

SKRIPSI

**ANALISIS TEKUK ELASTIS KOLOM BOKS
NONPRISMATIS DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA**



**DAI GRATIA RAFLESIA CHRISTIAN PARDEDE
NPM : 2011410179**

PEMBIMBING: Nenny Samudra, Ir., M.T.

**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
JULI 2018**

SKRIPSI

**ANALISIS TEKUK ELASTIS KOLOM BOKS
NONPRISMATIS DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA**



**DAI GRATIA RAFLESIA CHRISTIAN PARDEDE
NPM : 2011410179**

PEMBIMBING: Nenny Samudra, Ir., M.T.

**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
JULI 2018**



SKRIPSI

**ANALISIS TEKUK ELASTIS KOLOM BOKS
NONPRISMATIS DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA**



**DAI GRATIA RAFLESIA CHRISTIAN PARDEDE
NPM : 2011410179**

BANDUNG, 6 JULI 2018

PEMBIMBING:

Nenny Samudra, Ir., M.T.

**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
JULI 2018**



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dai Gratia Raflesia Christian Pardede

NPM : 2011410179

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Tekuk Elastis Kolom Boks Nonprismatis dengan Metode Elemen Hingga” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 6 Juli 2018



Dai Gratia Raflesia Christian Pardede

2011410179

ANALISIS TEKUK ELASTIS KOLOM BOKS NONPRISMATIS DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Dai Gratia Raflesia Christian Pardede
NPM : 2011410179

Pembimbing : Nenny Samudra, Ir., M.T.

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
JULI 2018

ABSTRAK

Saat ini tidak terdapat persamaan umum untuk menghitung beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis. Oleh sebab itu, hubungan antara beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis perlu dipelajari. Selain itu, beban kritis dan perilaku tekuk elastis kolom boks nonprismatis juga dipelajari berdasarkan jenis perletakkannya. Analisis tekuk elastis dilakukan dengan menggunakan program komputer analisis struktur berbasis metode elemen hingga *ADINA* 9.3.3. Analisis dilakukan terhadap kolom-kolom boks nonprismatis dan prismatis dengan perletakkan jepit-bebas, jepit-jepit, jepit-sendi, dan sendi-sendi. Hasil analisis adalah beban kritis dan ragam tekuk. Rasio beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis (α) ditentukan dan dibandingkan berdasarkan parameter tinggi kolom dan momen inersia. Tinjauan terhadap tinggi kolom menunjukkan bahwa secara praktis, parameter tersebut tidak mempengaruhi nilai α . Sementara itu, tinjauan terhadap parameter momen inersia, yaitu rasio antara momen inersia penampang ujung atas dan bawah kolom (β), menunjukkan bahwa nilai α dipengaruhi oleh nilai β . Hubungan antara α dan β dinyatakan dalam bentuk grafik dan persamaan berdasarkan kombinasi perletakkannya. Diperoleh dua buah persamaan hubungan antara α dan β , yaitu persamaan untuk kolom dengan perletakkan jepit-bebas dan persamaan untuk kolom dengan perletakkan jepit-jepit, jepit-sendi, dan sendi-sendi. Selain itu, berdasarkan perbandingan nilai-nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis untuk tiap jenis perletakkan, diketahui bahwa konsep faktor panjang efektif (K) dapat digunakan untuk kolom-kolom boks nonprismatis dengan perletakkan jepit-jepit, jepit-sendi, dan sendi-sendi, tetapi tidak untuk kolom boks nonprismatis dengan perletakkan jepit-bebas.

Kata kunci: Kolom Boks, Tekuk Elastis, Nonprismatis, Metode Elemen Hingga, Beban Kritis

ELASTIC BUCKLING ANALYSIS OF TAPERED BOX COLUMN WITH FINITE ELEMENT METHOD

Dai Gratia Raflesia Christian Pardede
NPM : 2011410179

Advisor : Nenny Samudra, Ir., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JULY 2018

ABSTRACT

Currently there is no general equation or formula that can be used to calculate the critical load of elastic tapered box columns. Therefore, the relationship between the critical load of elastic tapered and prismatic box columns needs to be studied. The critical loads and behavior of elastic tapered box columns based on the support or boundary conditions were also studied. Elastic buckling analysis was conducted by using a structural analysis program that is based on the finite element method, ADINA 9.3.3. Analyses were conducted on tapered and prismatic box columns with fixed-free, fixed-fixed, fixed-pinned, and pinned-pinned support conditions. The results of those analyses were the critical load and mode shape. Ratio between the critical load of elastic tapered and prismatic box columns (α) were determined and compared based on two parameters: column height and moment of inertia. Based on the study conducted on column height, it could be concluded that α is practically independent of it. On the other hand, the study conducted on moment of inertia, which was represented by the ratio between the upper and lower-end section's moment of inertia (β), showed that α is affected by it. The relationship between α and β were presented in the form of graphs and equations based on the support conditions. Two equations were obtained, one for columns with fixed-free support condition and the other one for columns with fixed-fixed, fixed-pinned, and pinned-pinned support conditions. Furthermore, based on the comparison between critical loads of elastic tapered box columns for each support condition, it could be concluded that the effective length factor (K) concept is applicable to columns with fixed-fixed, fixed-pinned, and pinned-pinned support conditions, but not to columns with fixed-free support condition.

Keywords: Box Column, Elastic Buckling, Nonprismatic, Finite Element Method, Critical Load, Tapered

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena hanya oleh rahmat dan kehendak-Nya skripsi yang berjudul “Analisis Tekuk Elastis Kolom Boks Nonprismatis dengan Metode Elemen Hingga” ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi pada tingkat Strata-1 atau sarjana di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Namun, kritik, saran, dan dorongan yang diberikan oleh banyak pihak membuat penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Nenny Samudra, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kasih telah membimbing, meluangkan banyak waktu, dan mendorong penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran, serta membagikan pengetahuan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Ibu Dr.-Ing. Dina Rubiana Widarda selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Ketua Komunitas Bidang Ilmu Teknik Struktur yang telah memberikan banyak kesempatan dan dorongan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Keluarga penulis yang dengan penuh cinta kasih terus memberikan dukungan moril dan materiil agar skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Seluruh pihak lain yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis memohon kritik dan saran dari para pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi

ilmu pengetahuan dan para pembaca sekalian. Atas perhatian dari para pembaca,
penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, 6 Juli 2018



Dai Gratia Raflesia Christian Pardede
2011410179

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
BAB 1	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penulisan.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-3
BAB 2	2-1
2.1 Tekuk dan Stabilitas Kolom	2-1
2.1.1 Beban Kritis Tekuk Elastis Kolom.....	2-3
2.1.2 Konsep Panjang Efektif	2-8
2.2 Kolom Boks	2-9
2.3 Kolom Boks Nonprismatis	2-13
2.4 Metode Elemen Hingga.....	2-14
2.4.1 Elemen <i>Shell</i> (Cangkang)	2-17
2.4.2 Elemen <i>Shell MITC4</i> pada Program Komputer <i>ADINA</i> 9.3.3	2-19
2.4.3 <i>Linearized Buckling Analysis</i> pada Program Komputer <i>ADINA</i> 9.3.3.....	2-20
BAB 3	3-1
3.1 Pemodelan Material	3-1

3.2	Pemodelan Kolom dengan Elemen <i>Shell</i>	3-1
3.3	Pemodelan Perletakkan	3-3
3.3.1	Pemodelan Perletakkan Jepit-Bebas.....	3-3
3.3.2	Pemodelan Perletakkan Jepit-Jepit.....	3-5
3.3.3	Pemodelan Perletakkan Jepit-Sendi	3-6
3.3.4	Pemodelan Perletakkan Sendi-Sendi.....	3-8
3.4	Pemodelan Pembebanan	3-9
BAB 4	.....	4-1
4.1	Pendahuluan.....	4-1
4.2	Tinjauan terhadap Tinggi Kolom (L)	4-2
4.3	Tinjauan terhadap Momen Inersia (I).....	4-21
4.4	Perbandingan Nilai Beban Kritis Kolom Boks Nonprismatis berdasarkan Kombinasi Perletakkan	4-49
BAB 5	.....	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA	.....	xxvii

DAFTAR NOTASI

A	: Luas penampang kolom
b	: Lebar penampang kolom
$\{D\}$	: Vektor peralihan
E	: Modulus elastisitas
I	: Momen inersia
K	: Faktor panjang efektif
$[K]$	: Matriks kekakuan struktur
$[K_G]$	: Matriks kekakuan geometri
$[k]$	: Matriks kekakuan elemen
L	: Tinggi kolom
L_e	: Panjang efektif kolom
M	: Momen lentur
P	: Beban atau gaya
P_{cr}	: Beban kritis tekuk kolom boks prismatis
P_{cr}'	: Beban kritis tekuk kolom boks nonprismatis
$\{R\}$	: Vektor beban
t	: Tebal penampang kolom Tebal <i>shell</i>
u	: Translasi searah sumbu x <i>shell</i>
v	: Translasi searah sumbu y <i>shell</i> Peralihan lateral kolom akibat tekuk
w	: Peralihan searah sumbu z <i>shell</i>
α	: Rasio beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis
β	: Rasio momen inersia penampang ujung atas dan bawah kolom boks nonprismatis
θ	: Rotasi
λ	: <i>Load factor</i> (faktor beban)
ν	: Rasio Poisson
π	: Pi
σ	: Tegangan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tampak Atas dan Samping Kolom Boks Nonprismatis.....	1-3
Gambar 2.1	Kolom yang Dibebani Gaya Aksial Tekan dan Mengalami Tekuk (Gere dan Goodno, 2013)	2-1
Gambar 2.2	Diagram Hubungan antara Gaya Aksial Tekan dan Peralihan Lateral untuk Tiap Kondisi Keseimbangan (Gere dan Goodno, 2013).....	2-3
Gambar 2.3	Kolom Ideal dan Elastis dengan Perletakkan Sendi-Sendi yang Mengalami Tekuk (Gere dan Goodno, 2013)	2-4
Gambar 2.4	Tinjauan terhadap Kolom Ideal dan Elastis dengan Perletakkan Sendi-Sendi pada Titik yang Mengalami Peralihan Maksimum (Gere dan Goodno, 2013)	2-4
Gambar 2.5	Ragam Tekuk Kolom Ideal dan Elastis dengan Perletakkan Sendi-Sendi untuk Nilai $n = 1$ dan $n = 2$ (Gere dan Goodno, 2013).....	2-7
Gambar 2.6	Beban Kritis, Peralihan Tekuk, dan Faktor Panjang Efektif Kolom Ideal dan Elastis untuk Beberapa Jenis Perletakkan (Gere dan Goodno, 2013).....	2-9
Gambar 2.7	<i>Square</i> dan <i>Rectangular Hollow Section</i> (Segui, 2013).....	2-10
Gambar 2.8	Grafik Perbandingan antara Tegangan Kritis Tekuk dan Massa untuk Beberapa Jenis Profil Baja (Wardenier, et al., 2010).....	2-10
Gambar 2.9	Proses Pembentukan Baja <i>RHS</i> dari Baja <i>CHS</i> dengan Metode Canai Panas (Wardenier, et al., 2010).....	2-11
Gambar 2.10	Proses Pengelasan Memanjang pada Profil <i>CHS</i> (Wardenier, et al., 2010).....	2-12
Gambar 2.11	Kolom Nonprismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi (Gere dan Goodno, 2013).....	2-13
Gambar 2.12	Struktur <i>Gable Frame</i> yang Menggunakan Kolom Boks Nonprismatis (Coresteel Buildings, 2016)	2-13
Gambar 2.13	Ilustrasi Struktur yang Terdiri atas Elemen-elemen dan Titik-titik Nodal (Cook, 1995).....	2-15

Gambar 2.14	(a) Elemen Solid dengan 20 Titik Nodal, (b) Elemen <i>Shell</i> dengan 8 Titik Nodal, dan (c) Derajat Kebebasan Titik Nodal <i>b</i> (Cook, 1995).....	2-18
Gambar 2.15	Elemen <i>Shell MITC4</i> (ADINA R & D, Inc., 2017).....	2-20
Gambar 3.1	Model Kolom Boks Prismatis yang Sudah Melalui Proses <i>Meshing</i>	3-2
Gambar 3.2	Ujung Atas Kolom Boks Prismatis yang Sudah Melalui Proses <i>Meshing</i>	3-2
Gambar 3.3	Ujung Bawah Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Bebas	3-4
Gambar 3.4	Ujung Atas Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Bebas yang Diperkuat dengan <i>Stiffener</i>	3-5
Gambar 3.5	Ujung Bawah Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	3-6
Gambar 3.6	Ujung Atas Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	3-6
Gambar 3.7	Ujung Bawah Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Sendi.....	3-7
Gambar 3.8	Ujung Atas Kolom Boks dengan Perletakkan Jepit-Sendi yang Diperkuat dengan <i>Stiffener</i>	3-7
Gambar 3.9	Ujung Bawah Kolom Boks dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	3-8
Gambar 3.10	Ujung Atas Kolom Boks dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	3-8
Gambar 3.11	Pemodelan Pembebanan pada Ujung Atas Kolom Boks.....	3-10
Gambar 4.1	Hasil Analisis Tekuk Kolom Boks Prismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi yang Dilihat Melalui Fitur <i>Post-Processing ADINA 9.3.3</i>	4-5
Gambar 4.2	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-7
Gambar 4.3	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-8
Gambar 4.4	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-8

Gambar 4.5	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-9
Gambar 4.6	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-9
Gambar 4.7	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-10
Gambar 4.8	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-10
Gambar 4.9	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-11
Gambar 4.10	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-11
Gambar 4.11	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-12
Gambar 4.12	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-12
Gambar 4.13	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-13
Gambar 4.14	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-13
Gambar 4.15	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-14
Gambar 4.16	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-14
Gambar 4.17	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-15
Gambar 4.18	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-15
Gambar 4.19	Kurva Konvergensi Kolom 250-100-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-16
Gambar 4.20	Kurva Konvergensi Kolom 300-150-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-16

Gambar 4.21	Kurva Konvergensi Kolom	300-150-7000	dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-17
Gambar 4.22	Kurva Konvergensi Kolom	300-150-8400	dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-17
Gambar 4.23	Kurva Konvergensi Kolom	250-100-5600	dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-18
Gambar 4.24	Kurva Konvergensi Kolom	250-100-7000	dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-18
Gambar 4.25	Kurva Konvergensi Kolom	250-100-8400	dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-19
Gambar 4.26	Kurva Konvergensi Kolom	350-170-4200	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-25
Gambar 4.27	Kurva Konvergensi Kolom	350-230-4200	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-25
Gambar 4.28	Kurva Konvergensi Kolom	350-290-4200	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-26
Gambar 4.29	Kurva Konvergensi Kolom	300-200-3500	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-26
Gambar 4.30	Kurva Konvergensi Kolom	300-250-3500	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-27
Gambar 4.31	Kurva Konvergensi Kolom	250-130-2800	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-27
Gambar 4.32	Kurva Konvergensi Kolom	250-170-2800	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-28
Gambar 4.33	Kurva Konvergensi Kolom	250-210-2800	dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-28
Gambar 4.34	Kurva Konvergensi Kolom	350-170-16800	dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-29
Gambar 4.35	Kurva Konvergensi Kolom	350-230-16800	dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-29
Gambar 4.36	Kurva Konvergensi Kolom	350-290-16800	dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-30

Gambar 4.37	Kurva Konvergensi Kolom	300-200-14000	dengan	Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-30
Gambar 4.38	Kurva Konvergensi Kolom	300-250-14000	dengan	Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-31
Gambar 4.39	Kurva Konvergensi Kolom	250-130-11200	dengan	Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-31
Gambar 4.40	Kurva Konvergensi Kolom	250-170-11200	dengan	Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-32
Gambar 4.41	Kurva Konvergensi Kolom	250-210-11200	dengan	Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-32
Gambar 4.42	Kurva Konvergensi Kolom	350-170-12000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-33
Gambar 4.43	Kurva Konvergensi Kolom	350-230-12000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-33
Gambar 4.44	Kurva Konvergensi Kolom	350-290-12000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-34
Gambar 4.45	Kurva Konvergensi Kolom	300-200-10000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-34
Gambar 4.46	Kurva Konvergensi Kolom	300-250-10000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-35
Gambar 4.47	Kurva Konvergensi Kolom	250-130-8000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-35
Gambar 4.48	Kurva Konvergensi Kolom	250-170-8000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-36
Gambar 4.49	Kurva Konvergensi Kolom	250-210-8000	dengan	Perletakkan Jepit-Sendi.....	4-36
Gambar 4.50	Kurva Konvergensi Kolom	350-170-8400	dengan	Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-37
Gambar 4.51	Kurva Konvergensi Kolom	350-230-8400	dengan	Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-37
Gambar 4.52	Kurva Konvergensi Kolom	350-290-8400	dengan	Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-38

Gambar 4.53	Kurva Konvergensi Kolom 300-200-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-39
Gambar 4.54	Kurva Konvergensi Kolom 300-250-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-39
Gambar 4.55	Kurva Konvergensi Kolom 250-130-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-40
Gambar 4.56	Kurva Konvergensi Kolom 250-170-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-40
Gambar 4.57	Kurva Konvergensi Kolom 250-210-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-41
Gambar 4.58	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Bebas pada Ruang dengan Tiga Sumbu Koordinat	4-43
Gambar 4.59	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Bebas pada Bidang dengan Dua Sumbu Koordinat	4-44
Gambar 4.60	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Jepit pada Ruang dengan Tiga Sumbu Koordinat	4-44
Gambar 4.61	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Jepit pada Bidang dengan Dua Sumbu Koordinat	4-44
Gambar 4.62	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Sendi pada Ruang dengan Tiga Sumbu Koordinat	4-44
Gambar 4.63	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Sendi pada Bidang dengan Dua Sumbu Koordinat	4-45
Gambar 4.64	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi pada Ruang dengan Tiga Sumbu Koordinat	4-45

Gambar 4.65	Ragam Tekuk Pertama Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi pada Bidang dengan Dua Sumbu Koordinat	4-45
Gambar 4.66	Perbandingan antara Nilai α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-47
Gambar 4.67	Perbandingan antara Nilai α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-48
Gambar 4.68	Perbandingan antara Nilai α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-48
Gambar 4.69	Perbandingan antara Nilai α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-48
Gambar 4.70	Perbandingan Nilai Beban Kritis Kolom Boks Nonprismatis berdasarkan Jenis Perletakkan.....	4-50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Nilai Konstanta Torsi Beberapa Profil Baja dengan Nilai Massa yang Setara (Wardenier, et al., 2010)	2-11
Tabel 4.1	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Bebas untuk Tinjauan terhadap Tinggi Kolom	4-2
Tabel 4.2	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Jepit untuk Tinjauan terhadap Tinggi Kolom	4-2
Tabel 4.3	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Sendi untuk Tinjauan terhadap Tinggi Kolom.....	4-3
Tabel 4.4	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi untuk Tinjauan terhadap Tinggi Kolom	4-3
Tabel 4.5	Perbandingan antara P_{cr} ADINA dan P_{cr} Teoritis untuk Tinjauan terhadap Tinggi Kolom.....	4-5
Tabel 4.6	Konvergensi Kolom 300-150-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-7
Tabel 4.7	Konvergensi Kolom 300-150-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-8
Tabel 4.8	Konvergensi Kolom 300-150-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-8
Tabel 4.9	Konvergensi Kolom 250-100-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-9
Tabel 4.10	Konvergensi Kolom 250-100-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-9
Tabel 4.11	Konvergensi Kolom 250-100-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-10
Tabel 4.12	Konvergensi Kolom 300-150-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-10
Tabel 4.13	Konvergensi Kolom 300-150-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-11
Tabel 4.14	Konvergensi Kolom 300-150-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-11

Tabel 4.15	Konvergensi Kolom 250-100-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-12
Tabel 4.16	Konvergensi Kolom 250-100-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-12
Tabel 4.17	Konvergensi Kolom 250-100-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-13
Tabel 4.18	Konvergensi Kolom 300-150-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-13
Tabel 4.19	Konvergensi Kolom 300-150-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-14
Tabel 4.20	Konvergensi Kolom 300-150-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-14
Tabel 4.21	Konvergensi Kolom 250-100-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-15
Tabel 4.22	Konvergensi Kolom 250-100-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-15
Tabel 4.23	Konvergensi Kolom 250-100-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-16
Tabel 4.24	Konvergensi Kolom 300-150-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-16
Tabel 4.25	Konvergensi Kolom 300-150-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-17
Tabel 4.26	Konvergensi Kolom 300-150-8400 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-17
Tabel 4.27	Konvergensi Kolom 250-100-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-18
Tabel 4.28	Konvergensi Kolom 250-100-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-18
Tabel 4.29	Konvergensi Kolom 250-100-8400 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-19
Tabel 4.30	Nilai α berdasarkan Tinggi Kolom untuk Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-19

Tabel 4.31	Nilai α berdasarkan Tinggi Kolom untuk Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-20
Tabel 4.32	Nilai α berdasarkan Tinggi Kolom untuk Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-20
Tabel 4.33	Nilai α berdasarkan Tinggi Kolom untuk Kolom-kolom dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-20
Tabel 4.34	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Bebas untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia.....	4-22
Tabel 4.35	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Jepit untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia.....	4-22
Tabel 4.36	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Jepit-Sendi untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-23
Tabel 4.37	Geometri Kolom Boks Nonprismatis dengan Perletakkan Sendi-Sendi untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia.....	4-23
Tabel 4.38	Perbandingan antara P_{cr} ADINA dan P_{cr} Teoritis untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-24
Tabel 4.39	Konvergensi Kolom 350-170-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-25
Tabel 4.40	Konvergensi Kolom 350-230-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-25
Tabel 4.41	Konvergensi Kolom 350-290-4200 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-26
Tabel 4.42	Konvergensi Kolom 300-200-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-26
Tabel 4.43	Konvergensi Kolom 300-250-3500 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-27
Tabel 4.44	Konvergensi Kolom 250-130-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-27
Tabel 4.45	Konvergensi Kolom 250-170-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-28
Tabel 4.46	Konvergensi Kolom 250-210-2800 dengan Perletakkan Jepit-Bebas.....	4-28

Tabel 4.47	Konvergensi Kolom 350-170-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-29
Tabel 4.48	Konvergensi Kolom 350-230-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-29
Tabel 4.49	Konvergensi Kolom 350-290-16800 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-30
Tabel 4.50	Konvergensi Kolom 300-200-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-30
Tabel 4.51	Konvergensi Kolom 300-250-14000 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-31
Tabel 4.52	Konvergensi Kolom 250-130-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-31
Tabel 4.53	Konvergensi Kolom 250-170-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-32
Tabel 4.54	Konvergensi Kolom 250-210-11200 dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-32
Tabel 4.55	Konvergensi Kolom 350-170-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-33
Tabel 4.56	Konvergensi Kolom 350-230-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-33
Tabel 4.57	Konvergensi Kolom 350-290-12000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-34
Tabel 4.58	Konvergensi Kolom 300-200-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-34
Tabel 4.59	Konvergensi Kolom 300-250-10000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-35
Tabel 4.60	Konvergensi Kolom 250-130-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-35
Tabel 4.61	Konvergensi Kolom 250-170-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-36
Tabel 4.62	Konvergensi Kolom 250-210-8000 dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-36

Tabel 4.63	Konvergensi Kolom 350-170-8400 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-37
Tabel 4.64	Konvergensi Kolom 350-230-8400 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-37
Tabel 4.65	Konvergensi Kolom 350-290-8400 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-38
Tabel 4.66	Konvergensi Kolom 300-200-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-38
Tabel 4.67	Konvergensi Kolom 300-250-7000 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-39
Tabel 4.68	Konvergensi Kolom 250-130-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-40
Tabel 4.69	Konvergensi Kolom 250-170-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-40
Tabel 4.70	Konvergensi Kolom 250-210-5600 dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-41
Tabel 4.71	Nilai α Kolom dengan Perletakkan Jepit-Bebas untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-42
Tabel 4.72	Nilai α Kolom dengan Perletakkan Jepit-Jepit untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-42
Tabel 4.73	Nilai α Kolom dengan Perletakkan Jepit-Sendi untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-42
Tabel 4.74	Nilai α Kolom dengan Perletakkan Sendi-Sendi untuk Tinjauan terhadap Momen Inersia	4-43
Tabel 4.75	Perbandingan antara α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Bebas	4-46
Tabel 4.76	Perbandingan antara α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Jepit.....	4-46
Tabel 4.77	Perbandingan antara α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Jepit-Sendi	4-46
Tabel 4.78	Perbandingan antara α dan β Kolom-kolom dengan Perletakkan Sendi-Sendi.....	4-47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Beban Kritis Tekuk Elastis Kolom Boks Prismatis

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kolom boks adalah istilah yang digunakan untuk menyebut kolom yang menggunakan profil baja *rectangular hollow section (RHS)* dan *square hollow section (SHS)*. Penampang *RHS* dan *SHS* memiliki nilai momen inersia (I) yang lebih besar dari nilai momen inersia profil baja penampang terbuka (*open sections*) untuk luas penampang (A) yang sama sehingga kolom dengan profil *RHS* dan *SHS* dapat memikul beban kritis tekuk (P_{cr}) yang lebih besar dengan berat yang lebih ringan. Selain itu, kolom boks juga memiliki kekakuan torsi yang lebih besar dari kekakuan torsi kolom yang menggunakan profil baja penampang terbuka. Berdasarkan dua keunggulan di atas, penggunaan kolom boks dapat menghasilkan desain struktur yang lebih ekonomis.

Kolom nonprismatis merupakan kolom yang dimensi penampangnya tidak sama dari ujung bawah sampai ke ujung atas. Dimensi penampang kolom nonprismatis disesuaikan dengan besar momen lentur yang dipikulnya sehingga kolom tersebut lebih efisien dalam memikul beban. Kolom boks nonprismatis adalah kolom yang dibuat dengan tujuan untuk menggabungkan keunggulan yang dimiliki oleh kolom boks dan keunggulan yang dimiliki oleh kolom nonprismatis sehingga dapat dihasilkan desain kolom yang lebih efisien.

Meskipun memiliki beberapa keunggulan, saat ini tidak terdapat persamaan umum yang dapat digunakan untuk menghitung beban kritis tekuk kolom boks nonprismatis. Beban kritis kolom boks nonprismatis dapat dihitung dengan menggunakan metode numerik, seperti metode elemen hingga. Kolom boks nonprismatis dapat dimodelkan pada program komputer analisis struktur berbasis metode elemen hingga kemudian dihitung beban kritisnya. Akan tetapi, proses tersebut harus diulang apabila terdapat parameter, seperti dimensi penampang, tebal penampang, jenis material, dan tinggi kolom, yang diubah.

Pada skripsi ini, beban kritis dan perilaku tekuk elastis kolom boks nonprismatis dipelajari dengan menggunakan metode elemen hingga. Selain itu,

hubungan antara nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis juga dipelajari dan ditentukan.

1.2 Inti Permasalahan

Saat ini tidak terdapat persamaan umum yang dapat digunakan untuk menghitung nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis. Oleh sebab itu, hubungan antara nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis perlu dipelajari. Kemudian hubungan antara kedua nilai tersebut ditentukan dan dinyatakan dalam bentuk persamaan.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

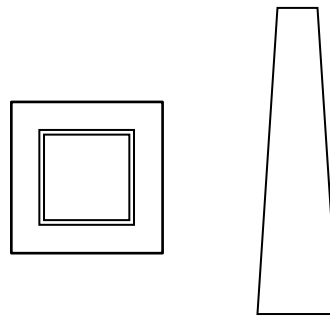
1. Menghitung nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks prismatis (P_{cr}) dengan metode elemen hingga.
2. Menghitung nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis (P_{cr}') dengan metode elemen hingga.
3. Mempelajari hubungan antara nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis.
4. Menentukan persamaan hubungan antara nilai beban kritis tekuk elastis kolom boks nonprismatis dan prismatis.
5. Mempelajari perilaku tekuk elastis kolom boks nonprismatis berdasarkan kombinasi perletakkannya.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja.
2. Material baja yang digunakan bersifat elastis, isotropis, dan homogen pada saat terjadi tekuk.
3. Penampang yang digunakan adalah *square hollow section* (SHS).
4. Kolom boks berpenampang *hollow* (berongga) tanpa terisi material apapun.
5. Kolom boks dianggap lurus tanpa cacat.
6. Kolom boks yang ditinjau tidak mengalami tekuk lokal.

7. Kolom boks yang ditinjau tidak termasuk kolom pendek. Kolom dibuat cukup panjang dan langsing sehingga hanya terjadi kegagalan akibat tekuk.
8. Kolom boks memiliki kekakuan torsi yang besar sehingga tidak terjadi torsi dan tekuk torsi.
9. Kombinasi perletakan yang digunakan adalah jepit-bebas, jepit-jepit, jepit-sendi, dan sendi-sendi.
10. Ketidakprismatisan berasal dari perubahan dimensi penampang kolom boks. Dimensi penampang diperkecil secara proporsional dari ujung bawah hingga ke ujung atas kolom. Lokasi titik berat penampang tidak berubah dari ujung bawah sampai ke ujung atas. Tampak atas dan samping kolom boks nonprismatis dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Tampak Atas dan Samping Kolom Boks Nonprismatis

11. Beban yang bekerja pada kolom adalah gaya aksial tekan pada ujung atas kolom.
12. Pemodelan dan analisis tekuk elastis dilakukan dengan menggunakan program komputer analisis struktur berbasis metode elemen hingga *ADINA* versi 9.3.3.
13. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan elemen *shell*.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur berdasarkan buku ajar, buku teks, karya ilmiah, dan skripsi.
2. Pemodelan dan analisis tekuk elastis dengan menggunakan program komputer analisis struktur berbasis metode elemen hingga *ADINA* versi 9.3.3.

