

**TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS  
BALOK NON PRISMATIS DENGAN  
METODA BEDA HINGGA**

**TESIS**



**NENNY SAMUDRA**

**NPM : 2007831046**

624-18  
SAM  
t



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**

**2011**

131307 T / PMS  
19.11.11.

**TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS  
BALOK NON PRISMATIS DENGAN  
METODA BEDA HINGGA**

**NENNY SAMUDRA**

**NPM : 2007831046**

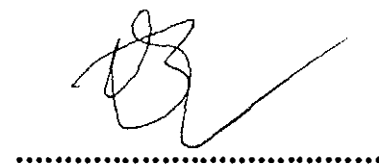
**PERSETUJUAN TESIS**

Penguji merangkap Pembimbing:  
**(Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., MT.)**



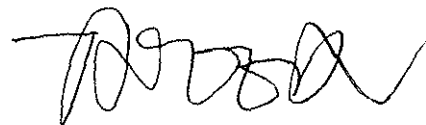
.....

Penguji:  
**(Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.)**



.....

Penguji:  
**(Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, Ir., MT.)** .....



## PERNYATAAN

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

Nama : Nenny Samudra  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2007831046  
Program Studi : Magister Teknik Sipil  
Program Pascasarjana  
Universitas Katolik Parahyangan Bandung

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

“TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS BALOK NON PRISMATIS DENGAN METODA BEDA HINGGA” adalah benar-benar karya saya sendiri dibawah bimbingan Pembimbing, dan 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 Bandung.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal : 1 Agustus 2011



Nenny Samudra

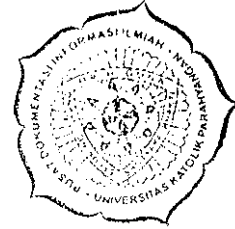
# TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS BALOK NON PRISMATIS DENGAN METODA BEDA HINGGA

Nenny Samudra

NPM: 2007831046

Pembimbing:

Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., MT.



UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No: 017/BAN-PT/Ak-VI/S2/XI/2008)

BANDUNG

JULI 2011

ABSTRAK

Dalam suatu balok baja untuk menghitung momen kritis elastis, seringkali dibuat balok non prismatis untuk meminimalkan berat struktur agar struktur lebih efisien. Bilamana balok tersebut tidak mempunyai tumpuan lateral, maka balok tersebut akan mengalami tekuk torsi lateral. Untuk balok prismatis, di AISC telah tersedia penyelesaian untuk mendapatkan momen kritis, tetapi untuk balok non prismatis belum didapat suatu persamaan untuk menghitung besarnya momen kritis tersebut. Penelitian ini merupakan studi untuk menghitung besarnya momen kritis tekuk torsi lateral pada suatu balok baja non prismatis. Momen kritis dihitung berdasarkan variasi panjang balok dan ketidakprismatisan balok, dimana ketidakprismatisan yang ditinjau adalah tinggi web yang berubah secara linier, sementara tebal web, tebal maupun lebar flens konstan. Untuk itu digunakan metoda beda hingga untuk menghitung momen kritis untuk berbagai pola pembebanan (yaitu beban berupa momen ujung yang bervariasi secara linier, beban terpusat di tengah bentang dan beban merata sepanjang bentang balok). Selain itu juga dihitung perbandingan momen kritis balok non prismatis terhadap momen kritis balok prismatis. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa nilai momen kritis pada balok non prismatis, diperoleh lebih kecil dari nilai momen kritis balok prismatis dimana ketinggian web balok prismatis sama dengan tinggi web terbesar dari balok non prismatis. Besarnya momen kritis balok non prismatis dipengaruhi oleh kemiringan balok non prismatis dan pola pembebanan, tetapi tidak dipengaruhi oleh panjang balok. Selain itu didapatkan persamaan praktis untuk mendapatkan besarnya momen kritis balok non prismatis.

Kata kunci: balok non prismatis, beda hingga, tekuk torsi lateral elastis, momen kritis

# ELASTIC LATERAL TORSIONAL BUCKLING OF NON PRISMATIC BEAM WITH FINITE DIFFERENCE METHOD

Nenny Samudra  
NPM: 2007831046



Advisor: Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., MT.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING MASTER DEGREE

(Accredited by Keputusan BAN-PT No: 017/BAN-PT/Ak-VI/S2/XI/2008)

BANDUNG

JULY 2011

## ABSTRACT

KN RRYN 2TN T NYYP BTp oTN Y YRC N RRYNYU  
IY N NUyg p o WY Ypmnb nY Tb Y2kToY  
TMY YBRYN U Y nN YN Y N nRYN N N  
dgY N Y N oR N For prismatic beams, AISC has an equation  
for calculating the critical moment, but has not any equation for non-prismatic beams.

$r$   $t$   $t$   $tw$   $t$   $t$   $t$   
 $w$   $wt$   $w$   $trd$   $t$   
 $t$   $w$   $t$   $t$   $t$   $wa$   $w$   
 $t$   $t$   $t$   $t$   $w$   $t$   $wS$   $wS$   
 $t$   $t$   $t$   $w$   $f$   $w$   $t, cw$   $t$   
 $t$   $t$   $t$   $w$   $S$   $t$   $tt$   
 $tt$   $w$   $w$   $Fgrt$   $t$   $wt$   
 $w$   $t$   $t$   $w$   $as$   $the$   $critical$   $moments$   $wt$   $t$   
 $w$   $t$   $is$   $smaller$   $than$   $the$   $value$   $of$   $the$   $critical$   $moments$   $of$   $prismatic$   $beams$   $with$   $web$   
 $height$   $equal$   $to$   $the$   $height$   $of$   $the$   $largest$   $web$   $of$   $non-prismatic$   $beam.$   $r$   $t$   
 $wt$   $-cw$   $t$   $w$   $wt$   $t$   $t$   
 $t$   $t$   $wS$   $w$   $t$   $Alkb$   $has$   $been$   
 $obtained$   $a$   $practical$   $equation$   $to$   $determine$   $the$   $critical$   $moments$   $of$   $wt$   $t$   
 $w$   $t$   $d$

$q$   $m$   $wt$   $w$   $t$   $S$   $S$   $t$   $t$   $w$   $t$   $S$   
 $t$   $g$

# PRAKATA

Segala puji hormat, syukur dan kemuliaan bagi Tuhan Yesus Kristus hanya karena anugerah, kemurahan, cintaNya dan kekuatan yang diberikan olehNya , sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul : “ TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS BALOK NON PRISMATIS DENGAN METODA HINGGA” ini merupakan hasil penelitian yang disusun dalam rangka penyelesaian studi di program S-2 Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Hal ini boleh terjadi karena adanya dukungan, bimbingan dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis menyampaikan terimakasih terutama kepada:

1. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya, Ir., MT., selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing, menyediakan banyak waktu, tenaga dan pikirannya serta memberi masukan dalam penelitian ini.
2. Bapak Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran yang berharga untuk penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran yang berharga untuk penyusunan tesis ini.
4. Bapak Aloysius Tjan, Ph.D., yang telah memberikan dukungan dan semangat hingga penelitian ini dapat diselesaikan.
5. Suamiku tersayang Ir. Budianto Tanubrata yang telah memberikan doa, perhatian dan dukungan selama ini dan anak-anakku yang manis Daniel Tanubrata dan Claudia Tanubrata.
6. Papa, Mama yang tercinta dan adikku terkasih atas dukungan doa dan harapannya.
7. Semua teman-teman dosen di Fakultas Teknik Sipil Unpar yang telah memberikan motivasi, semangat dan dukungan doanya.
8. Semua teman-teman persekutuan doa atas perhatian dan semangat yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, oleh karena itu Penulis mengharapkan masukan dan saran untuk melengkapi penelitian ini. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Bandung, ~~BBWBAW~~



Nenny Samudra

~~NNWAAIBAEGW~~

# DAFTAR ISI



ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Identifikasi Permasalahan .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	1
1.4 Pembatasan Masalah .....	1
1.5 Metoda Penelitian .....	1
BAB 2 STUDI PUSTAKA .....	1
2.1 Ragam Kegagalan Sebuah Balok .....	1
2.2 Penampang Kompak, non Kompak dan Langsing .....	1
2.3 Panjang Bentang Tak Terkekang .....	1
2.4 Analisis Tekuk Torsi Lateral .....	1
2.5 Pengaruh Lokasi Pembebanan .....	1



Momen Kritis untuk LTB Balok Prismatis Pada Penampang Profil

Sayap Lebar .....

• • • • • Peramaan Differensial Untuk Momen Konstan .....

• • • • • Penyelesaian untuk Momen Konstan ... ..

• • • • • Penyelesaian untuk Momen Tidak Konstan .. ..

BAB E STUDI KASUS TEKUK TORSI LATERAL ELASTIS

DENGAN METODA BEDA HINGGA .....

• • • • • Pendahuluan .....

• • • • • Metode Beda Hingga .....

• • • • • Formulasi Beda Hingga Turunan Fungsi .....

• • • • • Penyelesaian Beda Hingga untuk Momen Konstan

Balok Prismatis .....

• • • • • Penyelesaian Beda Hingga untuk Momen Tidak Konstan

Balok Prismatis .....

• • • • • Beban Terpusat di tengah bentang balok .....

• • • • • Beban Merata Sepanjang Bentang Balok .....

• • • • • Beban Momen Pada Kedua Ujung Balok .....

• • • • • Penyelesaian Beda Hingga untuk Momen Tidak Konstan

Balok non Prismatis .....

BAB IV ANALISA STUDI KASUS .....

• • • • • Analisis dengan Metoda Beda Hingga .....

• • • • • Beban Momen Konstan Sepanjang Bentang Untuk

Balok Prismatis.....

• • • • •	Beban Momen Tidak Konstan Untuk Balok Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Terpusat Ditengah Bentang Untuk Balok	
• • • • •	Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Merata Sepanjang Bentang Untuk	
• • • • •	Balok Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Momen pada kedua ujung balok dengan kondisi	
• • • • •	M-βM untuk Balok Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	Beban Momen Konstan Sepanjang Bentang Untuk Balok	
• • • • •	Non Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	Beban Momen Tidak Konstan Untuk Balok Non Prismatis ..	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Terpusat Ditengah Bentang Balok Untuk Balok	
• • • • •	Non Prismatis .....	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Merata Sepanjang Bentang Balok Untuk	
• • • • •	Balok non Prismatis.....	• • • • •
• • • • •	• • • • •	
• • • • •	Beban Momen pada kedua ujung balok dengan kondisi	
• • • • •	M-βM untuk Balok Non Prismatis ..	• • • • •
• • • • •	Persamaan praktis untuk mendapatkan besarnya momen kritis	
• • • • •	balok non prismatis	12.7
• • • • •	12.7 Persamaan momen kritis untuk balok non prismatis	
• • • • •	akibat Momen Konstan .....	• • • • •
• • • • •	Persamaan momen kritis untuk balok non prismatis	
• • • • •	Akibat Beban Terpusat di tengah bentang.....	• • • • •

4.6.3	Persamaan momen kritis untuk balok non prismatis	
	Akibat Momen Merata .....	● ● ● ● ●
4.6.4	Persamaan momen kritis untuk balok non prismatis	
	akibat beban momen ujung dengan distribusi	
	momen lentur yang bervariasi secara linier	120
4.7	Ringkasan .....	122
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		132
5.1	Kesimpulan .....	132
5.2	Saran .....	133
DAFTAR PUSTAKA .....		● ●
LAMPIRAN .....		135

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	=	luas penampang profil sayap lebar
$C_b$	=	faktor momen ekivalen / faktor kemiringan momen
$C_p$	=	rasio momen kritis balok non prismatis dibandingkan dengan momen kritis balok prismatis
$C_w$	=	konstanta pilin
$E$	=	modulus elastisitas
$F_y$	=	tegangan leleh baja
$G$	=	modulus geser
$I_x$	=	momen inersia terhadap sumbu kuat
$I_y$	=	momen inersia terhadap sumbu lemah
$J$	=	konstanta torsi
$L$	=	panjang balok
$L_b$	=	panjang tak terkekang
$L_p$	=	batas panjang maksimum balok agar balok tidak mengalami <i>LTB</i>
$L_r$	=	batas panjang minimum balok agar balok mengalami <i>LTB</i>
$+gC$	=	nilai absolut dari momen di titik 1/4 bentang tak terkekang
$l_{jr}$	=	nilai absolut dari momen di titik 1/2 bentang tak terkekang
$l_{lr}$	=	nilai absolut dari momen di titik 3/4 bentang tak terkekang
$M_{cr}$	=	momen kritis balok non prismatis

- $M_{cr}$  = momen kritis balok prismatic
- $M_{max}$  = nilai absolut dari momen terbesar sepanjang bentang tak terkekang
- $M_n$  = momen nominal
- $M_p$  = momen plastis
- $M_x'$  = momen pada arah sumbu x setelah balok mengalami deformasi
- $M_y'$  = momen pada arah sumbu y setelah balok mengalami deformasi
- $M_z'$  = momen pada arah sumbu z setelah balok mengalami deformasi
- $M_{cr}$  = momen kritis eksak untuk kondisi momen konstan
- $n$  = jumlah segmen balok
- $P$  = beban terpusat
- $P_{cr}$  = beban terpusat kritis
- $S_x$  = modulus penampang elastis arah sumbu kuat (sumbu x)
- $Z_x$  = statis momen terhadap sumbu kuat
- $b_f$  = dimensi lebar dari profil sayap lebar
- $d$  = jarak antara tepi terluar kedua sayap / flens profil sayap lebar
- $h$  = panjang bersih *web* ( $d - 2t_f - 2r$ )
- $h_o$  = selisih ukuran tinggi profil dengan tebal flens ( $d - t_f$ )
- $r$  = jari-jari *fillet* profil sayap lebar
- $r_{ts}$  = besaran penampang dalam perhitungan panjang  $L_r$
- $r_y$  = jari-jari girasi sumbu lemah
- $t_f$  = tebal sayap -*flange*.
- $t_w$  = tebal badan (*web*)
- $w$  = beban merata

	=	beban merata kritis
$x$	=	panjang segmen balok diukur dari tumpuan balok
$\Delta z$	=	panjang segmen balok
$\alpha$	=	sudut kemiringan balok
$\beta$	=	koefisien pengali momen
$\lambda$	=	rasio lebar-tebal
$\lambda_p$	=	batas atas rasio lebar-tebal untuk kompak
$\lambda_r$	=	batas atas rasio lebar-tebal untuk non kompak
$\nu$	=	angka poisson = ( <i>poisson's ratio</i> )
$\phi$	=	sudut rotasi
$\theta$	=	$\tan\alpha$ = kemiringan balok
AISC	=	American Institute of Steel Construction
FDM	=	Finite Difference Method
LTB	=	Lateral Torsional Buckling

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Bridge and pier.....	1
1.2	Gable frame.....	1
2.1	Dimensi dari Penampang Profil Sayap Lebar .....	10
2.2	Panjang Tak Terkekang ( $L_b$ ) .....	11
2.3	Kekangan Lateral .....	11
2.4	Kekangan Torsi .....	12
2.5	Momen Nominal Tekuk Torsi Lateral .....	13
2.6	Pengaruh lokasi beban .....	16
2.7	Tekuk Torsi Lateral balok sederhana penampang I kondisi lentur Murni... ..	18
2.8	Komponen $M_x$ pada sumbu $x'$ , $y'$ dan $z'$ .....	20
2.9	Formula $C_b$ .....	30
3.1	Balok Ekuivalen .....	32
3.2	Formulasi Beda Hingga .....	33
3.3	Contoh pembagian balok prismatic Bege men dengan pendekatan beda Hingga .....	37
3.4	Contoh pembagian balok non prismatic 5 segmen dengan pendekatan beda Hingga .....	42
3.5	Diagram momen lentur balok dengan beban terpusat	

di tengah bentang .....	43
3.6 Diagram momen lentur balok dengan beban merata	
sepanjang bentang .....	45
3.7 Diagram momen lentur balok dengan beban momen	
pada kedua ujung balok .....	47
4.1 Balok IWF prismatis dengan beban Momen Konstan .....	51
4.2 Kurva momen kritis balok IWF prismatis dengan beban momen lentur	
konstan profil IWF 800x200x11x17 .....	52
4.3 Kurva momen kritis balok IWF prismatis dengan beban momen lentur	
konstan profil IWF 1000x200x11x17 .....	53
4.4 Balok IWF prismatis dengan beban terpusat di tengah bentang .....	55
4.5 Kurva momen kritis balok prismatis akibat beban terpusat	
di tengah bentang profil IWF 800x200x11x17 .....	56
4.6 Kurva momen kritis balok prismatis akibat beban terpusat	
di tengah bentang profil IWF 1000x200x11x17 .....	57
4.7 Balok IWF prismatis dengan beban merata sepanjang bentang .....	59
4.8 Momen kritis balok IWF prismatis dengan beban merata sepanjang balok	
profil IWF 800x200x11x17 .....	60
4.9 Momen kritis balok IWF prismatis dengan beban merata sepanjang balok	
profil IWF 1000x200x11x17 .....	61
4.10 Balok IWF prismatis dengan beban momen bervariasi linier .....	63
4.11 Momen kritis balok IWF prismatis dengan beban momen ujung $M-\beta M$ balok	
profil IWF 800x200x11x17 .....	64



4.12 Momen kritis balok IWF prismatis dengan beban momen ujung $M-\beta M$ balok profil IWF 1000x200x11x17 .....	65
4.13 Nilai-nilai $C_b$ untuk kondisi $M-\beta M$ profil IWF 800x200x11x17 .....	67
4.14 Nilai-nilai $C_b$ untuk kondisi $M-\beta M$ profil IWF 1000x200x11x17 .....	68
4.15 Balok IWF non prismatis dengan beban Momen Konstan .....	69
4.16 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 800-200x200x11x17, $L=8m$ , $\tan\alpha=0.0375$ .....	70
4.17 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 800-400x200x11x17, $L=8m$ , $\tan\alpha=0.025$ .....	71
4.18 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 800-600x200x11x17, $L=8m$ , $\tan\alpha=0.0125$ .....	72
4.19 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-100x200x11x17, $L=12m$ , $\tan\alpha=0.0375$ .....	73
4.20 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-400x200x11x17, $L=12m$ , $\tan\alpha=0.025$ .....	74
4.21 Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-700x200x11x17, $L=12m$ , $\tan\alpha=0.0125$ .....	75
4.22 Kurva eigenvalue balok profil IWF 800-400x200x11x17, $L=8m$ , $\tan\alpha=0.025$ dengan pembagian 10 segmen, momen konstan .....	76
4.23 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat Momen Konstan, $L=8m$ dan $L=12m$ .....	78
4.24 Balok IWF non prismatis dengan beban Terpusat di tengah bentang .....	79

4.25	Momen kritis balok IWF non prismatis dengan beban terpusat di tengah bentang profil IWF 800-200x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	80
4.26	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil IWF 800-400x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.025$ .....	81
4.27	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil IWF 800-600x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	82
4.28	Momen kritis balok non prismatis dengan beban terpusat di tengah bentang profil IWF 1000-100x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	83
4.29	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil IWF 1000-400x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.025$ .....	84
4.30	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil IWF 1000-700x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	85
4.31	Kurva eigenvalue balok profil IWF 800-200x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.025$ dengan pembagian 10 segmen, beban terpusat .....	86
4.32	Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat akibat Beban Terpusat; L=8m dan L=12m .....	89
4.33	Balok IWF non prismatis dengan Beban Merata sepanjang bentang .....	90
4.34	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 800-200x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	91
4.35	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 800-400x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.025$ .....	92
4.36	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 800-600x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	93

4.37	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 1000-100x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	94
4.38	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 1000-400x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.025$ .....	95
4.39	Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil IWF 1000-700x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	96
4.40	Kurva eigenvalue balok profil IWF 800-200x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0125$ dengan pembagian 10 segmen, beban merata .....	97
4.41	Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat Beban Merata; L=8m dan L=12m .....	99
4.42	Balok IWF non prismatis dengan beban Momen bervariasi linier .....	100
4.43	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 800-200x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=8m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	101
4.44	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 800-400x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=8m, $\tan\alpha=0.025$ .....	102
4.45	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 800-600x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=8m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	103
4.46	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 1000-100x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=10m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	104
4.47	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 1000-400x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=10m, $\tan\alpha=0.025$ .....	105
4.48	Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi linier, profil IWF 1000-700x200x11x17, $\beta=0.5$ , L=10m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	106

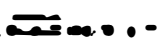

4.49 Kurva eigenvalue balok profil IWF 800-200x200x11x17, $L=8m$ , $\tan\alpha=0.0375$ dengan pembagian 10 segmen, $M=0.5M$ .....	107
4.50 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat $M-\beta M$ ; $\beta=-1$ , $L=8m$ dan $L=12m$ .....	110
4.51 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat $M-\beta M$ ; $\beta=-0.5$ , $L=8m$ dan $L=12m$ .....	111
4.52 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat $M-\beta M$ ; $\beta=0$ , $L=8m$ dan $L=12m$ .....	112
4.53 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat $M-\beta M$ ; $\beta=0.5$ , $L=8m$ dan $L=12m$ .....	113
4.54 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ akibat $M-\beta M$ ; $\beta=1$ , $L=8m$ dan $L=12m$ .....	114
4.55 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ rata-rata dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ balok non prismatis dengan beban momen konstan .....	116
4.56 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ rata-rata dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ balok non prismatis dengan beban terpusat di tengah bentang .....	118
4.57 Grafik rasio momen kritis $C_p (=M_{cr'}/M_{cr})$ rata-rata dengan kemiringan balok $\tan\alpha$ balok non prismatis dengan beban momen merata .....	120

## DAFTAR TABEL

2.1	Batas-batas $\lambda_p$ dan $\lambda_r$ Profil Sayap Lebar ( Hot - rolled )	9
4.1	Momen kritis balok prismatis akibat momen konstan sepanjang balok profil IWF 800x200x11x17	52
4.2	Momen kritis balok prismatis akibat momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000x200x11x17	53
4.3	Perbandingan momen kritis FDM ( $M_{cr}$ ) dan solusi eksak ( $M_{0cr}$ ) Momen Lentur Konstan	54
4.4	Momen kritis balok prismatis akibat beban terpusat di tengah bentang profil IWF 800x200x11x17	56
4.5	Momen kritis balok prismatis akibat beban terpusat di tengah bentang profil IWF 1000x200x11x17	57
4.6	Perbandingan momen kritis akibat beban terpusat	58
4.7	Nilai koefisien $C_b$ akibat beban terpusat	58
4.8	Perbandingan nilai $C_b$ F D dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi Beban Terpusat profil IWF 800X200X11X17	59
4.9	Perbandingan nilai $C_b$ F D dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi Beban Terpusat profil IWF 1000X200X11X17	59
4.10	Momen kritis beban merata balok prismatis sepanjang balok profil IWF	

4.11	Momen kritis beban merata balok prismatis sepanjang balok profil IWF	
	Beban merata	4.50
4.12	Nilai koefisien $C_b$ akibat beban	62
4.13	Perbandingan nilai $C_b$ dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi Beban Merata profil IWF	4.51
4.14	Perbandingan nilai $C_b$ dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi Beban Merata	4.52
4.15	Momen kritis balok prismatis momen ujung M- $\beta$ M balok profil IWF	4.53
4.16	Momen kritis balok prismatis momen ujung M- $\beta$ M balok profil IWF	4.54
4.17	Nilai koefisien $C_b$ (balok prismatis) akibat beban momen M- $\beta$ M	66
4.18	Perbandingan nilai $C_b$ dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi M- $\beta$ M	4.55
4.19	Perbandingan nilai $C_b$ dengan $C_b$ AISC 2005 untuk kondisi M- $\beta$ M profil IWF 1000X200X11X17	66
4.20	Perbedaan nilai $C_b$ (FDM) dengan $C_b$ AISC 2005 kondisi M- $\beta$ M profil IWF 800X200X11X17	67
4.21	Perbedaan nilai $C_b$ (FDM) dengan $C_b$ AISC 2005 kondisi M- $\beta$ M profil IWF 1000x200x11x17	68
4.22	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF	4.56

4.23	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF 800-400x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.025$ .....	71
4.24	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF 800-600x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	72
4.25	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-100x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	73
4.26	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-400x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.025$ .....	74
4.27	Momen kritis balok non prismatis momen konstan sepanjang balok profil IWF 1000-700x200x11x17, L=12m, $\tan\alpha=0.0125$ .....	75
4.28	Eigenvalue balok profil IWF 800-400x200x11x17, beban momen konstan sepanjang balok, L=8m, $\tan\alpha=0.025$ dengan pembagian 10 segmen .....	76
4.29	Nilai koefisien $C_p$ akibat momen konstan sepanjang balok, $\tan\alpha=0.0375$ .....	77
4.30	Nilai koefisien $C_p$ akibat momen konstan sepanjang balok, $\tan\alpha=0.025$ .....	77
4.31	Nilai koefisien $C_p$ akibat momen konstan sepanjang balok, $\tan\alpha=0.0125$ .....	77
4.32	Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}^2/M_{cr})$ akibat momen konstan sepanjang bentang balok .....	78
4.33	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil IWF 800-200x200x11x17, L=8m, $\tan\alpha=0.0375$ .....	80
4.34	Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil	

IWF nbbk0bberbbet tetmN njaio 7i5d.b.br. .o.....	nB'o
4.35 Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil	
IWF nbbkjbb erbbeBtetmy'on.traC'o 7ind.bsbr'o .....	nr'o
4.36 Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang pro fil	
IWF Bbbb(tbberbbettetmio n.Bra5'o 7i5d.bpb.m. .o.....,p Ah.psp. on'o	
4.37 Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil	
IWF t'cbbb.0bberbbettetm'o n.traN'o 7x id.b.br'o p...o.....	o.4:00'o
4.38 Momen kritis balok non prismatis beban terpusat di tengah bentang profil	
IWF ibbb mbberbbeile.m'o -lra,o Flndal...rj'o up z.sCi.rsh4.0.s.....	
4.39 a) 20x2 balok profil IWF nbbHjbbbeanbbeie.my'oF-0.5d1'o gk5oaintonlnaC'o	
7i5d.lb.bir'o Fk5tx T'ckagl.K15'o tb'on tak'o .....	
4.40 Nilai koefisien Cp akibat Beban Terpusat di tengah bentang balok,	
$\tan\alpha=0.0375$ .....	87
4.41 Nilai koefisien Cp akibat Beban Terpusat di tengah bentang balok,	
$\tan\alpha=0.0250$ .....	87
4.42 Nilai koefisien Cp akibat Beban Terpusat di tengah bentang	
Balok, $\tan\alpha=0.125$ .....	87
4.43 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan Cp ( $=M_{cr}'/M_{cr}$ ) akibat beban	
terpusat di tengah bentang .....	88
4.44 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang pro fil	
IWF nbbkrbberbbe.ie.m'o n.na,o FlndabXb.mj'o0.4.Hm.sSp.3i.g.o.....	Ati'ui'o
4.45 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil	
IWF nbbk0bberbbe.e.m'r'o n.nay'o 7ind.bsbr'o .s.a.....	ias.our'o



4.46 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang profil  
IWF nII oII(,II( B(B, ariesifiiile li,d s..... In

4.47 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang pro fil  
IWF rIII HII(,II(BB( B, gari i,ifiTi .eIIh,d ,,kWFIn,CI..... IM

4.48 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang pro fil  
IWF rIIgIII(,II(BB(B, ari H,ifT),.ei.I,d .....PW.W Id

4.49 Momen kritis balok non prismatis beban merata sepanjang bentang pro fil  
IWF rIIIIt,II(,II(B (: ,mariAv,igT),.A v,d :ta,CjPPr,C.:,kk..... •

• • • • balok profil IWF nII ,II(,II( p(p,mi l,h, i, in r i, ,K  
l,, i),Kmarisigi,.AInh,d ,,K, i.iK ,r Ir,KI, l ..... I,

4.51 Nilai koefisien Cp akibat Beban Merata sepanjang balok,  
 $\tan\alpha=0.0375$  ..... 98

4.52 Nilai koefisien Cp akibat Beban Merata sepanjang balok,  
 $\tan\alpha=0.0250$  ..... 98

4.53 Nilai koefisien Cp akibat Beban Merata sepanjang balok,  
 $\tan\alpha=0.125$  ..... 98

4.54 Hubungan kemiringan Balok  $\tan\alpha$  dengan  $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$  akibat Beban  
Merata ..... 99

4.55 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi  
linier pro fil IWF nIIIt,II(,II(H,(H,fi I.dgri,nsifiiileI h,d ..... HIIH

4.56 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi  
linier pro fil IWF nII MII(,II(H(,g IldaniAsiT ,.cI I,d j..... HI,

4.57 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi

linier profil IWF	5.3.4	100
4.58 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi		
linier profil IWF	5.3.4	100
4.59 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi		
linier profil IWF	5.3.4	100
4.60 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi		
linier profil IWF	5.3.4	100
4.61 Momen kritis balok non prismatis beban momen ujung yang bervariasi		
linier profil IWF	5.3.4	100
4.62 Nilai koefisien $C_p$ akibat momen ujung $M-\beta M$ , $\tan\alpha=0.0375$ .....		108
4.63 Nilai koefisien $C_p$ akibat momen ujung $M-\beta M$ , $\tan\alpha=0.025$ .....		108
4.64 Nilai koefisien $C_p$ akibat momen ujung $M-\beta M$ , $\tan\alpha=0.125$ .....		109
4.65 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$ akibat		
momen ujung $M-\beta M$ , $\beta=1$ .....		110
4.66 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$ akibat		
momen ujung $M-\beta M$ , $\beta=-0.5$ .....		111
4.67 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$ akibat		
momen ujung $M-\beta M$ , $\beta=0$ .....		112
4.68 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$ akibat		
momen ujung $M-\beta M$ , $\beta=0.5$ .....		113
4.69 Hubungan kemiringan Balok $\tan\alpha$ dengan $C_p (=M_{cr}'/M_{cr})$ akibat		
momen ujung $M-\beta M$ , $\beta=1$ .....		114
4.70 Hubungan rasio momen kritis rata-rata dengan kemiringan balok $\tan\alpha$		

untuk balok non prismatis dengan beban momen konstan .....	116
4.71 Hubungan rasio momen kritis rata-rata dengan kemiringan balok tan $\alpha$ balok non prismatis dengan beban terpusat di tengah bentang ...	117
4.72 Hubungan rasio momen kritis rata-rata dengan kemiringan balok tan $\alpha$ untuk balok non prismatis dengan beban momen merata .....	119
4.73 .g'o Fin'o .o gi82'o it Dgin'fi l).o      Ofi .i.t.i'o      n)idi P'oa.r. .p.o.....	120
4.74 .g'o Fi5'o .o gi82'o it-gin'of i).o      Ofi .i.t.5'o      nin doapao.'o p. ....	120
4.75 .g'o F)L'o .o giP2't'oit Dgin'fi l).o      Ofi .i.t.N'o      n)Td.r. lo. (o.....s...fi pss.sAh.d.4.o .o anro'o .o liP2't'oit Dgi7'kgin.km.lvinN'o ni5d.a.a.r.o.is3.. p...p.4.uin'o.....	120
aprr'o .o liP2't'oit Dgin'kgi5.ki.lvinio      ni=do a.o...o .....	120
ar.rn'o .o liP2't'oit Igin'kgin.ki.lvinio)nLdo a.ato.o      ..ro.....	120
ar.rn'o .o lkgin'o lk Winir'onind.a.r.a.r...o .....	120
apna'o .o lkgin'kkinir'onindoro      a.r. 3:o.....	120
ar.m'o .o lkgin'k Winir'o 7ln'dar'ca. o'o p'o.....	120
ar.no'o.g'o Fin'o .o giP2't'oit-gin'o lkgi=0 l2Wk=0 i,ln. o l(1aC'o nindv.a.r.p'o ..o.....	120
ar.n.o .g'o Fin'o .o giP2't'oit-gin'o lkgi=0 l2Wk=0 iMln.d'lr'o      nind.asao...o .....	120
ar.narog'o Fi5'o .o gi82't'oit-gin'o lkgin'o l2Wk=0 ia1=.oak'lr'o      nindx.a.o.o .o ..ss.,u4ss:β4..o	120

## DAFTAR LAMPIRAN

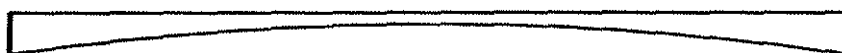
Lampiran 1	Perhitungan Momen Kritis penyelesaian eksak .....	135
Lampiran 2	Persamaan Momen Kritis Balok non Prismatis .....	141
Lampiran 3	Klasifikasi penampang untuk tekuk lokal .....	154
Lampiran 4	Program Fortran .....	156

## BAB 1

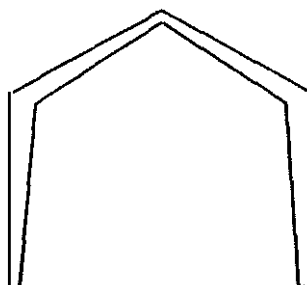
### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Balok non prismatis lazim digunakan untuk memperoleh bentuk struktur yang lebih efisien, sehingga menghasilkan struktur yang lebih ekonomis, selain itu juga ditinjau dari segi tampilan terlihat lebih indah, seperti yang digunakan pada struktur jembatan dengan penguatan di tumpuan (Liafias riogs oFlalaas fiilaaln,s (2HkΔHm1.1), rangka payon )FLkafFka,(2HkΔHms0.i.,s dan struktur lainnya.



Gambar 1.1 1/1h6k(aill aeC5C661)C16C<sub>L</sub>l



Gambar 1.2 5el66l0Je76l



Balok non prismatis adalah balok yang ideal untuk menahan momen lentur yang bervariasi besarnya, oleh sebab itu kemampuan balok non prismatis dalam menerima beban dapat dimanfaatkan sepenuhnya jika ada metode desain yang akurat dan praktis digunakan.

Dalam hal ini digunakan balok baja profil IWF sayap lebar. Pada balok baja profil sayap lebar yang dibebani sehingga melentur pada sumbu kuat dapat terjadi beberapa kasus kegagalan. Salah satu kegagalan yang terjadi pada balok baja profil sayap lebar dengan penampang kompak adalah tekuk torsi lateral (*lateral torsional buckling*) dimana balok melentur pada bidang lentur yang dilalui sumbu kuat, menekuk (pada bidang tegak lurus bidang lentur) pada sumbu lemah dan terpuntir. Hal ini terjadi apabila momen lentur yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja melebihi momen kritis tekuk torsi lateral.

Oleh karena itu perlu diketahui kapan balok akan mengalami tekuk torsi lateral. Momen tersebut disebut momen kritis tekuk torsi lateral. Untuk menentukan besarnya momen kritis, diambil sebagai suatu patokan dasar yaitu momen konstan sepanjang bentang balok (momen seragam) diantara dua tumpuan lateral balok. Persamaan untuk mencari momen kritis tersebut dapat diturunkan secara matematis untuk kasus momen konstan sepanjang bentang balok (momen seragam).

Untuk menentukan besarnya momen kritis untuk kasus momen lentur tidak konstan, seperti akibat beban merata sepanjang balok, beban terpusat, momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier, diperlukan suatu faktor yang disebut faktor momen ekuivalen  $C_b$  yang dikalikan dengan

besarnya momen kritis akibat momen konstan (seragam) sepanjang balok. Hal ini dilakukan untuk mempermudah analisis perhitungan.

Perhitungan untuk mencari koefisien  $C_b$  diperlukan untuk mencari besarnya momen kritis balok dengan momen tidak seragam untuk balok prismatis, untuk perhitungan momen kritis balok dengan momen tidak seragam untuk balok non prismatis, diperlukan suatu koefisien  $C_p$  yang dikalikan dengan besarnya momen kritis akibat momen tidak konstan (seragam) dari balok prismatis.

Persamaan untuk mencari momen kritis akibat momen konstan / seragam pada balok prismatik bisa didapatkan melalui penurunan rumus matematis, untuk balok non prismatis belum ada penurunan rumus matematisnya, sehingga diperlukan metode pendekatan yang efisien untuk menghitung nilai  $M_{cr}$ .

Karena analisis dari balok non prismatis cukup kompleks, hal ini telah mendorong para peneliti untuk mengembangkan solusi yang efisien untuk mencari momen kritis balok non prismatis, dimana pada umumnya metoda yang digunakan adalah metoda elemen hingga, diantaranya: studi tekuk torsi lateral elastis dari balok non prismatis dilakukan oleh Kitipornchai & Trahair (1972,1975) dengan menurunkan persamaan keseimbangan untuk balok profil sayap lebar untuk penampang yang mempunyai dua sumbu simetri dan kemudian dikembangkan untuk penampang yang mempunyai satu sumbu simetri dengan metode elemen hingga. Berikutnya studi analisis stabilitas beda hingga linier untuk balok non prismatis dikembangkan oleh Yang & Yau (1987), Wekezer (1985) dan Rajasekaran (1994a,b) menganalisis tekuk torsi lateral dari balok non prismatis berpenampang tipis dengan menggunakan metode elemen hingga.

Dalam tesis ini untuk analisis tekuk torsi lateral digunakan metode beda hingga untuk menghitung besarnya momen kritis  $M_{cr}$ ' dari balok non prismatis.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Dalam banyak literatur maupun peraturan ada pembahasan untuk memperoleh besarnya momen kritis tekuk torsi lateral elastis untuk balok prismatis dengan berbagai kondisi pembebanan. Pada balok non prismatis rumus momen kritis yang diperoleh dari perhitungan balok prismatis tidak berlaku. Oleh karena itu perlu dikembangkan metode yang efisien untuk menghitung nilai momen kritis ( $M_{cr}$ ') untuk balok yang nonprismatis. Dalam tesis ini dicoba untuk menghitung nilai momen kritis untuk balok nonprismatis dengan menggunakan metode beda hingga.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung besarnya momen kritis dari suatu balok non prismatis dengan beban yang diberikan berupa momen ujung, dengan distribusi momen lentur berasal dari berbagai pembebanan antara lain, momen konstan, momen yang bervariasi secara linier, momen akibat beban terpusat dan momen lentur akibat beban merata.



### 1.4 Pembatasan Masalah

Beberapa batasan yang dilakukan adalah:

1. Balok yang ditinjau adalah balok dengan tumpuan sederhana (simple beam). Rotasi puntir pada tumpuan ditahan tetapi warping pada tumpuan tidak ditahan.
2. Diantara kedua tumpuan, rotasi puntir tidak ditahan.
3. Beban yang diberikan berupa momen ujung dengan distribusi momen lentur konstan sepanjang balok, momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier, beban merata sepanjang bentang dan beban terpusat di tengah bentang.
4. Ketidakprismatisan berasal dari perubahan linier tinggi web. Lebar flens konstan sepanjang balok.
5. Metoda yang digunakan untuk analisa tekuk torsi lateral (lateral torsional buckling) adalah metoda beda hingga finite difference method = FDM.
6. Material baja yang digunakan dianggap bersifat elastis, isotropis dan homogen pada saat tekuk torsi lateral terjadi.
7. Penampang memenuhi syarat kompak.
8. Beban bekerja melalui pusat berat.

### 1.5 Metode Penelitian

Analisis dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung momen kritis eksak untuk kasus momen konstan sepanjang balok ( $M_{0cr}$ ).

2. Menghitung momen kritis  $M_{cr}$  (dengan *FDM*) untuk balok prismatis dengan beban yang diberikan berupa momen ujung dengan distribusi momen lentur konstan sepanjang balok, momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier, beban merata sepanjang bentang dan beban terpusat di tengah bentang.
3. Ditinjau beberapa buah balok non prismatis dengan suatu ketinggian yang ditentukan. Parameter yang ditinjau adalah panjang balok, tinggi balok, ketidakprismatisan dan beban.
4. Parameter panjang balok diambil dua macam, yaitu 8 m dan 12 m.
5. Tinggi balok diambil tinggi 80 cm untuk panjang 8 m dan 100 cm untuk panjang 12 m.
6. Parameter ketidakprismatisan dinyatakan dalam sudut kemiringan tepi web, diambil tangen sudut 0.375, 0.25, 0.125 dan 0. Tangen sudut 0 berarti balok tersebut prismatis.
7. Beban yang diberikan untuk balok non prismatis berupa momen ujung dengan distribusi momen lentur konstan sepanjang balok, momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier, dimana momen ujung untuk tinggi penampang yang lebih besar diambil sebesar  $M$  dan momen ujung yang lain adalah sebesar  $\beta M$  dengan variasi  $\beta$  diambil sebesar -1, -0.5, 0, 0.5, 1, untuk beban merata sepanjang bentang dan beban terpusat di tengah bentang tidak ada variasi.
8. Menghitung momen kritis  $M_{cr}'$  (dengan *FDM*) untuk balok non prismatis dengan beban yang diberikan berupa momen ujung dengan distribusi momen lentur konstan sepanjang balok, momen ujung dengan distribusi

momen lentur yang bervariasi secara linier, beban merata sepanjang bentang dan beban terpusat di tengah bentang dengan berbagai kemiringan balok  $\tan\alpha = 0.0375, 0.025$  dan  $0.0125$ .

9. Menghitung faktor momen ekuivalen ( $C_p$ ) dengan membagi nilai momen kritis  $M_{cr}'$  (dengan *FDM*) balok non prismatis (akibat beban merata sepanjang bentang, beban terpusat di tengah bentang dan momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier) dengan momen kritis  $M_{cr}$  balok prismatis akibat beban merata sepanjang bentang, beban terpusat di tengah bentang dan momen ujung dengan distribusi momen lentur yang bervariasi secara linier (dengan *FDM*).