momen kritis elastis balok, bila dianggap sebagai lekat sempurna maupun dianggap tidak lekat sempurna.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengetahui besarnya momen kritis pada model struktur balok yang terbuat dari kombinasi profil IWF dan *cover plate* berdasarkan respons yang ditinjau terhadap momen seragam dan beban terpusat di tengah bentang.
2. Mengetahui pengaruh ketidakmonolitan antara flens balok dengan *cover-plate* yang disambung dengan las terhadap momen kritis.
3. Mengevaluasi persamaan yang menganggap flens balok dan *cover plate* lekat sempurna. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan AISC.

1.4 Pembatasan Masalah

Pada skripsi ini, permasalahan dibatasi pada :

1. Struktur yang ditinjau adalah balok dengan material baja dengan anggapan homogen, isotropik, dan elastik.
2. Ujung-ujung balok ditumpu sederhana (sendi-rol). Pada ujung-ujung balok, rotasi puntir ditahan namun *warping* dapat terjadi.
3. Balok yang ditinjau memiliki bentuk penampang I *doubly symmetric*.
4. Penampang bersifat kompak.
5. Pada pemodelan elemen hingga, balok IWF dan *cover plate* akan disambung menggunakan las.
6. Desain sambungan las tidak dibahas dalam skripsi ini.
7. Balok menerima beban momen seragam atau beban terpusat di tengah bentang. Beban ini dianggap bekerja pada pusat geser.
8. Analisis tekuk dilakukan dengan metode elemen hingga yang dibantu program ADINA.
9. Tegangan leleh pada model dalam skripsi ini adalah 250 MPa.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini adalah:

- a. Melakukan studi literatur dari buku teks dan makalah ilmiah.
Studi literatur dilakukan dengan menggunakan buku-buku rujukan dan makalah ilmiah sebagai acuan persamaan dan dasar teori yang akan dibahas. Melakukan kajian dari beberapa literatur untuk mendapatkan konsep-konsep yang diperlukan dalam mendukung analisis yang dilakukan
- b. Analisis tekuk elastis dengan menggunakan metode elemen hingga untuk berbagai parameter.
Analisis tekuk dilakukan berdasarkan teori stabilitas elastis. Analisis tekuk berbasis metode elemen hingga digunakan dengan memanfaatkan program ADINA 9.2 sebagai alat bantu komputasi studi analisis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab yang disusun sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

Bab II Studi Pustaka yang berisi dasar teori yang menjadi landasan dalam penyusunan skripsi ini, meliputi material baja, rasio poisson, perilaku umum balok I, kekompakan penampang, tekuk torsi-lateral elastis dan inelastis, *cover plate*, analisis tekuk, sambungan las, metode elemen hingga, elemen *3D-solid*, dan teori lain yang mendukung.

Bab III Pemodelan Elemen Hingga yang berisi tentang cara-cara pemodelan dengan menggunakan elemen *3D-solid* di mana pada bab ini akan dibahas mengenai data balok yang dimodelkan, pembebanan, dan prosedur analisis yang digunakan menggunakan elemen hingga dengan bantuan program ADINA 9.2.

Bab IV Analisis dan Hasil Pemodelan yang berisikan analisis yang dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan momen kritis menggunakan metode elemen hingga dengan hasil persamaan AISC, serta mengevaluasi hasil persamaan AISC dalam menentukan momen kritis balok IWF yang diperkuat dengan *cover plate*.

Bab V Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dan saran mengenai materi yang telah dibahas pada bab sebelumnya