

**SKRIPSI**

**STUDI TEKUK TORSI-LATERAL BALOK BAJA  
PROFIL I KANTILEVER DENGAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS KERUNTUHAN**



**EVELYN AGUSTINE ANGGRAENI  
NPM : 2015410080**

**PEMBIMBING: Dr. Paulus Karta Wijaya**

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

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

SKRIPSI

**STUDI TEKUK TORSI-LATERAL BALOK BAJA  
PROFIL I KANTILEVER DENGAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS KERUNTUHAN**



**EVELYN AGUSTINE ANGGRAENI**  
NPM : 2015410080

**BANDUNG, 7 JANUARI 2019**

**KO-PEMBIMBING:**

**PEMBIMBING:**

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

**Dr. Paulus Karta Wijaya**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VI/2018)  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2019**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Evelyn Agustine Anggraeni

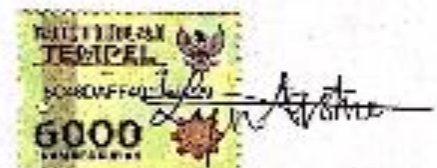
NPM : 2015410080

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: "STUDI TEKUK TORSI-LATERAL BALOK BAJA PROFIL I KANTILEVER DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN" adalah benar-benar karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari ditemukan plagiarisme dalam 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.

Bandung, Januari 2019

Evelyn Agustine Anggraeni



2015410080

# **STUDI TEKUK TORSI-LATERAL BALOK BAJA PROFIL I KANTILEVER DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN**

**Evelyn Agustine Anggraeni  
NPM: 2015410080**

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

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

## **ABSTRAK**

Dalam desain elemen balok baja pada sebuah struktur terdapat fenomena yang disebut tekuk torsi-lateral. Tekuk torsi-lateral dapat terjadi saat balok mengalami momen lentur sampai nilai tertentu, kemudian balok mengalami perpindahan lateral keluar bidang lenturnya. Momen lentur saat balok mengalami tekuk keluar bidang tersebut disebut momen kritis. Spesifikasi AISC (2016) menyediakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung momen kritis, tetapi untuk balok diatas dua tumpuan. Untuk balok kantilever, AISC menggunakan persamaan yang sama dengan mengambil nilai  $C_b$  sebesar satu. Untuk balok kantilever, Dowswell (2002) telah memberikan persamaan momen kritis dengan tiga koefisien, yaitu  $C_L$  adalah koefisien distribusi momen,  $C_H$  adalah koefisien tinggi beban dan  $C_B$  adalah koefisien breising. Tetapi, persamaan dari Dowswell dihitung berdasarkan analisis momen kritis elastis. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai momen kritis dengan menggunakan analisis keruntuhan. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga, dengan program ADINA v9.3.3. Pada analisis keruntuhan diperhitungkan pengaruh dari tegangan sisa dan adanya ketidaksempurnaan awal. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah momen kritis yang diperoleh dari persamaan Dowswell tidak cocok untuk balok dengan bentang yang relatif pendek dan juga diperoleh persamaan baru untuk mencari momen kritis berdasarkan analisis keruntuhan.

Kata Kunci: Tekuk Torsi-Lateral, Momen Kritis, Balok Kantilever, Analisis Keruntuhan

# **STUDY OF LATERAL TORSIONAL BUCKLING OF STEEL I-BEAM CANTILEVER USING COLLAPSE ANALYSIS**

**Evelyn Agustine Anggraeni**  
**NPM: 2015410080**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited By SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**JANUARY 2019**

## **ABSTRACT**

In the design of steel beam elements in a structure there is a phenomenon called lateral-torsional buckling. Lateral-torsional buckling can occur when the beam experience a bending moment to some point until it suddenly displaced laterally outside the plane of bending. The bending moment at which the beam buckled laterally is called critical moment. AISC (2016) specification provide an equation that can used to calculate the critical moment, but only for simply supported beam. For cantilever beam, AISC use the same equation by taking the value of  $C_b$  is 1. For cantilever beam, Dowswell (2002) provide an equation for critical moment using three coefficient,  $C_L$  is a moment distribution coefficient,  $C_H$  is a load height coefficient and  $C_B$  is a bracing coefficient. But Dowswell's equation is calculated by elastic critical moment. The objective of this study is to find an equation to calculate the critical moment based on collapse analysis. The analysis was conducted using the finite element method, and performed by ADINA v9.3.3. In collapse analysis, the effect of residual stress and initial imperfection are taken into account. The conclusion that can be obtained from this study are the critical moment from Dowswell's equation are not valid for relatively short span beam and also obtained a new equation to find a critical moment based on collapse analysis

Keywords: Lateral-Torsional Buckling, Critical Moment, Cantilever Beam, Collapse Analysis

## **PRAKATA**

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Tekuk Torsi-Lateral Balok Baja Profil I Kantilever dengan Menggunakan Analisis Keruntuhan” Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

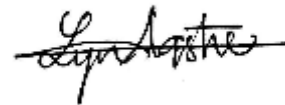
Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran dan bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan
2. Ibu Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc., selaku dosen ko-pembimbing yang telah membimbing dan membantu penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis
4. Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan masukan kepada penulis
5. Papah, Mamah, Andika dan Andre yang telah memberi doa, dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Papih, Mamih, Om Teqiau, Om Ilim dan seluruh keluarga yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung dan memberikan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

7. Lintang, Kelsen dan Nathan selaku teman seperjuangan penulis yang senantiasa berbagi ilmu dan memberi semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Angela, Edwin, Gilbert, Galdo dan Wandy selaku teman hura-hura selama menjalani perkuliahan di Teknik Sipil.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pihak yang membacanya.

Bandung, Januari 2019



Evelyn Agustine Anggraeni

2015410080

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1-1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-3
1.3    Tujuan Penelitian .....	1-4
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-4
1.5    Metode Penelitian .....	1-5
1.6    Sistematika Penulisan .....	1-6
<b>BAB 2 STUDI PUSTAKA</b> .....	<b>2-1</b>
2.1    Material Baja .....	2-1
2.2    Penampang Kompak, Non-Kompak dan Langsing .....	2-1
2.3    Tekuk Torsi Lateral .....	2-2
2.4    Tegangan Sisa .....	2-6
2.5 <i>Initial Geometrical Imperfection</i> .....	2-7
2.6 <i>Stress Strain Curve</i> .....	2-8
2.7    Metode Elemen Hingga .....	2-9
2.8    Analisis Tekuk Linear dan Analisis Keruntuhan .....	2-10
<b>BAB 3 PEMODELAN ELEMEN HINGGA</b> .....	<b>3-1</b>
3.1    Pendahuluan .....	3-1
3.2    Kondisi Pembebanan pada Balok .....	3-1
3.3    Pemodelan Elemen Hingga .....	3-1
3.4    Data Material .....	3-5
3.5    Pemodelan Tegangan Sisa .....	3-6



3.6	Pemodelan <i>Intial Imperfection</i> .....	3-8
3.7	Pemodelan Pembebanan .....	3-9
3.8	Pemodelan Perletakan .....	3-12
<b>BAB 4 ANALISA STUDI PARAMETER .....</b>		<b>4-1</b>
4.1	Analisis Hasil Perhitungan Elemen Hingga.....	4-1
4.1.1	Perbandingan Hasil Perhitungan Elemen Hingga dan Hasil Perhitungan Teoritis sebagai Verifikasi Metode yang Digunakan ..	4-1
4.2	Analisis Momen Kritis .....	4-3
4.2.1	Pembebanan Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser .....	4-4
4.2.2	Pembebanan Terpusat pada Ujung Bebas di Tengah Flens Atas...	4-11
4.2.3	Pembebanan Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser .....	4-16
4.2.4	Pembebanan Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas ....	4-23
4.3	Pengaruh Lokasi Pembebanan .....	4-28
4.4	Persamaan Momen Kritis Tekuk Torsi-Lateral.....	4-33
4.4.1	Beban Terpusat .....	4-33
4.4.2	Beban Merata .....	4-42
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>5-1</b>
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran.....	5-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR NOTASI

$A_o$	= luas awal
$C_b$	= faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata
$C_B$	= koefisien breising
$C_H$	= koefisien tinggi beban
$C_L$	= koefisien distribusi momen
$C_W$	= konstanta <i>warping</i>
$E$	= modulus elastisitas
$F$	= gaya
$F_u$	= tegangan ultimit baja
$F_y$	= tegangan leleh baja
$G$	= modulus geser baja
$I_y$	= momen inersia pada sumbu y
$J$	= konstanta torsi
$L_b$	= panjang bentang tak tertumpu secara lateral
$L_o$	= panjang awal
$L_p$	= batas panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas leleh
$L_r$	= batas panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis.
$M_{cr}$	= momen kritis
$\lambda$	= rasio lebar-tebal
$\lambda_r$	= batas atas untuk kategori non-kompak
$\lambda_p$	= batas atas untuk kategori kompak
$\sigma_T$	= <i>true stress</i>
$\epsilon_T$	= <i>true strain</i>
$\sigma$	= <i>engineering stress</i>
$\epsilon$	= <i>engineering strain</i>
$\Delta L$	= perubahan panjang

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Momen Nominal Tekuk Torsi-Lateral .....	1-2
Gambar 1.2 Balok Tumpuan Sendi-Rol dan Balok Tumpuan Jepit-Bebas .....	1-4
Gambar 1.3 Pembebanan pada Pusat Geser Penampang .....	1-5
Gambar 1.4 Pembebanan pada Flens Atas .....	1-5
Gambar 2.1 Momen Nominal Tekuk Torsi Lateral .....	2-2
Gambar 2.2 Pola Tegangan Sisa pada Flens dan Web .....	2-7
Gambar 2.3 Ketidaktepatan Awal Berdasarkan <i>Eigenmode</i> (Boissonnade dan Somja, 2012) .....	2-8
Gambar 2.4 Kurva Tegangan Regangan (Salmon Johnson, 2009) .....	2-9
Gambar 3.1 Arah Sumbu pada ADINA .....	3-2
Gambar 3.2 Model Pembagian Elemen Profil IWF 350x175x7x11 .....	3-3
Gambar 3.3 Model Pembagian Elemen Profil IWF 400x200x8x13 .....	3-4
Gambar 3.4 Model Pembagian Elemen Profil IWF 600x200x11x17 .....	3-5
Gambar 4.1 Contoh Ragam Tekuk Pertama pada <i>Linear Buckling</i> ADINA .....	4-2
Gambar 4.2 Tekuk Lokal pada Balok Profil IWF 400x200x8x13 pada Panjang 3m pada <i>linear buckling</i> .....	4-3
Gambar 4.3 Penentuan Beban Kritis pada <i>Load-Displacement Curve</i> .....	4-4
Gambar 4.4 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-5
Gambar 4.5 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang (2) .....	4-5
Gambar 4.6 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-6
Gambar 4.7 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang (2) .....	4-7
Gambar 4.8 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-8
Gambar 4.9 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang (2) .....	4-8

Gambar 4.10 Tekuk Lokal pada Balok Profil IWF 400x200x8x13 pada Beban Terpusat di Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang pada <i>Linear Buckling</i> .....	4-11
Gambar 4.11 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas .....	4-12
Gambar 4.12 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas .....	4-13
Gambar 4.13 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas .....	4-14
Gambar 4.14 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-17
Gambar 4.15 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang (2).....	4-18
Gambar 4.16 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-19
Gambar 4.17 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang (2).....	4-19
Gambar 4.18 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-20
Gambar 4.19 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang (2).....	4-21
Gambar 4.20 Grafik Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas .....	4-24
Gambar 4.21 Grafik Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas .....	4-25
Gambar 4.22 Grafik Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas .....	4-26
Gambar 4.23 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Terpusat pada Profil IWF 350x175x7x11.....	4-29

Gambar 4.24 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Merata pada Profil IWF 350x175x7x11 .....	4-29
Gambar 4.25 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Terpusat pada Profil IWF 400x200x8x13 .....	4-30
Gambar 4.26 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Merata pada Profil IWF 400x200x8x13 .....	4-31
Gambar 4.27 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Terpusat pada Profil IWF 600x200x11x17 .....	4-32
Gambar 4.28 Grafik Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Beban Merata pada Profil IWF 600x200x11x17 .....	4-32
Gambar 4.29 Pengaruh Pembebanan Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-33
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 350x175x7x11 pada Beban Terpusat di Pusat Geser Penampang .....	4-36
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 400x200x8x13 pada Beban Terpusat di Pusat Geser Penampang .....	4-36
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 600x200x11x17 pada Beban Terpusat di Pusat Geser Penampang .....	4-37
Gambar 4.33 Pengaruh Pembebanan Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas.....	4-38
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 350x175x7x11 pada Beban Terpusat di Flens Atas .....	4-41
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 400x200x8x13 pada Beban Terpusat di Flens Atas .....	4-41
Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 600x200x11x17 pada Beban Terpusat di Flens Atas .....	4-42
Gambar 4.37 Pengaruh Pembebanan Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-43

Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 350x175x7x11 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-46
Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 400x200x8x13 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-46
Gambar 4.40 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 600x200x11x17 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-47
Gambar 4.41 Pengaruh Pembebanan Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-48
Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 350x175x7x11 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-51
Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 400x200x8x13 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-51
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi Profil IWF 600x200x11x17 pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai $\gamma_2$ (sumber : tabel 6.3 pada buku <i>Theory of Elastic Stability</i> ).....	2-5
Tabel 3.1 Jumlah Elemen Arah Longitudinal .....	3-2
Tabel 3.2 Data <i>Engineering</i> dan <i>True Stress-Strain</i> .....	3-6
Tabel 3.3 Besar Ketidaktepatan Awal (mm).....	3-8
Tabel 4.1 Perbandingan Momen Kritis Timoshenko dan <i>Linear Buckling</i> ADINA .....	4-2
Tabel 4.2 Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-4
Tabel 4.3 Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-6
Tabel 4.4 Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-7
Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Momen Kritis Dowswell dan Momen Kritis Timoshenko .....	4-9
Tabel 4.6 Perbandingan Momen Kritis ADINA dan Momen kritis Dowswell pada Beban Terpusat di Ujung Bebas di Pusat Geser Penampang .....	4-10
Tabel 4.7 Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas.....	4-12
Tabel 4.8 Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas.....	4-13
Tabel 4.9 Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Terpusat pada Ujung Bebas di Flens Atas.....	4-13
Tabel 4.10 Perbandingan Momen Kritis ADINA, Dowswell dan AISC pada Beban Terpusat di Ujung Bebas di Flens Atas.....	4-15
Tabel 4.11 Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-17
Tabel 4.12 Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-18

Tabel 4.13 Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang .....	4-20
Tabel 4.14 Perbandingan Momen Kritis ADINA dan Momen Kritis Dowswell pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Pusat Geser Penampang	4-22
Tabel 4.15 Momen Kritis Profil IWF 350x175x7x11 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-23
Tabel 4.16 Momen Kritis Profil IWF 400x200x8x13 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-24
Tabel 4.17 Momen Kritis Profil IWF 600x200x11x17 untuk Beban Merata Sepanjang Bentang di Tengah Flens Atas.....	4-25
Tabel 4.18 Perbandingan Momen Kritis ADINA dan Momen Kritis Dowswell pada Beban Merata Sepanjang Bentang di Flens Atas .....	4-27
Tabel 4.19 Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Profil IWF 350x175x7x11.....	4-28
Tabel 4.20 Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Profil IWF 400x200x8x13.....	4-30
Tabel 4.21 Pengaruh Lokasi Pembebanan pada Profil IWF 600x200x11x17...	4-31
Tabel 4.22 Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi dan Collapse ADINA pada Beban Terpusat di Pusat Geser Penampang.....	4-34
Tabel 4.23 Perbandingan Momen Kritis dari Hasil Regresi pada Beban Terpusat di Pusat Geser.....	4-35
Tabel 4.24 Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi daan Collapse ADINA pada Beban Terpusat di Flens Atas.....	4-39
Tabel 4.25 Perbandingan Momen Kritis dari Hasil Regresi pada Beban Terpusat di Flens Atas.....	4-40
Tabel 4.26 Pebandingan Momen Kritis Hasil Regresi dan Collapse ADINA pada Beban Merata di Pusat Geser Penampang .....	4-44
Tabel 4.27 Perbandingan Momen Kritis dari Hasil Regresi pada Beban Merata di Pusat Geser.....	4-45
Tabel 4.28 Perbandingan Momen Kritis Hasil Regresi dan Collapse ADINA pada Beban Merata di Tengah Flens Atas .....	4-49
Tabel 4.29 Perbandingan Momen Kritis dari Hasil Regresi pada Beban Merata di Tengah Flens Atas.....	4-50



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan baja dalam bidang infrastruktur sekarang ini sudah semakin banyak digunakan. Hal ini dikarenakan penggunaan struktur baja memiliki kelebihan dibandingkan dengan struktur dengan material lainnya, antara lain struktur baja memiliki daktilitas yang tinggi sehingga lebih mampu menahan beban yang besar dengan dimensi penampang yang cukup efisien, kekuatan tidak terpengaruh banyak oleh perubahan cuaca seperti material kayu, memiliki kemudahan instalasi karena memungkinkan prefabrikasi elemen struktur dan dapat di daur ulang tanpa mengurangi karakteristik materialnya seperti kekuatan. Selain itu, karena elemen struktur dari baja dapat dibuat di pabrik, sehingga kualitasnya lebih terjamin.

Dalam desain elemen balok baja pada sebuah struktur terdapat fenomena yang disebut tekuk torsi-lateral, yang sangat penting untuk ditinjau pada saat melakukan perencanaan struktur. Tekuk torsi-lateral dapat terjadi saat balok mengalami momen lentur sampai nilai tertentu, kemudian balok mengalami perpindahan lateral keluar bidang lenturnya. Momen lentur saat balok mengalami tekuk keluar bidang tersebut disebut momen kritis. Besarnya momen kritis sangat dipengaruhi oleh panjang bentang tak terkekang.

Bila  $L_b \leq L_p$  maka tidak terjadi tekuk torsi-lateral

Bila  $L_p < L_b \leq L_r$  maka terjadi tekuk torsi-lateral inelastis

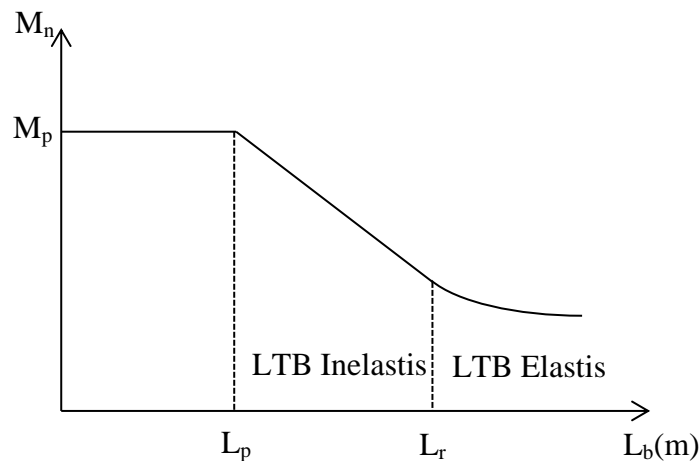
Bila  $L_b > L_r$  maka terjadi tekuk torsi-lateral elastis

Dimana :

$L_b$  = panjang bentang tak tertumpu secara lateral

$L_p$  = batas panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas leleh

$L_r$  = batas panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis.



**Gambar 1.1** Momen Nominal Tekuk Torsi-Lateral

Pada AISC, rumus yang digunakan untuk menghitung momen kritis pada balok kantilever dengan momen tidak seragam adalah dihitung sebagai :

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w} \quad (1.1)$$

Dimana :

$C_b$  = faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata

$L_b$  = panjang bentang tak tertumpu secara lateral

$E$  = modulus elastisitas

$I_y$  = momen inersia pada sumbu y

$G$  = modulus geser

$J$  = konstanta torsi

$C_w$  = konstanta *warping*

Rumus tersebut mengandung suatu faktor yang disebut faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak merata,  $C_b$ . Untuk kasus balok kantilever, AISC 360-16 mengatur nilai  $C_b$  diambil sama dengan 1. Hal ini berarti, nilai  $C_b$  yang digunakan sama dengan balok bertumpu sederhana dengan momen seragam. Padahal kondisi batas pada balok kantilever tidaklah sama dengan kondisi batas pada balok yang tertumpu sederhana dan balok kantilever tidak selalu mengalami momen seragam.

Pada buku *Guide to Stability Design Criteria 6<sup>th</sup> ed* terdapat rumus untuk menghitung besarnya nilai momen kritis pada balok kantilever yang mengacu pada *paper* yang ditulis oleh BO Dowswell sebagai berikut

$$M_{cr} = C_L C_B C_H \frac{\sqrt{EI_y GJ}}{L} \quad (1.2)$$

Dimana :

$C_L$  = koefisien distribusi momen

$C_B$  = koefisien breising

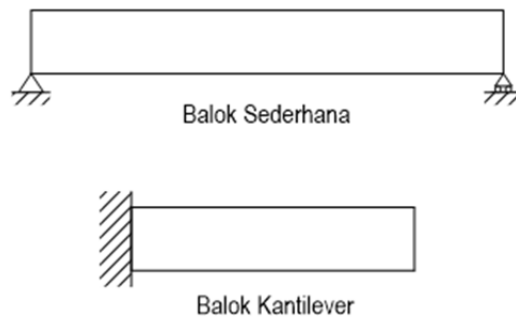
$C_H$  = koefisien tinggi beban

Yang dimaksud dengan koefisien distribusi momen adalah koefisien yang timbul akibat jenis pembebanannya. Pada *paper* Dowswell, jenis pembebanannya adalah pembebanan terpusat di ujung bebas dan beban merata sepanjang bentang balok. Untuk koefisien breising, maksudnya adalah koefisien yang timbul akibat adanya breising pada balok. Sedangkan untuk koefisien tinggi beban, maksudnya adalah koefisien untuk letak pembebanan. Pada *paper* Dowswell, letak pembebanannya dibagi menjadi tiga, yaitu pembebanan pada pusat geser penampang dan pada flens atas dan flens bawah.

Tetapi, analisis yang dilakukan oleh BO Dowswell dihitung berdasarkan tekuk elastik, dimana analisis dengan tekuk elastik tidak berlaku untuk balok dengan bentang pendek, sedangkan untuk balok kantilever pada umumnya memiliki bentang yang pendek.

## 1.2 Inti Permasalahan

Kondisi batas pada balok yang tertumpu sederhana tidaklah sama dengan kondisi batas pada balok kantilever. Pada balok yang tertumpu sederhana, rotasi puntir ditahan, tetapi *warping* dapat terjadi. Sedangkan pada balok kantilever, pada ujung yang ditumpu oleh jepit, rotasi puntir dan *warping* ditahan tetapi pada ujung bebas rotasi puntir dan *warping* dapat terjadi. Sehingga persamaan  $C_b$  untuk balok kantilever seharusnya berbeda dengan persamaan pada balok dengan dua tumpuan.



**Gambar 1.2** Balok Tumpuan Sendi-Rol dan Balok Tumpuan Jepit-Bebas

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

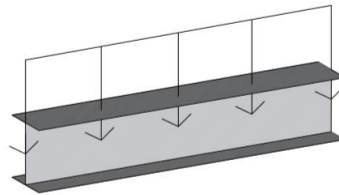
1. Mencari besarnya momen kritis pada model struktur balok baja kantilever
2. Memeriksa akurasi persamaan dari BO Dowswell (2002) untuk bentang inelastis
3. Mengetahui pengaruh lokasi pembebanan di pusat geser penampang dan flens atas pada balok kantilever

### 1.4 Pembatasan Masalah

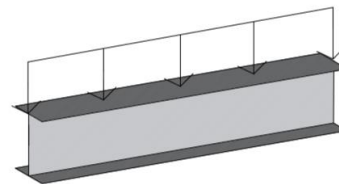
Pembatasan masalah dalam skripsi ini antara lain :

1. Penampang bersifat kompak
2. Struktur yang ditinjau adalah balok dengan material baja dengan anggapan homogen, isotropik dan elastik
3. Balok yang ditinjau adalah balok kantilever
4. Balok yang ditinjau adalah balok prismatis dan memiliki bentuk penampang I *doubly symmetric*
5. Balok yang ditinjau adalah balok baja profil IWF dengan variasi ukuran penampang dan variasi panjang bentang

6. Pembebanan yang ditinjau adalah beban terpusat pada ujung bebas dan beban merata sepanjang bentang balok kantilever
7. Pembebanan terletak di pusat geser penampang dan pada flens atas
8.  $F_y$  yang digunakan adalah 250 MPa



**Gambar 1.3** Pembebanan pada Pusat Geser Penampang



**Gambar 1.4** Pembebanan pada Flens Atas

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penulisan skripsi ini antara lain :

1. Studi literatur  
Studi literatur dilakukan dengan menggunakan buku-buku referensi, jurnal, artikel dan informasi yang didapat dari internet untuk mendapatkan informasi mengenai konsep yang diperlukan untuk melakukan analisis.
2. Studi analisis keruntuhan dengan metode elemen hingga  
Analisis dilakukan dengan menggunakan program Adina v9.3.3

## **1.6 Sistematika Penulisan**

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

Bab 1 Pendahuluan yang berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan

Bab 2 Studi Pustaka yang berisi dasar teori yang menjadi landasan dalam penyusunan skripsi

Bab 3 Pemodelan Elemen Hingga yang berisi pemodelan elemen hingga menggunakan bantuan program ADINA v9.3.3

Bab 4 Analisa Studi Parameter yang berisi analisis yang dilakukan dan hasil pemodelan yang diperoleh dengan bantuan program ADINA v9.3.3

Bab 5 Kesimpulan dan Saran yang berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang dilakukan