

SKRIPSI
STUDI TEKUK TORSI LATERAL PADA BALOK I
SIMETRI TUNGGAL NON PRISMATIS DENGAN
MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN



MARTIN OBERT NATHANIEL

NPM : 2013410144

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: 227/SK/BAN-PT/AK-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG

JUNI 2017

SKRIPSI
STUDI TEKUK TORSI LATERAL PADA BALOK I
SIMETRI TUNGGAL NON PRISMATIS DENGAN
MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN



MARTIN OBERT NATHANIEL

NPM : 2013410144

Bandung, 19 JUNI 2017

PEMBIMBING

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paulus Karta Wijaya', with a stylized flourish at the end.

Dr. Paulus Karta Wijaya

KO-PEMBIMBING

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Naomi Pratiwi', with a horizontal line underneath.

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

JUNI 2017

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama Lengkap : Martin Obert Nathaniel

NPM : 2013410144

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: “STUDI TEKUK TORSI-LATERAL PADA BALOK I SIMETRI TUNGGAL NON PRISMATIS DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan undang-undangan yang berlaku.

Bandung, 19 Juni 2017



Martin Obert Nathaniel

2013410144

STUDI TEKUK TORSI LATERAL PADA BALOK I SIMETRI TUNGGAL NON PRISMATIS DENGAN MENGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN

Martin Obert Nathaniel
NPM: 2013410144

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: 227/SK/BAN-PT/AK-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017**

ABSTRAK

Untuk mengoptimasikan penggunaan material baja dan menekan biaya produksinya , salah satu yang dapat dilakukan adalah mengubah profil baja tersebut menjadi sedemikian rupa menjadi bentuk *tapered*. Dalam mendesain balok baja, terdapat beberapa batasan, salah satunya adalah tekuk torsi lateral.. Pada persamaan yang terdapat pada SNI 1729 2015 hanya dapat digunakan untuk menghitung momen kritis pada kondisi balok I simetri tunggal yang prismatis saja, sehingga diperlukan suatu koefisien dari hasil perhitungan untuk mendapatkan persamaan momen kritis balok I simetri tunggal non prismatis. Dalam studi kasus ini diambil dua buah macam penampang dengan lebar flens atas yang berbeda dengan tiga variasi pembebanan yaitu momen ujung dengan rasio momen (M_2/M_1) 0, 0.25, 0.5, 0.75, dan 1, beban terpusat ditengah bentang dan beban merata disepanjang bentang. Analisis yang dilakukan adalah analisis keruntuhan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program ADINA v9.2, dimana fenomena tekuk torsi-lateral elastis maupun inelastis diteliti dengan memperhitungkan pengaruh dari tegangan sisa. Hasil dari studi ini memperlihatkan bahwa persamaan yang diberikan SNI untuk menghitung momen kritis balok I simetri tunggal prismatis sudah cukup akurat. Untuk memperbesar nilai momen kritis, tidak perlu memperbesar penampang secara keseluruhan melainkan yang tertekan saja yaitu flens atas. Hasil dari studi ini telah didapatkan besaran rasio momen kritis non prismatis dengan momen kritis prismatis yaitu nilai γ yang merupakan fungsi dari rasio momen (M_2/M_1) dan θ untuk variasi pembebanan tertentu pada tekuk torsi lateral elastis maupun yang non elastis.

Kata kunci: Tekuk Torsi Lateral, *Tapered*, Non Prismatis, Momen Kritis, Analisis Keruntuhan

STUDY OF LATERAL-TORSIONAL BUCKLING SINGLY SYMMETRIC I-BEAM NON PRISMATIC USING COLLAPSE ANALYSIS

Martin Obert Nathaniel
NPM: 2013410144

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

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/AK-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNE 2017

ABSTRACT

Tapered steel section profile is often being used in order to optimize the use of steel material and reduce the cost of production,.. There are several limitations on designing a steel beam, one of them is lateral torsional buckling. Equation given by SNI 1729-2015 can only be used to calculate critical moments of singly-symmetric prismatic I-beam only. therefore a coefficient is required in the existing equation to obtain the critical moment equation of singly-symmetric non prismatic I-beam. In this study, two steel cross-sections with a width of top flange are used with three different load variations which are (1) end moment with a moment ratio (M_2/M_1) of 0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1, (2) concentrated load at mid-span and (3) uniform distributed load along the whole span. The type of analysis done is collapse analysis, using finite element method performed by ADINA v9.2. Elastic and inelastic lateral-torsional buckling are examined by taking the residual stress into account. The result shows that the equation given by SNI to calculate the critical moment of singly symmetric prismatic I-beam is quite accurate. To enlarge the critical moment value, it is not required to enlarge the overall cross section but only the compressive flange which is the upper flange. A correlation ratio from non prismatic critical moments and the prismatic critical moment has been proposed (the value of γ) which is a function from the moment ratio (M_2 / M_1) and θ for certain loading variations on elastic lateral torsional buckling and also inelastic lateral torsional buckling..

Keywords: Lateral Torsional Buckling , Tapered , Non Prismatic, Critical Moment, Finite Element Method

PRAKATA

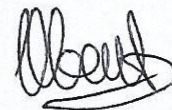
Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan pertolongannya selama pembuatan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“STUDI TEKUK TORSI LATERAL PADA BALOK I SIMETRI TUNGKAL NON PRISMATIS DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS KERUNTUHAN”**. Skripsi yang dibuat ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi tingkat Strata satu (S-1) di Fakultas Teknik, program Studi teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis mengalami banyak hambatan selama pengerjaan skripsi ini, namun berkat dukungan, saran, dan kritik dari berbagai pihak, skripsi ini dapat selesai dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya selaku dosen penguji dan pembimbing penulis sepanjang pengerjaan skripsi ini.
2. Ibu Naomi Pratiwi B.Eng , M.Sc selaku ko-pembimbing penulis sepanjang pengerjaan skripsi ini.
3. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran kepada penulis.
4. Bapak Dr. Djoni Simanta selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran kepada penulis.
5. Ibu Dr-Ing. Dina Rubiana Widarda selaku dosen yang telah bersedia hadir pada seminar judul dan memberi kritik dan saran kepada penulis.
6. Ibu Nenny Samudra Ir.,M.T.selaku dosen yang telah bersedia hadir pada seminar judul dan memberi kritik dan saran kepada penulis.
7. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen yang telah bersedia hadir pada seminar isi dan memberi kritik dan saran kepada penulis.
8. Bapak Altho Sagara, ST., MT. selaku dosen yang telah bersedia hadir pada seminar isi untuk memberikan kritik dan saran kepada penulis.

9. Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen yang telah bersedia hadir pada seminar isi untuk memberikan kritik dan saran kepada penulis.
10. Orang tua penulis yang telah memberi doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.
11. Nathasia Putri sebagai teman seperjuangan penulis yang senantiasa berbagi ilmu dan memberi semangat selama pengerjaan skripsi ini sampai dengan sidang skripsi.
12. Adi, Anna, Albertus, Ivan, Jerry yang setia menemani dan memberikan waktunya untuk penulis selama masa kuliah di Universitas Katolik Parahyangan.
13. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2013 yang telah memberi dukungan kepada penulis selama pembuatan skripsi ini.
14. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkontribusi selama penyusunan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis berharap ada kritikan dan saran yang bersifat membangun, serta semoga skripsi ini di masa depan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 19 Juni 2017



Martin Obert Nathaniel

2013410144

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1	1-1
1.1. Latar Belakang	1-1
1.2. Inti Permasalahan	1-3
1.3. Tujuan Penelitian	1-3
1.4. Pembatasan Masalah	1-4
1.5. Metode Penelitian	1-5
1.6. Sistematika Penulisan	1-6
BAB 2	2-1
2.1. Material Baja	2-1
2.2. Tekuk Torsi Lateral	2-2
2.3. Tegangan Sisa	2-3
2.4. Panjang Tak Terkekang	2-4
2.5. Faktor Modifikasi Momen Tak Seragam	2-6
2.6. Penampang Kompak , Non Kompak dan Langsing	2-7
2.7. Analisis Tekuk	2-7
BAB 3	3-1
3.1. Pendahuluan	3-1
3.2. Pemodelan Material	3-1
3.3. Pemodelan Tegangan Sisa	3-2
3.4. Variasi Sudut (θ)	3-4
3.5. Dimensi Penampang yang Ditinjau	3-5
3.6. Pemodelan Stiffener	3-8
3.7. Variasi Pembebanan	3-8
3.4.1 Beban Momen Ujung	3-8

3.4.2	Beban Terpusat.....	3-11
3.4.3	Beban Merata.....	3-12
3.5	Pemodelan Perletakan.....	3-12
3.6	Pemodelan Initial Geometrical <i>Imperfection</i>	3-13
BAB 4	.....	4-1
4.1.	Evaluasi dan Perbandingan Perhitungan Momen Tekuk Torsi Lateral Elastis Pada Balok Prismatis.....	4-1
4.1.1	Analisis Tekuk Linear Beban Momen Ujung.....	4-2
4.1.2	Analisis Tekuk Linear Beban Terpusat	4-6
4.1.3	Analisis Tekuk Linear Beban Merata.....	4-7
4.2.	Hasil Analisis Keruntuhan	4-8
4.2.1	Persamaan Nilai Gamma (γ).....	4-10
BAB 5	.....	5-1
5.1.	Kesimpulan	5-1
5.2.	Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA	.....	xix
Lampiran 1	.....	L1-1
Lampiran 2	.....	L2-1
Lampiran 3	.....	L3-1
Lampiran 4	.....	L4-1
Lampiran 5	.....	L5-31
Lampiran 6	.....	L6-1
Lampiran 7	.....	L7-1
Lampiran 8	.....	L8-1
Lampiran 9	.....	L9-11
Lampiran 10	.....	L130-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A_{\text{penampang}}$	= Luas Penampang
$b_{f,\text{atas}}$	= Lebar Flens Atas
$b_{f,\text{bawah}}$	= Lebar Flens Bawah
C_b	= Faktor Modifikasi Tekuk Torsi Lateral
E	= Modulus Elastisitas
F_{cr}	= Tegangan Kritis
F_u	= Tegangan Ultimit
F_y	= Tegangan Leleh
G	= Modulus Geser
h	= Tinggi Penampang
h_0	= Jarak Antar Pusat Flens
h_{web}	= Tinggi web
I_x	= Inersia Penampang Terhadap Sumbu X
I_y	= Inersia Penampang Terhadap Sumbu Y
J	= Konstanta Torsi
L_b	= Panjang Tak Terkekang Balok
L_p	= Panjang Bentang Dimana Balok Tidak Mengalami Tekuk Torsi
m	= Meter
M_A	= Momen Lentur Pada Seperempat Bentang
M_B	= Momen Lentur Pada Tengah Bentang
M_C	= Momen Lentur Pada Tiga Perempat Bentang
M_{cr}	= Momen Kritis
M_{max}	= Momen Lentur Maksimum
M_n	= Momen Lentur Nominal
M_u	= Momen Lentur Ultimit
M_{yc}	= Momen Lentur Pada Flens Yang Mengalami Tekan

N	= Newton
R_{pc}	= Faktor Plastis Pada Web
r_t	= Jari-jari inersia dari komponen flens tekan ditambah sepertiga web tekan
S_{xc}	= Modulus Penampang Pada Sumbu X
$t_{f.atas}$	= Tebal Flens Atas
$t_{f.bawah}$	= Tebal Flens Bawah
t_{web}	= Tebal Web
Δh	= Perbedaan tinggi
γ	= Perbandingan antara M_{cr} prismatis dengan non prismatis
ν	= Poison Ratio
θ	= Sudut kemiringan
SNI	= Standar Nasional Indonesia

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Balok yang mengalami perpindahan lateral disertai puntir (LTB) ..	1-2
Gambar 1.2 Balok I simetri tunggal	1-3
Gambar 1.3 Balok I simetri tunggal non prismatis	1-3
Gambar 1.4 Perletakan Sendi Rol	1-4
Gambar 1.5 Profil Baja I Simetri Tunggal Yang Dianalisis	1-5
Gambar 1.6 Penampang Memanjang Balok I Simetri Tunggal Non Prismatis ...	1-5
Gambar 2.1 Diagram stress-strain pada material baja	2-1
Gambar 2.2 Pendinginan pada balok I	2-4
Gambar 2.3 Momen Nominal untuk Tekuk Torsi-lateral	2-5
Gambar 3.1 Grafik hubungan stress dan strain	3-2
Gambar 3.2 Tegangan Leleh pada Penampang Akibat Tegangan Sisa	3-3
Gambar 3.3 Variasi Balok Non Prismatis Berdasarkan Nilai θ	3-4
Gambar 3.4 Dimensi Penampang 1 Balok I Simetri Tunggal.....	3-5
Gambar 3.5 Dimensi Penampang 2 Balok I Simetri Tunggal.....	3-6
Gambar 3.6 Pembagian Elemen (<i>meshing</i>) pada profil I	3-7
Gambar 3.7 Arah sumbu x,y,dan z pada pemodelan.....	3-8
Gambar 3.8 Pembebanan momen ujung balok non prismatis.....	3-9
Gambar 3.9 Pembebanan Beban Momen Ujung.....	3-11
Gambar 3.10 Pembebanan Beban Terpusat	3-12
Gambar 3.11 Pembebanan Beban Momen Merata	3-12
Gambar 3.12 Perletakan pada $z=0$ Gambar 3.13 Perletakan di ujung lainnya	3-13
Gambar 4.1 Besar Beban Kritis pada Load-Displacement Curve.....	4-9
Gambar 4.2 Kurva Regresi nilai γ Beban Terpusat Tekuk Torsi Lateral Elastis Penampang 1	4-13
Gambar 4.3 Kurva Regresi nilai γ Beban Terpusat Tekuk Torsi Lateral Elastis Penampang 2	4-14
Gambar 4.4 Kurva Regresi nilai γ Beban Merata Tekuk Torsi Lateral Elastis Penampang 1	4-15
Gambar 4.5 Kurva Regresi nilai γ Beban Merata Tekuk Torsi Lateral Elastis Penampang 2	4-16
Gambar 4.6 Kurva Regresi nilai γ Beban Terpusat Tekuk Torsi Lateral Inelastis Penampang 1	4-19
Gambar 4.7 Kurva Regresi nilai γ Beban Terpusat Tekuk Torsi Lateral Inelastis Penampang 2	4-20
Gambar 4.8 Kurva Regresi nilai γ Beban Merata Tekuk Torsi Lateral Inelastis Penampang 1	4-21
Gambar 4.9 Kurva Regresi nilai γ Beban Merata Tekuk Torsi Lateral Inelastis Penampang 2	4-22

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Engineering dan True Strain & Stress	3-2
Tabel 3.2 Variasi Kemiringan Balok Non Prismatis.....	3-4
Tabel 3.3 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Prismatis	3-9
Tabel 3.4 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 0.6365^\circ$	3-9
Tabel 3.5 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 1.2730^\circ$	3-10
Tabel 3.6 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 1.9091^\circ$	3-10
Tabel 3.7 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 2.5448^\circ$	3-10
Tabel 3.8 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Prismatis	3-10
Tabel 3.9 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 0.9548^\circ$	3-10
Tabel 3.10 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 1.9091^\circ$	3-10
Tabel 3.11 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 2.8624^\circ$	3-11
Tabel 3.12 Pembebanan Beban Momen Ujung Pada Balok Non Prismatis untuk $\theta = 3.8140^\circ$	3-11
Tabel 3.13 Keterangan Perletakan	3-13
Tabel 4.1 Perbandingan Momen Kritis Berdasarkan SNI dan ADINA Penampang 1.....	4-1
Tabel 4.2 Perbandingan Momen Kritis Berdasarkan SNI dan ADINA Penampang 2.....	4-1
Tabel 4.3 Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung ..	4-2
Tabel 4.4 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 0.6365^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-2
Tabel 4.5 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.2730^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-2
Tabel 4.6 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-3
Tabel 4.7 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 2.5448^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-3
Tabel 4.8 Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung ..	4-3
Tabel 4.9 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 0.95484125^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-3
Tabel 4.10 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.90914^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-3

Tabel 4.11 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 2.8624^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-4
Tabel 4.12 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 3.8140^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-4
Tabel 4.13 Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung.	4-4
Tabel 4.14 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 0.6365^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-4
Tabel 4.15 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.2730^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-5
Tabel 4.16 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-5
Tabel 4.17 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 2.5448^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-5
Tabel 4.18 Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung.	4-5
Tabel 4.19 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 0.9548^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-5
Tabel 4.20 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-6
Tabel 4.21 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 2.8624^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-6
Tabel 4.22 Momen Kritis Balok Non Prismatis Untuk $\theta = 3.8140^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung	4-6
Tabel 4.23 Momen Kritis Beban Terpusat $L_b=6000$ Penampang 1	4-6
Tabel 4.24 Momen Kritis Beban Terpusat $L_b=9000$ Penampang 2	4-7
Tabel 4.25 Momen Kritis Beban Terpusat $L_b=6000$ Penampang 2	4-7
Tabel 4.26 Momen Kritis Beban Terpusat $L_b=9000$ Penampang 2	4-7
Tabel 4.27 Momen Kritis Beban Merata $L_b=6000$ Penampang 1	4-7
Tabel 4.28 Momen Kritis Beban Merata $L_b=9000$ Penampang 2	4-8
Tabel 4.29 Momen Kritis Beban Merata $L_b=6000$ Penampang 2	4-8
Tabel 4.30 Momen Kritis Beban Merata $L_b=9000$ Penampang 2	4-8
Tabel 4.31 Perbandingan Momen Kritis dari Collapse Analysis Berdasarkan SNI dan ADINA Penampang 1	4-9
Tabel 4.32 Perbandingan Momen Kritis dari Collapse Analysis Berdasarkan SNI dan ADINA Penampang 2	4-9
Tabel 4.33 Nilai γ Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung Elastis ..	4-10
Tabel 4.34 Nilai γ Untuk $\theta = 0.6365^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Elastis	4-11
Tabel 4.35 Nilai γ Untuk $\theta = 1.2730^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Elastis	4-11
Tabel 4.36 Nilai γ Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Elastis	4-11
Tabel 4.37 Nilai γ Untuk $\theta = 2.5448^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Elastis	4-11

Tabel 4.38 Nilai γ Balok Prismatis Penampang 2 Beban Momen Ujung Elastis .	4-12
Tabel 4.39 Nilai γ Untuk $\theta = 0.6365^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Elastis	4-12
Tabel 4.40 Nilai γ Untuk $\theta = 1.2730^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Elastis	4-12
Tabel 4.41 Nilai γ Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Elastis	4-12
Tabel 4.42 Nilai γ Untuk $\theta = 2.5448^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Elastis	4-12
Tabel 4.43 Nilai γ Beban Terpusat tekuk torsi lateral elastis penampang 1	4-13
Tabel 4.44 Nilai γ Beban Terpusat tekuk torsi lateral elastis penampang 2	4-14
Tabel 4.45 Nilai γ Beban Merata tekuk torsi lateral elastis penampang 1	4-15
Tabel 4.46 Nilai γ Beban Merata tekuk torsi lateral elastis penampang 2	4-15
Tabel 4.47 Nilai γ Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen Ujung Inelastis	4-16
Tabel 4.48 Nilai γ Untuk $\theta = 0.9548^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Inelastis	4-17
Tabel 4.49 Nilai γ Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Inelastis	4-17
Tabel 4.50 Nilai γ Untuk $\theta = 2.8624^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Inelastis	4-17
Tabel 4.51 Nilai γ Untuk $\theta = 3.8140^\circ$ Penampang 1 Beban Momen Ujung Inelastis	4-17
Tabel 4.52 Nilai γ Balok Prismatis Penampang 2 Beban Momen Ujung Inelastis	4-18
Tabel 4.53 Nilai γ Untuk $\theta = 0.9548^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Inelastis	4-18
Tabel 4.54 Nilai γ Untuk $\theta = 1.9091^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Inelastis	4-18
Tabel 4.55 Nilai γ Untuk $\theta = 2.8624^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Inelastis	4-18
Tabel 4.56 Nilai γ Untuk $\theta = 3.8140^\circ$ Penampang 2 Beban Momen Ujung Inelastis	4-18
Tabel 4.57 Nilai γ Beban Terpusat tekuk torsi lateral inelastic penampang 1 ...	4-19
Tabel 4.58 Nilai γ Beban Terpusat tekuk torsi lateral inelastic penampang 2 ...	4-20
Tabel 4.59 Nilai γ Beban Merata tekuk torsi lateral inelastic penampang 1	4-21
Tabel 4.60 Nilai γ Beban Merata tekuk torsi lateral inelastic penampang 2	4-21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Momen ujung	L1-1
Lampiran 2 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Terpusat.....	L2-1
Lampiran 3 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 1 Beban Merata.....	L3-1
Lampiran 4 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 2 Beban Momen ujung	L4-1
Lampiran 5 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 2 Beban Terpusat.....	L5-1
Lampiran 6 Perhitungan Momen Kritis Balok Prismatis Penampang 2 Beban Merata.....	L6-1
Lampiran 7 Persamaan Regresi Minitab Penampang 1 , $L_b = 9000$	L7-1
Lampiran 8 Persamaan Regresi Minitab Penampang 1 , $L_b = 9000$	L8-1
Lampiran 9 Persamaan Regresi Minitab Penampang 1 , $L_b = 9000$	L9-1
Lampiran 10 Persamaan Regresi Minitab Penampang 1 , $L_b = 9000$	L10-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Material baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Material baja memiliki beberapa keunggulan antara lain memiliki kekuatan daya tarik yang tinggi, daktilitas yang tinggi, dan beban sendiri yang lebih ringan dibandingkan dengan beton namun memiliki harga yang relatif mahal. Oleh karena itu untuk mengoptimalkan penggunaan material baja dan menekan biaya produksinya, salah satu yang dapat dilakukan adalah mengubah profil baja tersebut menjadi sedemikian rupa menjadi bentuk *tapered* dimana ukuran (tinggi) balok disesuaikan dengan besarnya momen yang terjadi.

Dalam mendesain balok baja, terdapat beberapa batasan, salah satunya adalah tekuk torsi lateral dimana terjadi kegagalan pada balok yang dibebani secara transversal, pada suatu pembebanan tertentu balok tersebut mengalami perpindahan lateral disertai puntir. Pada fenomena ini, ketika balok menerima momen lentur pada sumbu kuat, maka pada suatu nilai momen lentur tertentu, balok akan mengalami peralihan tegak lurus bidang. Besarnya nilai dari momen lentur disebut momen kritis.

Tekuk torsi lateral dibedakan menjadi tekuk torsi lateral elastis dan tekuk torsi lateral inelastis. Tekuk torsi lateral elastis terjadi jika pada saat momen kritis pada balok tercapai, besarnya tegangan yang terjadi pada balok berada dibawah tegangan leleh. Sedangkan jika tegangan yang terjadi pada balok diatas tegangan leleh pada saat momen kritis tercapai maka disebut tekuk torsi lateral inelastis.

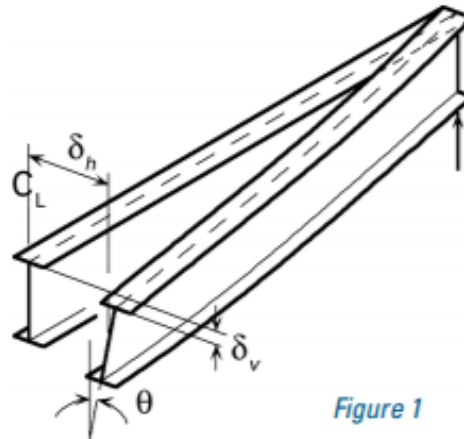
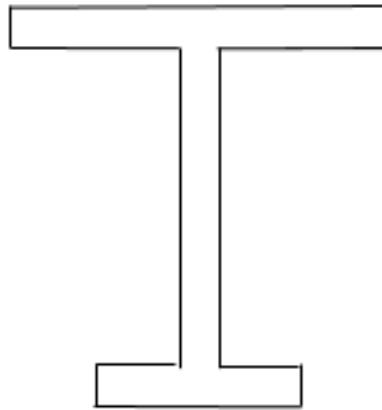


Figure 1

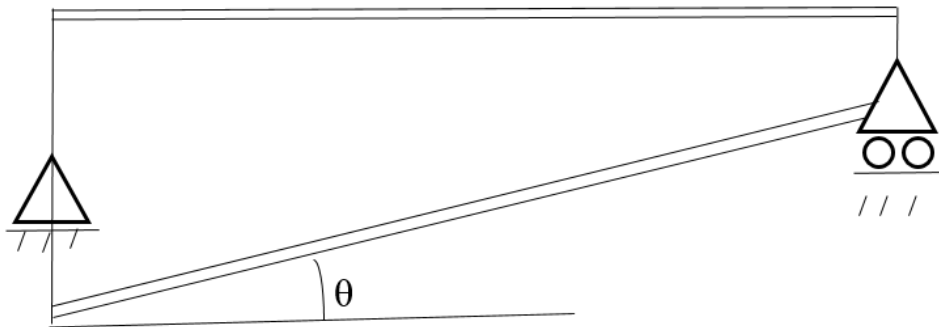
Gambar 1.1 Balok yang mengalami perpindahan lateral disertai puntir (LTB)

Besarnya momen kritis dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran penampang, panjang balok, pembebanan dan lokasi dari pembebanan. Posisi dari pembebanan yang akan ditinjau adalah pembebanan pada flens atas dan pada pusat geser penampang. Pada SNI 1729-2015 terdapat persamaan untuk menghitung besaran momen kritis dari tekuk torsi lateral namun dalam persamaan tersebut hanya untuk balok yang prismatis saja sehingga diperlukan suatu koefisien untuk mendapatkan persamaan balok non prismatis.

Analisis yang digunakan untuk melakukan studi tekuk torsi lateral pada balok I simetri tunggal non prismatis ini adalah dengan analisis keruntuhan karena analisis ini dapat digunakan untuk menganalisis baik material elastis maupun inelastis dimana ketidak-prismatisannya adalah tinggi web yang berubah-ubah berdasarkan sudut θ .



Gambar 1.2 Balok I simetri tunggal



Gambar 1.3 Balok I simetri tunggal non prismatis

1.2. Inti Permasalahan

Pada persamaan yang terdapat pada SNI 1729-2015 hanya dapat digunakan untuk menghitung momen kritis pada kondisi balok I simetri tunggal yang prismatis saja sedangkan perilaku dari tekuk torsi lateral pada balok I simetri tunggal prismatis berbeda dengan perilaku tekuk torsi lateral pada balok I simetri tunggal non prismatis, sehingga diperlukan suatu koefisien dari hasil perhitungan untuk mendapatkan persamaan momen kritis dari balok I simetri tunggal non prismatis.

1.3. Tujuan Penelitian

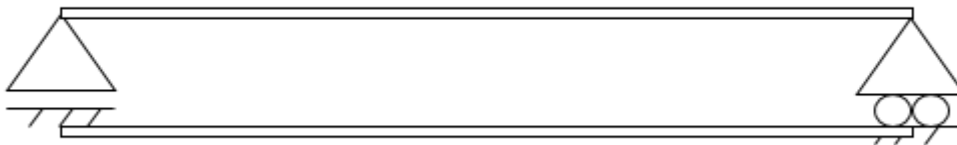
Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah:

1. Melakukan analisis terhadap balok I simetri tunggal non prismatis dengan analisis keruntuhan .
2. Mendapatkan persamaan untuk menghitung momen kritis balok I simetri tunggal non prismatis.

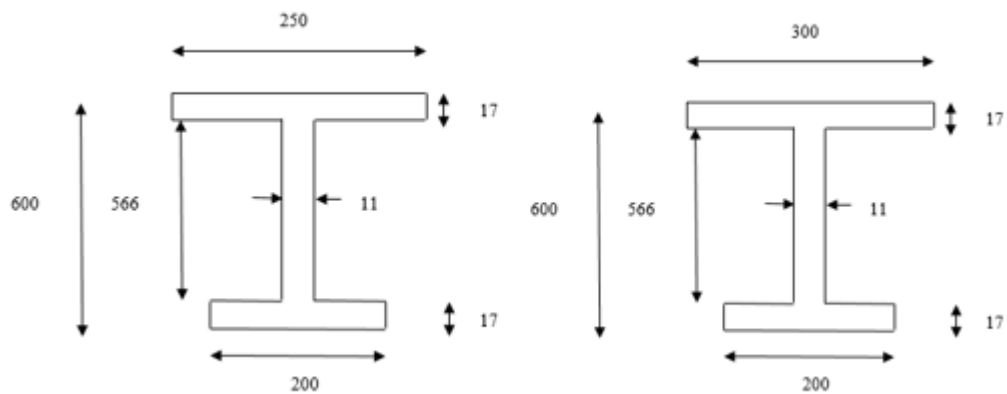
1.4. Pembatasan Masalah

Batasan-batasan pada analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

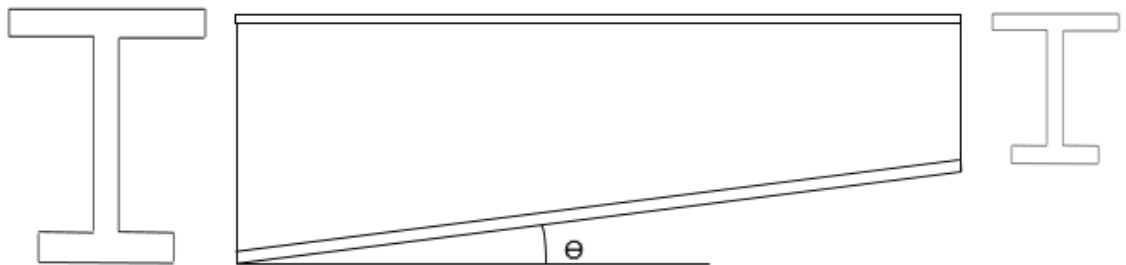
1. Perletakan yang akan ditinjau merupakan perletakan sendi-rol seperti Gambar 1.4. Panjang balok yang ditinjau adalah 6 m dan 9 m untuk masing-masing jenis penampang.
2. Dimensi Penampang yang dianalisis adalah profil baja I simetri tunggal seperti pada Gambar 1.5.
3. Tinggi web pada ujung kiri konstan sedangkan tinggi web profil baja I simetri tunggal non prismatis bervariasi secara linier berdasarkan sudut θ seperti pada Gambar 1.6.
4. Pada ujung balok, rotasi puntir ditahan namun warping dapat terjadi.
5. Penampang bersifat kompak sehingga tidak terjadi tekuk lokal.
6. Tekuk torsi lateral yang ditinjau bersifat elastis dan non elastis.
7. Beban yang ditinjau adalah beban momen ujung, beban merata, dan beban terpusat.



Gambar 1.4 Perletakan Sendi Rol



Gambar 1.5 Profil Baja I Simetri Tunggal Yang Dianalisis



Gambar 1.6 Penampang Memanjang Balok I Simetri Tunggal Non Prismatic

1.5. Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Mendapatkan informasi dan referensi-referensi dari buku, jurnal, artikel, atau internet yang berupa tulisan.

2. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga non linear menggunakan alat bantu program ADINA v9.2.0 .

3. Analisis

Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil dari metode elemen hingga dengan hasil analisis.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bab 1 berisikan tentang latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan metode penulisan.
2. Bab 2 merupakan landasan teori yang berisi tinjauan pustaka mengenai teori yang akan menjadi acuan dalam studi kasus dan pembahasan.
3. Bab 3 merupakan pemodelan yang dilakukan dengan program ADINA v9.2.0.
4. Bab 4 merupakan data-data hasil analisis yang diperoleh dari program.
5. Bab 5 berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.