



Analisis Tekuk Probabilistik Pada Batang Tekan dari Baja Ringan



**MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**

INTISARI

Profil baja ringan memiliki dimensi ketebalan relatif tipis dengan rasio dimensi lebar setiap elemen profil terhadap tebalnya sangat besar, sehingga rawan terhadap tekuk. Dalam SNI 8399:2017, menyebutkan toleransi untuk ketidaksempurnaan geometri *Bow* (bw) (dalam arah tegak lurus Z-Z), *Twist* (h) (Arah X-X), *Camber* (δ), profil C, Z, U. SNI 8399:2017 belum dijelaskan seperti apa penurunan kekuatan kolom terhadap ketidaksempurnaan geometri tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan analogi terhadap pengukuran ketidaksempurnaan geometri pelat kerucut terpancung yang dilakukan Pariatmono, 1994. Pada penelitian Pariatmono, data dari sumbu melingkar dirobah menjadi sumbu horizontal dengan cara mengambil beberapa sudut dalam lingkaran, dalam penelitian ini diambil setiap 6° (60 data dalam satu baris) dan dijadikan data-data tersebut sebagai data dengan perilaku probablistik. Kemudian dari 60 batang yang didapat, dilakukan analisis Fourier untuk mendapatkan persamaan ketidaksempurnaan geometri. Dari 60 batang tersebut didapat masing-masing koefisien Fourier. Kemudian diambil rata-rata, rata-rata +10%, +20%, +30%, +40%, +50% serta -10%, -20%, -30%, -40% dan -50% nilai standar deviasinya. Dari 11 batang tersebut dilakukan analisis tekuk non linier menggunakan ANSYS *Workbench* 2022 R1. Analisis probabilistik batang tekan terhadap ketidaksempurnaan geometri yang dilakukan pada penelitian ini belum dapat secara pasti memberikan gambaran umum batasan ketidaksempurnaan geometri.

Kata kunci: Baja Ringan; Ketidaksempurnaan geometri; Tekuk; Lendutan.

ABSTRACT

Mild steel profiles have relatively thin thickness dimensions with the ratio of the dimensions of the width of each profile element to the thickness is very large, making it prone to bending. In SNI 8399:2017, mentions tolerances for geometric imperfections Bow (bw) (in the perpendicular direction Z-Z), Twist (h) (X-X direction), Camber, profiles C, Z, U. SNI 8399: 2017 has not been explained what kind of decrease in column strength against (δ) these geometric imperfections. In this study, an analogy was made to the measurement of imperfections in the geometry of the decapitated cone plate conducted by Pariatmono, 1994. In Pariatmono's research, data from the circular axis was changed into a horizontal axis by taking several angles in a circle, in this study it was taken every 6° (60 data in one row) and used as data with probabilistic behavior. Then from the 60 rods obtained, Fourier analysis was carried out to obtain geometric imperfection equations. From these 60 bars obtained each Fourier coefficient. Then the average is taken, averaging +10%, +20%, +30%, +40%, +50% and -10%, -20%, -30%, -40% and -50% of the standard deviation values. Of the 11 rods, a non-linear buckling analysis was carried out using ANSYS Workbench 2022 R1. The probabilistic compressive analysis of geometric imperfections conducted in this study has not been able to definitively provide a general idea of the limits of geometric imperfections.

Keywords: Cold Formed Steel; Initial Deflection; Buckling, Deflection.

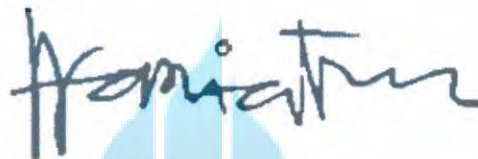


UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Tekuk Probabilistik Pada Batang Tekan dari Baja Ringan
Bentuk Tesis : Penelitian
Nama : Tuti Oktavia
NIM : 55719110061
Program : Teknik Sipil
Tanggal :

Mengesahkan
Pembimbing



(Pariatmono Sukamdo, M.Sc. Ph.D.)

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT.)



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT.)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam tesis ini:

Bentuk Tesis : Penelitian

Nama : Tuti Oktavia

NIM : 55719110061

Program : Teknik Sipil

Tanggal : 24 Agustus 2023

Merupakan hasil penelitian dan merupakan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahan data yang disajikan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 24 Agustus 2023



(Tuti Oktavia)

PERNYATAAN *SIMILARITY* CHCEK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Tuti Oktavia

NIM : 55719110061

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan Judul:

“Analisis Tekuk Probabilistik Pada Batang Tekan dari Baja Ringan” telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 29 Agustus 2023, didapatkan nilai persentase sebesar 16%.



Jakarta, 29 Agustus 2023

Administrator Turnitin



(Miyono, S. Kom)

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT serta atas segala rahmat dan karunia-Nya pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: Pengkajian Analisis Tekuk Probabilistik Pada Batang Tekan dari Baja Ringan.

Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Studi Magister Teknik Sipil di Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana Jakarta. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian karya ilmiah ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada: Bapak Pariatmono Sukamdo, M.Sc. Ph.D., sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tesis ini dari awal hingga Tesis ini dapat diselesaikan. Penulis juga berterimakasih kepada Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS, selaku penguji pada Seminar Proposal, (nama) selaku Penguji pada Ujian Tesis, (nama) Direktur Program Pascasarjana, beserta segenap jajarannya yang telah berupaya meningkatkan situasi kondusif di fakultas.

Tak lupa penulis berterimakasih kepada Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Dr. Ir. Mawardi Amin, MT. Demikian juga penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi Magister Teknik Sipil, termasuk rekan-rekan mahasiswa yang telah menaruh simpati dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada orang tua, suami dan anak-anak penulis yang dengan penuh kasih sayang dan kesabarannya mendorong penulis menyelesaikan karya ilmiah ini. Kiranya hasil penulisan ini dapat memberi sumbangsih dalam masalah pengembangan pasar modal di Indonesia.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
INTISARI.....	II
<i>ABSTRACT</i>	III
LEMBAR PENGESAHAN.....	IV
LEMBAR PERNYATAAN.....	V
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHCEK</i>	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR TABEL.....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XII
DAFTAR LAMPIRAN.....	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.4. TUJUAN.....	5
1.5. BATASAN MASALAH.....	5
1.6. RUANG LINGKUP.....	6
1.7. MANFAAT PENELITIAN.....	6
1.8. SISTEMATIKA PENULISAN.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 TEORI.....	8
2.2 CELAH PENELITIAN.....	29
2.4 KERANGKA BERPIKIR.....	30
2.5 HIPOTESIS.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 JENIS PENELITIAN.....	32
3.2 VARIABEL PENELITIAN.....	32
3.3 JENIS DAN SUMBER DATA.....	33
3.4 TEKNIK PENGUMPULAN DATA.....	37
3.5 METODE ANALISIS DATA.....	38
3.6 INDIKATOR KEBERHASILAN.....	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	66
4.1 HASIL	66
4.1.1 Data Penelitian.....	66
4.1.2 Interpolasi Data.....	66
4.1.3 Fourier	68
4.1.4 Ragam bentuk ketidaksempurnaan geometri.....	69
4.1.5 Analisis Tekuk/ <i>Buckling</i>	87
4.2 PEMBAHASAN	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
3.1 KESIMPULAN	99
3.2 SARAN	100
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN 1	105
LAMPIRAN 2	135
BIODATA PENULIS	147



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	12
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	13
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	14
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	15
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	16
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	17
Tabel 2.1 (lanjutan) Ringkasan penelitian terkait tekuk pada batang tekan	18
Tabel 2.2 Toleransi twist, bow dan camber untuk profil C, U, Z.....	20
Tabel 2.3 Pemetaan Penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan penelitian ini	19
Tabel 3.1 Nilai y_0 disepanjang bentang per 300mm	53
Tabel 3.2 Tabular Data <i>Directional Deformation</i> Hasil Analisis <i>Non-linier</i> program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 3mm	57
Tabel 3.3 Tabular Data Force Reaction Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 3mm	58
Tabel 3.4 Tabular Data <i>Directional Deformation</i> Hasil Analisis <i>Non-linier</i> program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 9mm	59
Tabel 3.4 (lanjutan) Tabular Data <i>Directional Deformation</i> Hasil Analisis <i>Non-linier</i> program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 9mm.....	60
Tabel 3.5 Tabular Data Force Reaction Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 9mm.....	60
Tabel 3.5 (lanjutan) Tabular Data Force Reaction Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 9mm	61
Tabel 3.6 Tabular Data <i>Directional Deformation</i> Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 15mm	61
Tabel 3.6 (lanjutan) Tabular Data <i>Directional Deformation</i> Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 15mm.....	61
Tabel 3.7 Tabular Data Force Reaction Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 15mm.....	63
Tabel 3.7 (lanjutan) Tabular Data Force Reaction Hasil Analisis Non-linier program ANSYS pada ketidaksempurnaan geometri sebesar 15mm	63

Tabel 4.1 Nilai-nilai koefisien dalam persamaan Fourier dengan Matlab R2021a	72
Tabel 4.1 (lanjutan) Nilai-nilai koefisien dalam persamaan Fourier dengan Matlab R2021a	73
Tabel 4.2 Nilai $f(x)$ yang didapatkan dari persamaan Fourier rata-rata, koefisien Fourier rata-rata +10% standar deviasi terhadap jarak pengukuran	82
Tabel 4.2 (lanjutan) Nilai $f(x)$ yang didapatkan dari persamaan Fourier rata-rata, koefisien Fourier rata-rata +10% standar deviasi terhadap jarak pengukuran	83
Tabel 4.3 Deformasi batang akibat beban 1N yang diberikan secara bertahap (50 tahap) .	90
Tabel 4.4 Gaya Reaksi batang akibat beban 1N yang diberikan secara bertahap (50 tahap)	91
Tabel 4.5 Penurunan Kapasitas Beban Tekan pada batang rata-rata, rata-rata +10% sd. +50% standar deviasi, rata-rata -10% sd. -50% standar deviasi	94
Tabel 4.6 Nilai ketidaksempurnaan geometri dan P/Pcr yang dihasilkan setelah pembebanan pada semua sampel	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tahap pembentukan Profil C ⁺	2
Gambar 1.2 Diagram Bunga Pembentukan Profil C ⁺	3
Gambar 1.3 Pengaruh jumlah tahapan terhadap hasil pembentukan.....	3
Gambar 1.4 Jenis ketidaksempurnaan geometri pada member struktur baja CFS: (a) penampang ideal; (b) mahkota; (c) penyok; (d) puntiran (tampilan penampang);.....	4
Gambar 2.1 Grafik ketidaksempurnaan geometri data pengukuran ketidaksempurnaan geometri kerucut terpancung baris ke-1	23
Gambar 2.2 Panjang tekuk untuk beberapa kondisi perletakan.....	26
Gambar 2.3 Kolom Euler.....	27
Gambar 3.1 Hubungan variabel penelitian.....	33
Gambar 3.2 Ketidaksempurnaan geometri dan Deformasi Pasca-Tekuk dari Cangkang Kerucut Terpancung, Baris ke-1 hingga Baris ke-14	34
Gambar 3.3 Ketidaksempurnaan geometri dan Deformasi Pasca-Tekuk dari Cangkang Kerucut Terpancung, Baris ke-15 hingga Baris ke-40	35
Gambar 3.4 Data ketidaksempurnaan geometri hasil digitasi dari kasus kerucut terpancung	36
Gambar 3.5 Perbandingan ketidaksempurnaan geometri antara hasil pengukuran (atas, garis tebal) dengan hasil perangkat lunak (bawah, garis biru).....	36
Gambar 3.6 Bagan Alir Penelitian.....	39
Gambar 3.7 Bagan Alir Programan MATHLAB	40
Gambar 3.8 Bagan Alir pemograman pada Program ANSYS <i>Workbench</i> 2022 R1	41
Gambar 3.9 Sketsa pengukuran kerucut terpancung yang dilakukan oleh Pariatmono, 1994 dan penelitian saat ini	41
Gambar 3.10 Ketidaksempurnaan geometri kolom: (a) simpangan awal kolom (b) diagram <i>free body</i>	44
Gambar 3.11 Analisis Elemen Hingga Non-linear pada program ANSYS.....	50
Gambar 3.12 Input parameter material non linear di ANSYS	51
Gambar 3.13 Profil penampang.....	51

Gambar 3.14 P/P_e vs. δ_{total}/L	52
Gambar 3.15 Model ketidaksempurnaan geometri.....	53
Gambar 3.16 Input geometry (untuk $\delta_0 = 3\text{mm}$).....	53
Gambar 3.17 <i>Meshing</i>	54
Gambar 3.18 <i>Simply Supported</i>	54
Gambar 3.19 Pembeban sebesar 1N.....	55
Gambar 3.20 Deformasi Mode 1	55
Gambar 3.21 Deformasi Mode 2	56
Gambar 3.22 Deformasi Mode 3	56
Gambar 3.23 Beban vs. simpangan total maksimum untuk kolom tidak sempurna	65
Gambar 4.1 Output interpolasi pada 6°	67
Gambar 4.2 Grafik ketidaksempurnaan geometri pada batang 6° , 12° dan 18° baris 1 sd. baris 40	67
Gambar 4.3 Ploting Data x dan y pada batang 6°	68
Gambar 4.4 Koefien persamaan umum Fourier yang didapat dari analisis Fourier dengan program matlab.....	69
Gambar 4.5 Kurva Distribusi Normal	70
Gambar 4.6 Besarnya ketidaksempurnaan geometri awal a_0	70
Gambar 4.7 Histogram nilai rata-rata koefisien Fourier.....	79
Gambar 4.8 Model 11 batang dengan ketidaksempurnaan geometri berdasarkan persamaan Fourier koefisien rata-rata, rata-rata+10%, +20%, +30%, +40%, +50%, -10%, -20%, -30%, -40% dan -50% standar deviasi	86
Gambar 4.9 Model kerucut terpancung yang digunakan dalam pengukuran ketidaksempurnaan geometri oleh Pariatmono, 1994.....	87
Gambar 4.10 Model batang tekan dengan kondisi lurus sempurna.....	88
Gambar 4.11 Model batang tekan dengan kondisi ketidaksempurnaan geometri (dari kiri ke kanan) dari persamaan Fourier rata-rata, persamaan Fourier rata-rata -50%, -40%, -30%, -20%, -10%, dan dari persamaan Fourier rata-rata +10%, +20%, +30%, +40% dan +50% nilai standar deviasi persamaan Fourier	88
Gambar 4.12 Penampang batang tekan	89
Gambar 4.13 Nilai deformasi pada batang (rata-rata koefisien persamaan Fourier).....	

Gambar 4.14 Grafik P/Pe vs. σ_{total}/L batang (rata-rata)	93
Gambar 4.15 Grafik P/Pcr masing-masing sampel uji	94
Gambar 4.16 Grafik Kapasitas beban akibat ketidaksempurnaan geometri batang setelah dilakukan pembebanan bertahap (50 tahap) sebesar 1N	95
Gambar 4.17 Grafik P/Pe vs. σ_{total}/L semua sampel uji	96



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel nilai interpolasi Batang (6° sd 270° baris 1 sd. 20)	7
Lampiran 2. Tabel nilai interpolasi Batang (276° sd 360° baris 1 sd. 20)	8
Lampiran 3. Tabel nilai interpolasi Batang (6° sd 180° baris 21 sd. 40)	8
Lampiran 4. Tabel nilai interpolasi Batang (186° sd 360° baris 21 sd. 40)	9
Lampiran 5. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata -50% standar deviasi)	10
Lampiran 6. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata -40% standar deviasi)	10
Lampiran 7. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata -30% standar deviasi)	11
Lampiran 8. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata -20% standar deviasi)	11
Lampiran 9. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata -10% standar deviasi)	12
Lampiran 10. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata +10% standar deviasi)	12
Lampiran 11. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata +20% standar deviasi)	13
Lampiran 12. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata +30% standar deviasi)	13
Lampiran 13. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata +40% standar deviasi)	14
Lampiran 14. Grafik P/Pe vs. $\frac{\text{total}}{\text{L}}$ Batang (rata-rata +50% standar deviasi)	14
Lampiran 15. Tabel Deformasi Batang (rata-rata -50% standar deviasi).....	15
Lampiran 16. Tabel Deformasi Batang (rata-rata -40% standar deviasi).....	16
Lampiran 17. Tabel Deformasi Batang (rata-rata -30% standar deviasi).....	17
Lampiran 18. Tabel Deformasi Batang (rata-rata -20% standar deviasi).....	18
Lampiran 19. Tabel Deformasi Batang (rata-rata -10% standar deviasi).....	19
Lampiran 20. Tabel Deformasi Batang (rata-rata +10% standar deviasi).....	20
Lampiran 21. Tabel Deformasi Batang (rata-rata +20% standar deviasi).....	21
Lampiran 22. Tabel Deformasi Batang (rata-rata +30% standar deviasi).....	22
Lampiran 23. Tabel Deformasi Batang (rata-rata +40% standar deviasi).....	23
Lampiran 24. Tabel Deformasi Batang (rata-rata +50% standar deviasi).....	24
Lampiran 25. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata -50% standar deviasi).....	25
Lampiran 26. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata -40% standar deviasi).....	26
Lampiran 27. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata -30% standar deviasi).....	27
Lampiran 28. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata -20% standar deviasi).....	28
Lampiran 29. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata -10% standar deviasi).....	29
Lampiran 30. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata +10% standar deviasi).....	30
Lampiran 31. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata +20% standar deviasi).....	31

Lampiran 32. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata +30% standar deviasi).....	32
Lampiran 33. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata +40% standar deviasi).....	33
Lampiran 34. Tabel <i>Force Reaction</i> Batang (rata-rata +50% standar deviasi).....	34

