

**SKRIPSI**

**STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK  
TERCOAK TUNGGAL**



**EDO ADIPUTRA  
NPM : 2016410149**

**PEMBIMBING: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.**

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

**SKRIPSI**

**STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK  
TERCOAK TUNGGAL**



**EDO ADIPUTRA  
NPM : 2016410149**

**PEMBIMBING: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.**

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

**SKRIPSI**

**STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK  
TERCOAK TUNGGAL**



**EDO ADIPUTRA  
NPM : 2016410149**

**BANDUNG, 20 DESEMBER 2019  
PEMBIMBING:**

**Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.**

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

## PERNYATAAN

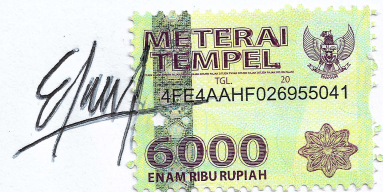
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Edo Adiputra

NPM : 2016410149

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : “STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK TERCOAK TUNGGAL” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 20 Desember 2019



Edo Adiputra

2016410149

# STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK TERCOAK TUNGGAL

**Edo Adiputra**  
**NPM: 2016410149**

**Pembimbing: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.**

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

## ABSTRAK

Pada sambungan balok-balok profil I, sering kali bagian sayap atas pada balok anak dicoak dengan tujuan untuk mempertahankan elevasi sisi atas yang sama. Balok yang dicoak akan mengalami reduksi kekuatan lokal pada bagian coakan. Kekuatan lokal akan dibatasi oleh adanya tekuk lokal badan pada bagian coakan. Untuk mempermudah analisis, kekuatan lokal dapat dihitung menjadi reaksi ultimit pada ujung balok. Pada studi ini dilakukan analisis numerik pada beberapa balok I tercoak tunggal dengan menggunakan metode elemen hingga untuk memperoleh beban kritis, reaksi ultimit, dan perilaku tekuk balok I tercoak tunggal. Hasil analisis numerik digunakan untuk memverifikasi hasil studi eksperimental Yam et al. (2003) dan persamaan Manual AISC Edisi 15 Tahun 2017. Hasil verifikasi terhadap studi eksperimental memiliki perbedaan 1,43%-7,01% untuk beban kritis dan 1,18%-4,62% untuk reaksi ultimit. Pada verifikasi terhadap Manual AISC Edisi 15, saat rasio panjang coakan terhadap tinggi balok ( $c/d$ ) bernilai 0,862 dan 1,0; hasil Manual AISC Edisi 15 konservatif dengan perbedaan 9,84%-24,87%, namun memadai untuk kebutuhan desain. Pada saat rasio  $c/d$  bernilai 0,5; hasil Manual AISC Edisi 15 tidak konservatif dengan perbedaan 19,47%-24,63%. Studi ini menghasilkan sebuah faktor koreksi yang dapat diterapkan pada hasil reaksi ultimit Manual AISC Edisi 15 untuk memperoleh reaksi ultimit yang sebenarnya yang diperoleh dari analisis numerik. Faktor koreksi tersebut didapat dari sebuah persamaan regresi yang sudah memperhitungkan adanya pengaruh rasio panjang coakan terhadap tinggi balok ( $c/d$ ) dan pengaruh rasio kedalaman coakan terhadap tinggi balok ( $d_c/d$ ). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada persamaan regresi yang menggunakan dua variabel tersebut bernilai 94,22%.

**Kata kunci** : Balok Baja I Tercoak Tunggal, Studi Numerikal, Tekuk Lokal, Kekuatan Lokal

# NUMERICAL STUDY OF LOCAL STRENGTH OF SINGLE COPED-BEAMS

**Edo Adiputra**  
**NPM: 2016410149**

**Advisor: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL**  
**ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**DECEMBER 2019**

## ABSTRACT

The top flange of the secondary beam oftenly cut to maintain the same elevation in beam-to-beam connections. The local strength of coped-beam will be reduced at the coped region and limited by buckling. To simplify the analysis of local strength, it can be counted as the ultimate reaction at the end of the beam. In this study, various of single coped-beams are numerically analyzed using finite element method to obtain each buckling loads, ultimate reaction, and buckling behaviour of single coped-beams. The analysis results from this study are used to verify the result of experimental studies of Yam et al. (2003) and equation that governed from 15<sup>th</sup> Edition *Steel Construction Manual* (AISC, 2017). The analysis state 1,43% to 7,01% differences between numerical studies and experimental studies for buckling loads, and 1,18% to 4,62% differences for ultimate reaction. In other terms, when the ratio of coped length to depth of beam ( $c/d$ ) is at the range 0,862 to 1,0; 15<sup>th</sup> Edition *Steel Construction Manual* (AISC, 2017) give conservative prediction around 9,84% to 24,87%. Meanwhile, when the ratio is 0,5, it doesn't give conservative prediction at the range of 19,47%-24,63%. A correction factor is derived from this study that can be use for ultimate reaction result from 15<sup>th</sup> Edition *Steel Construction Manual* (AISC, 2017) to find the real ultimate reaction which is obtained from finite element results. The correction factor is obtained from a regression which calculates the ratio of coped length to depth of beam ( $c/d$ ), and the ratio of coped depth to depth of beam ( $d_c/d$ ). The coefficient of determination ( $R^2$ ) from the regression that uses those two variables is 94,22%.

**Keywords** : Single coped-beams, Numerical Study, Local Buckling, Local Strength

## **PRAKATA**

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaannya selama penyusunan skripsi yang berjudul **“STUDI NUMERIKAL KEKUATAN LOKAL BALOK TERCOAK TUNGGAL”** hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses pengerjaan skripsi ini yaitu selama proses pencarian sumber dan literatur, pemodelan numerik, analisis numerik, maupun penulisan, tentu terdapat hambatan-hambatan yang tidak dapat dihadapi penulis sendiri. Maka dari itu penulis sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang turut serta dalam memberikan kritik, saran, serta dorongan selama pengerjaan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberikan masukan dan saran selama pembuatan skripsi ini.
2. Orang tua, kakak, dan adik penulis yang senantiasa memberikan dukungan semangat, nasihat dan doa selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Sandhi Kwani, Christian Arief, dan Adrian Pramudita Dharma selaku senior yang terus memberikan semangat dan motivasi selama proses pembuatan skripsi.
4. Joshua Irawan selaku teman seperjuangan skripsi yang membantu dalam proses pemodelan numerik dan analisis numerik.
5. Jannuar Jeremy, Tryaldi Tama, Jason William Kurniawan, Finnegan Belano dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan tenaga dan pikiran dalam pembuatan skripsi ini.
6. Anita selaku rekan hidup yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, dan motivasi selama pembuatan skripsi.
7. Teman-teman Sipil 2016 atas segala bantuan dan kebersamaannya selama perkuliahan di UNPAR.

8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang turut membantu dan memberikan semangat kepada penulis.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini sehingga kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan di masa yang akan datang.

Bandung, 20 Desember 2019



Edo Adiputra

2016410149



# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB 1    PENDAHULUAN .....	1-1
1.1    Latar Belakang .....	1-1
1.2    Inti Permasalahan .....	1-3
1.3    Tujuan Penulisan .....	1-3
1.4    Pembatasan Masalah .....	1-3
1.5    Metode Penelitian .....	1-8
1.6    Sistematika Penulisan .....	1-8
BAB 2    DASAR TEORI .....	2-1
2.1    Studi Terdahulu .....	2-1
2.2    Standar Desain Manual AISC Edisi 15 .....	2-7
2.2.1    Kekuatan Lentur Lokal .....	2-7
2.2.2    Kurva Tekuk .....	2-9
2.2.3    Tegangan Sisa .....	2-9
2.2.4    Batas kelangsingan .....	2-10
2.2.5    Verifikasi Hasil Analitikal terhadap Eksperimen .....	2-11
2.3    Metode Elemen Hingga .....	2-15
BAB 3    PEMODELAN NUMERIK .....	3-1

3.1	Pemodelan Material Elemen.....	3-1
3.2	Pemodelan Geometri Balok dan Pelat Penyambung .....	3-2
3.3	Pemodelan Perletakan.....	3-3
3.4	Pemodelan Beban .....	3-3
3.5	Pemodelan Pengaku Lateral.....	3-4
3.6	Pemodelan Amplitudo Ketidaksempurnaan Geometri .....	3-5
BAB 4	ANALISIS HASIL NUMERIK .....	4-1
4.1	Analisis Ragam Kegagalan.....	4-1
4.2	Pengaruh Amplitudo Ketidaksempurnaan Geometri.....	4-11
4.3.	Verifikasi Hasil Analisis Numerik dengan Hasil Eksperimen Yam et al.....	4-16
4.4	Pengaruh Rasio Kedalaman Coakan dan Tinggi Balok.....	4-23
4.5	Pengaruh Rasio Panjang Coakan dan Tinggi Balok .....	4-24
4.6	Verifikasi Hasil Analisis Numerik dengan Persamaan Manual AISC.....	4-24
4.7	Faktor Koreksi Reaksi Ultimit Balok Tercoak Tunggal.....	4-30
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-2
	DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
	LAMPIRAN .....	xvii

## DAFTAR NOTASI

$b_f$	:	Lebar sayap balok (mm)
$c$	:	Panjang coakan (mm)
$C_{cb}$	:	Faktor koreksi reaksi ultimit balok tercoak tunggal
$d$	:	Tinggi penampang (mm)
$d_c$	:	Kedalaman coakan (mm)
$e$	:	Jarak ujung elemen penyambung ke ujung coakan (mm)
$e_o$	:	Amplitudo ketidaksempurnaan geometri (mm)
$E$	:	Modulus elastisitas (MPa)
$f$	:	Faktor penyesuaian tekuk
$F_{cr}$	:	Tegangan kritis (MPa)
$F_y$	:	Tegangan leleh (MPa)
$G$	:	Modulus geser (MPa)
$h_o$	:	Kedalaman penampang tercoak (mm)
$I_x$	:	Momen inersia sumbu x ( $m^4$ )
$I_y$	:	Momen inersia sumbu y ( $m^4$ )
$k$	:	Koefisien tekuk pelat
$k_1$	:	Koefisien tekuk pelat modifikasi
$k_s$	:	Koefisien tekuk pelat geser
$L_p$	:	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas leleh (mm)
$L_r$	:	Pembatasan panjang tidak dibreis secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis (mm)
$M_n$	:	Momen nominal (kNm)
$M_p$	:	Momen plastis (kNm)
$M_y$	:	Momen leleh (kNm)
$P$	:	Beban (kN)
$P_{cr}$	:	Beban kritis (kN)
$r_c$	:	Radius pada ujung coakan (mm)
$R_a$	:	Gaya reaksi untuk ASD (kN)
$R_u$	:	Gaya reaksi untuk LRFD (kN)
$R_c$	:	Reaksi ultimit dari studi analitikal (kN)

$R_e$	:	Reaksi ultimit dari studi eksperimental (kN)
$R_v$	:	Reaksi ultimit untuk batas leleh geser (kN)
$R_b$	:	Reaksi ultimit untuk batas geser blok (kN)
$R_{ucb}$	:	Reaksi ultimit setelah dikoreksi (kN)
$R_{FEA}$	:	Reaksi ultimit dari hasil analisis numerik (kN)
$R_{AISC}$	:	Reaksi ultimit dari hasil Manual AISC Edisi 15 (kN)
$R_{EG}$	:	Reaksi ultimit pada <i>eigenvalue buckling</i> (kN)
$t_w$	:	Tebal badan balok (mm)
$t_f$	:	Tebal sayap balok (mm)
$S_{net}$	:	Modulus penampang pada coakan ( $m^3$ )
$\nu$	:	Rasio poisson
$Z_{net}$	:	Modulus plastis pada coakan ( $m^3$ )
$\tau_{cr}$	:	Tegangan geser kritis (MPa)
$\sigma_{cr}$	:	Tegangan tekuk pelat kritis (MPa)
$\lambda$	:	Rasio kelangsingan badan
$\lambda_p$	:	Batas kelangsingan untuk badan kompak
$\lambda_r$	:	Batas kelangsingan untuk badan non-kompak
EFM	:	<i>Experimental failure mode</i>
NFM	:	<i>Numerical failure mode</i>
PFM	:	<i>Predicted failure mode</i>
FY	:	<i>Flexural yielding</i>
LB	:	<i>Localized buckling</i>
VY	:	<i>Shear yielding</i>
EB	:	<i>Elastic localized buckling</i>
IB	:	<i>Inelastic localized buckling</i>
$\Omega_b$	:	1,67
$\Phi_b$	:	0,90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Balok I Tercoak Tunggal.....	1-1
Gambar 1.2 Reaksi Ultimit Balok I Tercoak Tunggal (sumber : Manual AISC Edisi 14) .....	1-2
Gambar 1.3 Skematik Pengaturan Uji, Pembebanan, dan Pengaku Lateral (sumber : Yam et al., 2003).....	1-4
Gambar 1.4 Konfigurasi Pengaturan Uji Penampang (a) UB406.140.39 (b) UB457.152.52 .....	1-5
Gambar 1.5 Konfigurasi Model Spesimen.....	1-6
Gambar 1.6 Konfigurasi Pelat Penyambung.....	1-7
Gambar 1.7 Diagram Alir Penelitian .....	1-9
Gambar 2.1 Model Tekuk Pelat (sumber : Cheng dan Yura, 1984) .....	2-2
Gambar 2.2 Kurva regresi bilinear faktor penyesuaian tekuk (sumber: Cheng dan Yura, 1984) .....	2-3
Gambar 2.3 Perbandingan Hasil Persamaan Cheng dan Yura dengan Hasil Analisis Numerik BASP dalam parameter panjang coakan (sumber: Cheng dan Yura, 1984) .....	2-4
Gambar 2.4 Perbandingan Hasil Persamaan Cheng dan Yura dengan Hasil Analisis Numerik BASP dalam parameter rasio c/d (sumber: Cheng dan Yura, 1984) .....	2-5
Gambar 2.5 Tekuk Geser (Sumber : Bo Dowswell, 2018).....	2-6
Gambar 2.6 Tekuk Geser Blok (sumber: Bo Dowswell, 2018).....	2-7
Gambar 2.7 Grafik hubungan normalisasi momen dengan normalisasi kelangsingan (Sumber: Bo Dowswell, 2018).....	2-14
Gambar 3.1 Grafik Tegangan-Regangan .....	3-1
Gambar 3.2 Properti Elemen SHELL 181 (sumber : Element Reference ANSYS) .....	3-2
Gambar 3.3 Pemodelan Perletakan (a) Sendi, (b) Rol .....	3-3
Gambar 3.4 Pemodelan Beban.....	3-4
Gambar 3.5 Pemodelan Pengaku Lateral.....	3-5

Gambar 3.6 Bentuk Ragam Pertama Tekuk pada Coakan Balok.....	3-5
Gambar 4.1 Tipikal Kegagalan Tekuk Lokal Badan.....	4-2
Gambar 4.2 Distribusi Tegangan von-Mises dan Defleksi Vertikal Saat Pembebanan (a) .....	4-4
Gambar 4.3 Distribusi Tegangan von-Mises dan Defleksi Vertikal Saat Pembebanan (b).....	4-5
Gambar 4.4 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d005/343, $e_o=1,0\text{mm}$ .....	4-6
Gambar 4.5 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d01/343, $e_o=0,25\text{mm}$ .....	4-6
Gambar 4.6 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d03/343, $e_o=0,10\text{mm}$ .....	4-7
Gambar 4.7 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 457d02/388, $e_o=0,10\text{mm}$ .....	4-7
Gambar 4.8 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d005/199, $e_o=1,0\text{mm}$ .....	4-8
Gambar 4.9 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d005/398, $e_o=1,0\text{mm}$ .....	4-8
Gambar 4.10 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d01/398, $e_o=0,25\text{mm}$ .....	4-9
Gambar 4.11 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d01/199, $e_o=0,25\text{mm}$ .....	4-9
Gambar 4.12 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d03/199, $e_o=0,1\text{mm}$ .....	4-10
Gambar 4.13 Tegangan von-Mises 50%, 75%, 100% $P_{cr}$ untuk 406d03/398, $e_o=0,1\text{mm}$ .....	4-10
Gambar 4.14 Kurva hubungan beban dengan defleksi vertikal pada posisi beban dan defleksi lateral maksimum 406d005 .....	4-12
Gambar 4.15 Kurva hubungan beban dengan defleksi vertikal pada posisi beban dan defleksi lateral maksimum 406d01 .....	4-13

Gambar 4.16 Kurva hubungan beban dengan defleksi vertikal pada posisi beban dan defleksi lateral maksimum 406d03 .....	4-14
Gambar 4.17 Kurva hubungan beban dengan defleksi vertikal pada posisi beban dan defleksi lateral maksimum 457d02 .....	4-15
Gambar 4.18 Perbandingan Beban Kritis ( $P_{cr}$ ) Hasil Analisis Numerik dan Hasil Eksperimental Yam et al .....	4-19
Gambar 4.19 Perbandingan Reaksi ultimit ( $R$ ) Hasil Analisis Numerik dan Hasil Eksperimental Yam et al .....	4-19
Gambar 4.20 Perbandingan Tekuk Hasil Eksperimental dan Numerikal Spesimen 406d01 (Tampak Atas).....	4-20
Gambar 4.21 Perbandingan Tekuk Hasil Eksperimental dan Numerikal Spesimen 406d005 (Tampak Samping).....	4-21
Gambar 4.22 Kurva Hubungan Beban dan Defleksi Vertikal pada Posisi Beban pada Studi Eksperimental Yam et al. ....	4-22
Gambar 4.23 Kurva Hubungan Beban dan Defleksi Vertikal pada Posisi Beban pada Analisis Numerik ANSYS.....	4-22
Gambar 4.24 Grafik Hubungan Rasio $d_c/d$ dan Reaksi Ultimit.....	4-23
Gambar 4.25 Grafik Hubungan Rasio $d_c/d$ dan Reaksi Ultimit.....	4-24
Gambar 4.26 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $c/d=0,5$ ).....	4-27
Gambar 4.27 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $c/d=0,862$ ).....	4-27
Gambar 4.28 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $c/d=1,0$ ).....	4-28
Gambar 4.29 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $d_c/d=0,05$ ) .....	4-28
Gambar 4.30 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $d_c/d=0,10$ ) .....	4-29
Gambar 4.31 Perbandingan Hasil Manual AISC Edisi 15 dan Hasil Analisis Numerik (untuk $d_c/d=0,30$ ).....	4-29
Gambar 4.32 Grafik 3D Hubungan $d_c/d$ , $c/d$ , dan $R_{uFEA}/R_{uAISC}$ .....	4-33

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Profil Balok UB .....	1-4
Tabel 1.2 Spesifikasi Model Spesimen.....	1-6
Tabel 2.1 Kekuatan Lentur Desain .....	2-8
Tabel 2.2 Spesifikasi Spesimen pada Studi Eksperimental.....	2-12
Tabel 2.3 Perbandingan Hasil Analitikal Manual AISC dan Hasil Eksperimental untuk Ragam Kegagalan Tekuk Lokal atau Leleh Geser .....	2-13
Tabel 2.4 Perbandingan Hasil Analitikal Manual AISC dengan Hasil Eksperimental untuk Ragam Kegagalan Tekuk Geser Blok .....	2-14
Tabel 4.1 Hasil Analisis Numerik .....	4-3
Tabel 4.2 Dimensi Penampang dan Coakan spesimen pada studi eksperimental Yam et al. (2003).....	4-16
Tabel 4.3 Perbedaan tabel ukuran penampang .....	4-17
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Analisis Numerik dan Hasil Eksperimen Yam et al. .....	4-18
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Analisis Numerik dan Persamaan Manual AISC Edisi 15 .....	4-25
Tabel 4.6 Variabel Regresi .....	4-31



## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d005/199 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 2 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d005/343 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 3 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d005/398 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 4 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d01/199 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 5 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d01/343 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 6 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d01/398 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 7 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d03/199 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 8 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d03/343 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 9 : Perhitungan Reaksi Ultimit 406d03/398 Manual AISC Ed.15
- Lampiran 10 : Perhitungan Kapasitas Momen LTB penampang UB406x140x39
- Lampiran 11 : Perhitungan Kapasitas Momen LTB penampang UB457x152x52
- Lampiran 12 : Hasil Regresi dari Program MINITAB



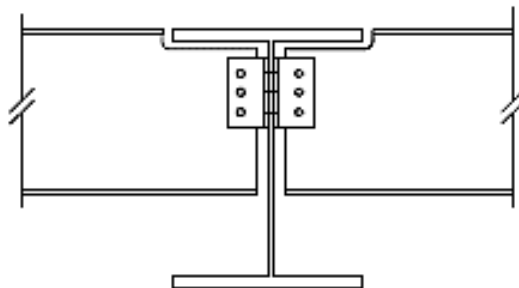
# BAB 1

## PENDAHULUAN

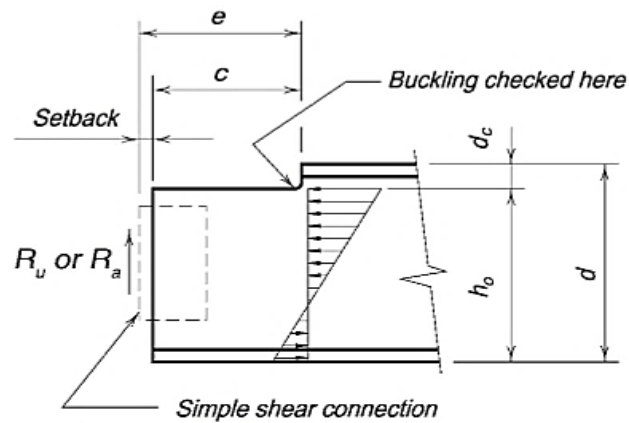
### 1.1 Latar Belakang

Sambungan antar balok baja berpenampang I sering dijumpai pada konstruksi bangunan baja. Penyambungan antar balok bergantung pada geometri dan kebutuhan dari fungsi di sambungan tersebut. Akan tetapi, sering ditemukan bagian sayap balok dicoak agar dapat disambung dengan balok lainnya. Kesamaan elevasi pada sambungan antar balok menjadi penyebab utama sayap pada balok anak dicoak, seperti pada Gambar 1.1. Coakan pada sayap balok dapat terjadi pada bagian atas, bagian bawah ataupun kedua bagian sayap yaitu, atas dan bawah.

Balok yang tercoak akan mengalami reduksi kekuatan lokal pada bagian yang di coak. Kekuatan lokal yang dimaksud adalah kuat lentur dan kuat geser di bagian coakan pada badan balok. Menurut Bo Dowswell (2017), kekuatan lokal pada bagian coakan dapat dibatasi oleh adanya tekuk. Kekuatan lokal pada balok tercoak dapat dihitung menjadi reaksi ultimit ( $R_u$ ) pada ujung balok, seperti pada Gambar 1.2. Kegagalan tekuk lokal badan sering terjadi pada badan balok yang langsing di bagian coakan. Ragam kegagalan pada balok yang dicoak bergantung pada geometri penampang, geometri coakan, jenis sambungan dan letak sambungan.



**Gambar 1.1** Balok I Tercoak Tunggal



**Gambar 1.2** Reaksi Ultimit Balok I Tercoak Tunggal  
(sumber : Manual AISC Edisi 14)

Berbagai penelitian baik eksperimental maupun analitikal telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk menentukan kekuatan lokal dan ragam kegagalan tekuk pada balok baja tercoak berpenampang I. Terdapat lima proyek penelitian eksperimental yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain, Birkemoe dan Gilmore (1978), Cheng dan Yura (1984), Rickles dan Yura (1984), Yam et al. (2003), dan Zhong et al. (2004). Birkemoe dan Gilmore (1978) telah melakukan eksperimen terhadap sebuah balok tercoak pada bagian sayap dengan sambungan *bolted clip angles*. Spesimen mengalami tekuk lokal pada bagian coakan dan disertai fraktur pada sambungan saat diberi beban kritis. Rickles dan Yura (1984) juga melakukan eksperimen pada empat spesimen balok tercoak dan mengalami gagal tekuk lokal badan inelastik. Cheng dan Yura (1984) mengembangkan prosedur desain pada Manual AISC Edisi 14 mengenai tekuk lokal pada balok tercoak. Akan tetapi, prosedur desain tersebut dibatasi dengan ketentuan geometri coakan dan batas kuat lentur pada momen leleh pertama. Studi eksperimental juga dilakukan Cheng dan Yura dengan menggunakan sepuluh spesimen untuk memverifikasi prosedur desain tersebut. Yam et al. (2003) melakukan eksperimen pada empat spesimen dan mengembangkan persamaan desain berdasarkan model tekuk geser. Zhong et al. (2004) juga telah melakukan eksperimen pada sepuluh spesimen balok tercoak dengan sambungan *welded clip angles*. Dari kesepuluh spesimen tersebut, empat spesimen mengalami gagal geser blok, dan enam spesimen lainnya mengalami kombinasi gagal geser blok dan tekuk pada bagian coakan (tekuk geser blok). Namun, dari berbagai studi tersebut, belum ada

prosedur desain yang dapat menghasilkan kekuatan lokal yang konsisten sesuai dengan hasil studi eksperimental.

Bo Dowswell (2018), menyatakan adanya perubahan prosedur desain pada Manual AISC sebelumnya yang kemudian dikembangkan pada prosedur desain “15<sup>th</sup> Edition, *Steel Construction Manual* (AISC, 2017)”. Bo Dowswell merumuskan persamaan untuk menghitung kekuatan lokal dengan meneliti adanya pengaruh kuat lentur paska leleh. Pengembangan prosedur desain tersebut juga menghilangkan batasan geometri coakan balok sehingga dapat digunakan untuk berbagai kondisi di praktik.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Inti permasalahan pada skripsi ini adalah kekuatan lokal pada balok I tercoak tunggal yang telah dihasilkan dari persamaan pada prosedur desain Manual AISC Edisi 15 tahun 2017 dan studi eksperimental yang telah dilakukan perlu diverifikasi dengan analisis numerik.

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisis kekuatan lokal dan ragam kegagalan yang terjadi pada balok I tercoak tunggal dengan metode numerik.
2. Memverifikasi hasil studi eksperimental Yam et al. (2003) dengan hasil analisis numerik pada nomor satu (1).
3. Memverifikasi kekuatan lokal balok tercoak tunggal yang telah dihasilkan dari persamaan pada prosedur desain Manual AISC Edisi 15 tahun 2017 dengan hasil analisis numerik pada nomor satu (1).

## **1.4 Pembatasan Masalah**

Pada skripsi ini, permasalahan dibatasi pada:

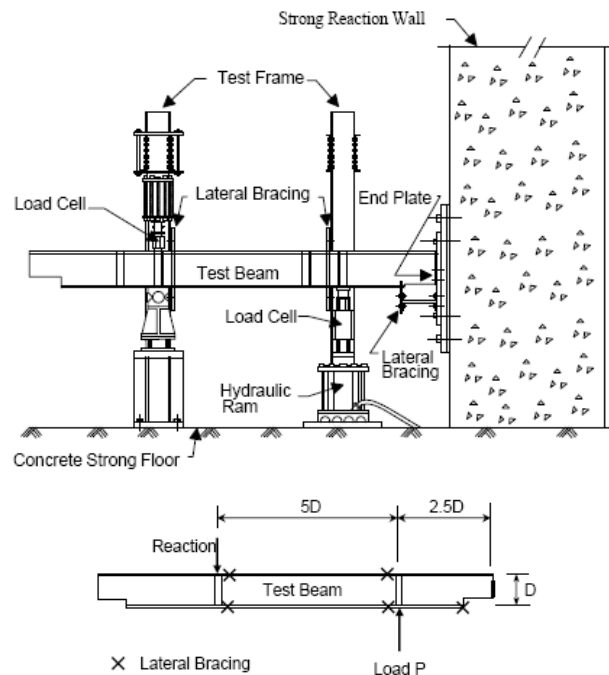
1. Pemodelan menggunakan perangkat lunak ANSYS.
2. Penampang merupakan balok baja profil I tercoak tunggal dengan pelat penyambung.

3. Material baja yang digunakan memiliki sifat *elastic-perfectly plastic*, dengan spesifikasi sebagai berikut,
- Modulus elastisitas ( $E$ ) sebesar 216.600 MPa
  - Tegangan leleh ( $F_y$ ) sebesar 343 MPa
  - Rasio *poisson* ( $\nu$ ) sebesar 0,3
4. Profil penampang yang digunakan adalah UB406x140x39 dan UB457x152x52 (BS5950,1990) yang sama dengan penampang U.S. yaitu W16X26 dan W18X26. Adapun spesifikasi profil balok UB yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.1.

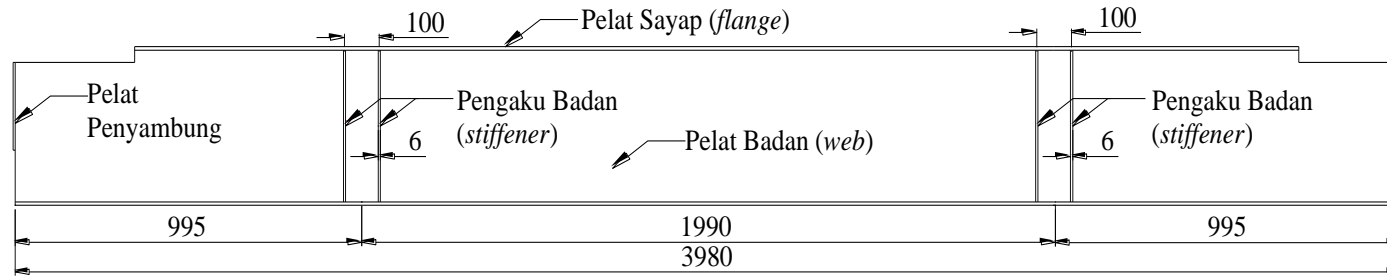
**Tabel 1.1** Profil Balok UB

No	Profil	d	$b_f$	$t_f$	$t_w$	r
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	UB 406x140x39	398	141,8	8,0	6,0	10,2
2	UB 457x152x52	449,8	152,4	10,9	7,6	10,2

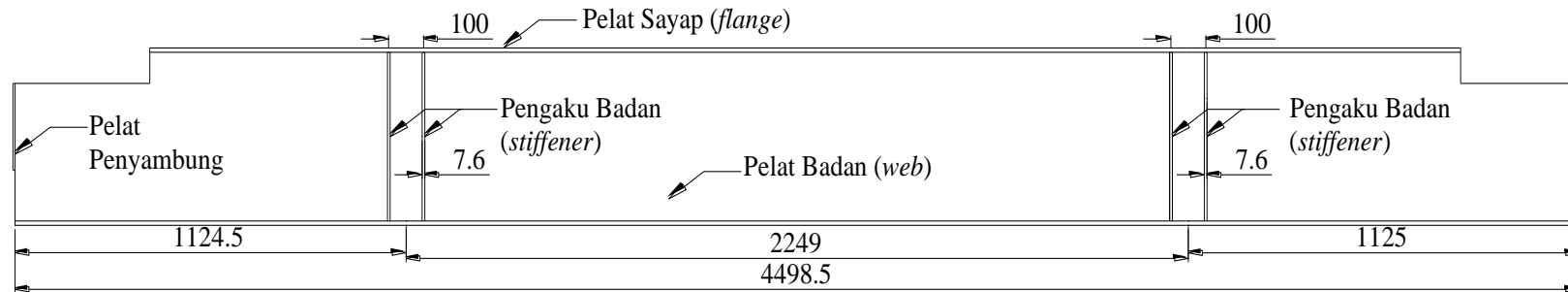
5. Pemodelan mengikuti skematik pengaturan uji pada eksperimen Yam et al (2003). Balok diberi beban ( $P$ ) dan pengaku lateral dengan konfigurasi seperti pada Gambar 1.3.



**Gambar 1.3** Skematik Pengaturan Uji, Pembebanan, dan Pengaku Lateral (sumber : Yam et al., 2003)



(a)



(b)

(satuan dalam mm)

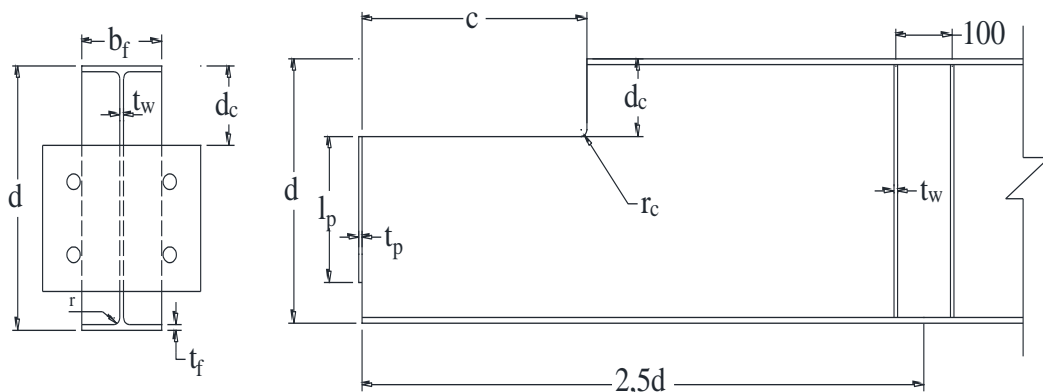
**Gambar 1.4** Konfigurasi Pengaturan Uji Penampang (a) UB406.140.39 (b) UB457.152.52

6. Konfigurasi spesimen balok dapat dilihat pada Tabel 1.2. Untuk spesimen 406d01/343, dimensi aktual diperlihatkan dalam tanda kurung “(..)” pada tabel.

**Tabel 1.2** Spesifikasi Model Spesimen

No	Spesimen	Profil	Tinggi Balok	Tinggi Coakan	Panjang Coakan	$d_c/d$	$c/d$
			$d$	$d_c$	$c$		
			(mm)	(mm)	(mm)		
1	406d005/343	1	398	19,9	342,9	0,05	0,862
2	406d01/343	1	398	39,8	342,9	0,10	0,862
3	406d03/343	1	398 (398)	119,4 (117)	342,9 (343)	0,30	0,862
4	457d02/388	2	449,8	90,0	388,0	0,20	0,862
5	406d005/199	1	398	19,9	199,0	0,10	0,50
6	406d005/398	1	398	19,9	398,0	0,10	1,00
7	406d01/199	1	398	39,8	199,0	0,10	0,50
8	406d01/398	1	398	39,8	398,0	0,10	1,00
9	406d03/199	1	398 (398)	119,4 (117)	199,0	0,10	0,50
10	406d03/398	1	398 (398)	119,4 (117)	398,0	0,10	1,00

Spesimen nomor 1-4 mengikuti makalah ilmiah Yam et al. (2003) yang akan digunakan untuk memverifikasi model pada analisis numerik. Spesimen nomor 5-10 merupakan spesimen yang dibuat dengan membedakan rasio  $c/d$  yaitu 0,5 dan 1,0. Konfigurasi spesimen dapat dilihat pada Gambar 1.5.

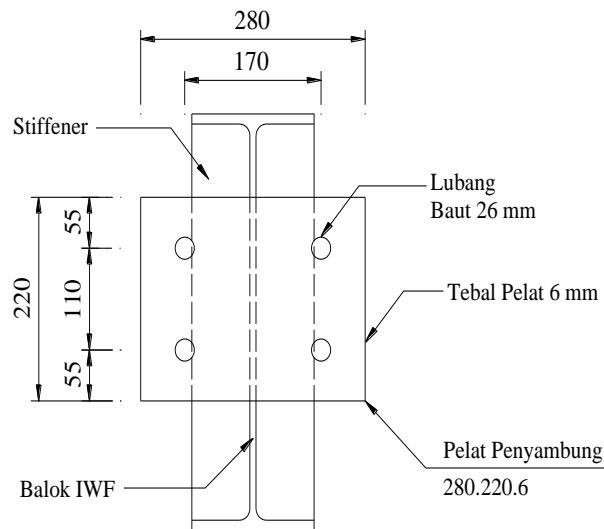


**Gambar 1.5** Konfigurasi Model Spesimen



Pada model, radius pada ujung coakan ( $r_c$ ) diasumsikan 10 mm untuk keseluruhan spesimen.

7. Pelat penyambung memiliki empat (4) buah lubang baut dengan diameter 26 mm dan tebal 6 mm. Konfigurasi pelat penyambung dapat dilihat pada Gambar 1.6.



**Gambar 1.6** Konfigurasi Pelat Penyambung

8. Jenis perletakan adalah sendi-rol. Pemodelan perletakan sendi pada lubang baut tanpa memperhitungkan adanya pengaruh interaksi antara lubang baut dan *bolt shanks*. Pada lubang baut juga tidak diperhitungkan pengaruh *washers* antara pelat penyambung dan permukaan kolom.
9. Untuk analisis non-linier, amplitudo ketidaksempurnaan geometri perlu diberikan pada masing-masing model. Besaran amplitudo ketidaksempurnaan geometri (dalam mm) yang diberikan pada masing-masing model adalah 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1,0; dan 2,0.

### **1.5 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini adalah:

a. Studi Literatur

Studi literatur dari buku, makalah ilmiah, jurnal dan sumber-sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian sehingga memperoleh dasar teori mengenai kekuatan lokal, tekuk lokal dan perilaku penampang balok baja tercoak tunggal.

b. Analisis Numerik

Melakukan pemodelan numerik dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS dan menganalisis hasil berdasarkan model numerik yang telah dibuat.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

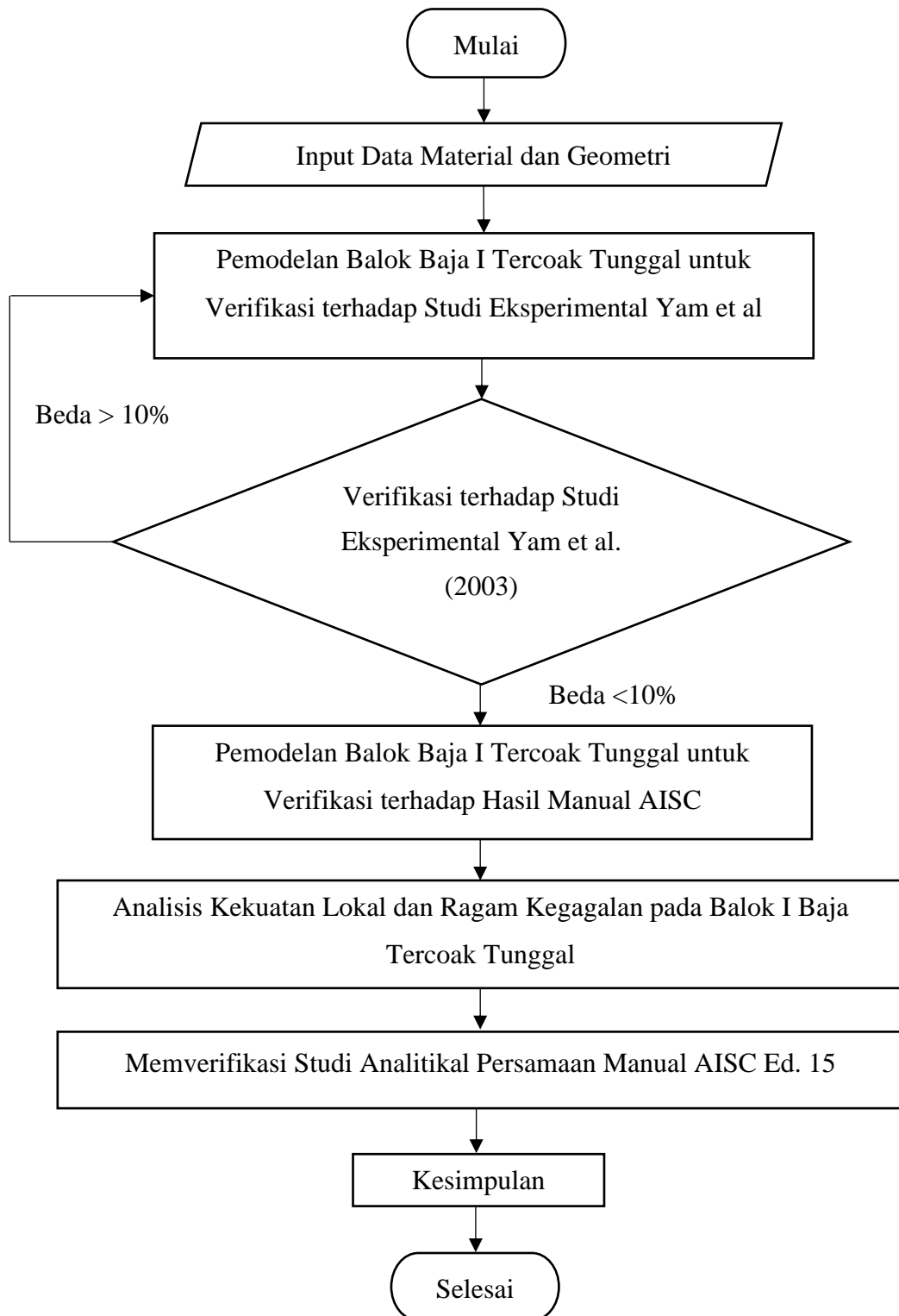
Bab I Pendahuluan, membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, batasan masalah, serta metode penelitian.

Bab II Dasar Teori, berisikan studi terdahulu dan teori-teori yang menjadi landasan dalam penyusunan studi.

Bab III Pemodelan Numerik, membahas pemodelan numerik balok I tercoak tunggal pada ANSYS.

Bab IV Analisis Hasil, berisikan analisis pada hasil pemodelan numerik dan verifikasi hasil terhadap data eksternal.

Bab V Kesimpulan dan Saran, berisikan kesimpulan analisis numerikal pada Bab IV dan saran terhadap penelitian yang dilakukan dalam studi ini.



**Gambar 1.7** Diagram Alir Penelitian