



**ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG *STROKE ROD*
HIDROLIK ARM EXCAVATOR KELAS 20 TON TERHADAP
PERILAKU *BUCKLING* MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

ROLLIN MANUEL OKTAVIAN HUTAGAOL

2210311049

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026



**ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG *STROKE ROD*
HIDROLIK ARM EXCAVATOR KELAS 20 TON TERHADAP
PERILAKU *BUCKLING* MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ROLLIN MANUEL OKTAVIAN HUTAGAOL

2210311049

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Rollin Manuel Oktavian Hutagaol
NIM : 2210311049
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Panjang *Stroke Rod* Hidrolik *Arm Excavator* kelas 20 ton terhadap perilaku *Buckling* Menggunakan Metode Elemen Hingga

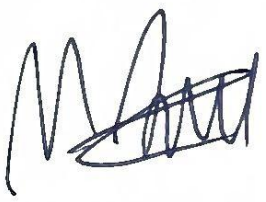
Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Ir. Muchammad Oktaviandri S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
Penguji Utama



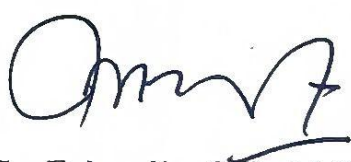
Nicky Yongkimandalan, S.T., M.T.
Penguji Lembaga



Muhammad Arifudin Lukmana S.T., M.T.
Penguji III (Pembimbing)



Dr. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM.
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 21 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

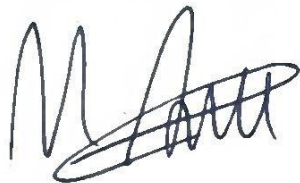
**ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG *STROKE ROD*
HIDROLIK *ARM EXCAVATOR* KELAS 20 TON
TERHADAP PERILAKU *BUCKLING* MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**

Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

NIM. 2210311049

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Muhammad Arifudin Lukmana
S.T., M.T.

Pembimbing II



Sigit Pradana S.T., M.T.

Mengetahui,

**Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional Jakarta**



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

NIM : 2210311049

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku

Jakarta, 21 Juli 2026

Yang menandatangani,



Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

NIM : 2210311049

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG *STROKE ROD* HIDROLIK *ARM EXCAVATOR* KELAS 20 TON TERHADAPT PERILAKU *BUCKLING* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 21 Juli 2026

Yang menyatakan,



Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

ANALISIS PENGARUH VARIASI PANJANG *STROKE ROD* HIDROLIK *ARM EXCAVATOR* KELAS 20 TON TERHADAP PERILAKU *BUCKLING* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

ABSTRAK

Buckling merupakan salah satu bentuk kegagalan struktur yang dapat terjadi pada rod hidrolik arm excavator akibat beban tekan aksial dan panjang stroke yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi panjang stroke terhadap nilai beban kritis buckling, menentukan pola deformasi dan mode buckling yang terjadi, serta memvalidasi model numerik melalui perbandingan hasil simulasi Metode Elemen Hingga (MEH) dengan teori analitis Euler. Penelitian dilakukan pada rod hidrolik arm excavator kelas 20 ton berbahan AISI 4140 dengan variasi panjang stroke sebesar 100%, 75%, 50%, 25%, 20%, dan 10% dari panjang maksimum rod menggunakan ANSYS Workbench 2024 R1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang stroke memiliki hubungan berbanding terbalik dengan nilai critical buckling load, dimana semakin pendek panjang rod maka semakin besar kemampuan rod dalam menahan beban buckling. Perbandingan antara hasil simulasi metode elemen hingga dan teori Euler menghasilkan nilai error di bawah 10%, sehingga model numerik yang digunakan dinyatakan valid dalam memprediksi perilaku buckling pada rod hidrolik arm excavator kelas 20 ton.

Kata Kunci: *Buckling, Rod Hidrolik, Excavator, Critical Buckling Load, Metode Elemen Hingga, Euler.*

***ANALYSIS OF THE EFFECT OF HYDRAULIC ARM
CYLINDER ROD STROKE LENGTH VARIATIONS OF A 20-
TON EXCAVATOR ON BUCKLING BEHAVIOR USING THE
FINITE ELEMENT METHOD***

Rollin Manuel Oktavian Hutagaol

ABSTRACT

Buckling is a structural failure phenomenon that can occur in the hydraulic arm cylinder rod of an excavator due to axial compressive loading and high stroke lengths. This study aims to analyze the effect of stroke length variation on the critical buckling load, identify the deformation patterns and buckling modes, and validate the numerical model by comparing Finite Element Method (FEM) results with Euler's analytical theory. The study was conducted on the hydraulic arm cylinder rod of a 20-ton excavator made of AISI 4140 steel with stroke variations of 100%, 75%, 50%, 25%, 20%, and 10% of the maximum rod length using ANSYS Workbench 2024 R1. The results indicate that stroke length has an inverse relationship with the critical buckling load, where shorter rod lengths produce higher buckling resistance. Comparison between FEM simulation and Euler theory shows an error of less than 10%, indicating good agreement and confirming the validity of the numerical model in predicting the buckling behavior of the excavator hydraulic rod.

Keywords: *Buckling, Hydraulic Cylinder Rod, Excavator, Critical Buckling Load, Finite Element Method, Euler Theory*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "Analisis Pengaruh Variasi Panjang *Stroke Rod Hidrolik Arm* Excavator kelas 20 ton Terhadap Perilaku *Buckling* menggunakan Metode Elemen Hingga" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Ibu Ruthy Hutagalung, S. P., M. Si. selaku ibu kandung penulis, Keisya Jordania, S. Tr. Ak. selaku kakak kandung penulis, dan Nadin Viola selaku adik kandung penulis, yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
3. Bapak M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi
4. Bapak Sigit Pradana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
5. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama

masa perkuliahan.

7. Firmansyah, Reza, Joas, Hafizh, Rachmad, Raja, Oktamal, Deraldi, Fadhil, Arif, Raffi, Bima, Rizki, Akbar, Wisnu, Faiz Atta dan teman – teman OPTIMIS 2022 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan mental dan bimbingan pada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Kepada Penulis menyadari bahwa penelitian masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan penelitian ini. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Depok, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Hirdolik <i>Arm</i> Excavator.....	8
2.3 <i>Buckling</i>	8
2.4 Rumus Matematis Euler.....	11
2.5 Tegangan	11
2.6 Regangan	12
2.7 Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Methode</i>).....	12
2.7.1 <i>Meshing</i>	12
2.7.2 <i>Mesh Convergence</i>	13
2.7.3 Kualitas <i>Mesh</i>	14
2.7.4 Eigen value	15

BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Studi Literatur.....	17
3.2 Desain <i>Rod</i> Hidrolik Silinder.....	17
3.3 Penentuan Parameter Penelitian.....	17
3.4 Perhitungan Matematis	17
3.4.1 <i>Input</i> Material dan Geometri	18
3.4.2 Perhitungan Parameter Geometri.....	18
3.4.3 Perhitungan Beban Maksimal.....	18
3.5 Simulasi Elemen Hingga	18
3.5.1 <i>Design</i> dan <i>Import</i> Geometri.....	18
3.5.2 <i>Import</i> Material.....	19
3.5.3 Pemberian Beban dan Boundary Condition.....	20
3.5.4 <i>Convergence Mesh</i>	21
3.5.5 <i>Pre-load Static Structural</i>	23
3.6 Nilai Eigen.....	24
3.7 Validasi dan Verifikasi	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Perhitungan Matematis Euler	25
4.1.1 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 100 %.....	25
4.1.2 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 75 %.....	25
4.1.3 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 50 %.....	25
4.1.4 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 25 %.....	26
4.1.5 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 20 %.....	26
4.1.6 Perhitungan Matematis <i>Rod</i> 10 %.....	26
4.2 Simulasi Eigenvalue <i>Buckling</i>	26
4.2.1 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 100 %	27
4.2.2 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 75 %	30
4.2.3 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 50 %	33
4.2.4 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 25 %	37
4.2.5 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 20 %	40
4.2.6 Hasil Simulasi pada <i>Rod</i> 10 %	44
4.3 Hubungan antara Panjang Geometri dengan <i>Critical Load</i>	47

4.4 Hubungan antara Panjang Geometri dengan Pola Deformasi	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rod Excavator Kelas 20 Ton	8
Gambar 2. 2 Fenomena <i>Buckling</i>	9
Gambar 2. 3 Peletakan Batang Kolom.....	11
Gambar 2. 4 Contoh <i>Meshing</i>	13
Gambar 2. 5 Kurva Konvergensi <i>Mesh</i>	14
Gambar 2. 6 Nilai kualitas elemen berdasarkan <i>skewnesss</i>	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir	16
Gambar 3. 2 Spesifikasi Hidrolik arm (Ganda Prayoga et al. n.d.).....	17
Gambar 3. 3 Gambar Geometri.....	19
Gambar 3. 4 <i>Free Body Diagram</i>	19
Gambar 3. 5 Beban yang diterapkan	20
Gambar 3. 6 Ujung <i>base</i>	21
Gambar 3. 7 Ujung <i>beban</i>	21
Gambar 3. 8 <i>Meshing</i>	22
Gambar 3. 9 Kurva Konvergensi <i>Mesh</i>	22
Gambar 3. 10 <i>Import data</i>	23
Gambar 3. 11 Mode dan <i>load multiplier</i>	24
Gambar 4. 1 <i>Eigenvalue</i> variasi 100%.....	28
Gambar 4. 2 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 100%	29
Gambar 4. 3 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 100%	29
Gambar 4. 4 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 100%	30
Gambar 4. 5 <i>Mesh convergence</i> variasi 75%.....	31
Gambar 4. 6 <i>Eigenvalue</i> variasi 75%.....	32
Gambar 4. 7 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 75%	32
Gambar 4. 8 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 75%	33
Gambar 4. 9 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 75%	33
Gambar 4. 10 <i>Mesh convergence</i> variasi 50%.....	34
Gambar 4. 11 <i>Eigenvalue</i> variasi 50%.....	35
Gambar 4. 12 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 50%	36
Gambar 4. 13 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 50%	36
Gambar 4. 14 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 50%	37

Gambar 4. 15 <i>Mesh convergence</i> variasi 25%.....	37
Gambar 4. 16 <i>Eigenvalue</i> variasi 25%.....	38
Gambar 4. 17 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 25%	39
Gambar 4. 18 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 25%	40
Gambar 4. 19 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 25%	40
Gambar 4. 20 <i>Mesh convergence</i> variasi 20%.....	41
Gambar 4. 21 <i>Eigenvalue</i> variasi 20%.....	42
Gambar 4. 22 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 20%	43
Gambar 4. 23 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 20%	43
Gambar 4. 24 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 20%	44
Gambar 4. 25 <i>Mesh convergence</i> variasi 10%.....	44
Gambar 4. 26 <i>Eigenvalue</i> variasi 10%.....	45
Gambar 4. 27 <i>Buckling</i> orde 1 variasi 10%	46
Gambar 4. 28 <i>Buckling</i> orde 2 variasi 10%	47
Gambar 4. 29 <i>Buckling</i> orde 3 variasi 10%	47
Gambar 4. 30 Grafik Pengaruh Panjang <i>Critical Load</i>	48
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Mode Buckling dengan Deformasi	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka.....	5
Tabel 3. 1 <i>Mechanical properties</i>	19
Tabel 3. 2 Tabel Konvergensi <i>Mesh</i>	22
Tabel 4. 1 Variasi Panjang <i>Rod</i>	27
Tabel 4. 2 <i>Mesh convergence</i> dan <i>kualitas Mesh</i> variasi 75%	31
Tabel 4. 3 <i>Mesh convergence</i> dan <i>kualitas Mesh</i> variasi 50%	34
Tabel 4. 4 <i>Mesh convergence</i> dan <i>kualitas Mesh</i> variasi 25%	37
Tabel 4. 5 <i>Mesh convergence</i> dan <i>kualitas Mesh</i> variasi 20%	41
Tabel 4. 6 <i>Mesh convergence</i> dan <i>kualitas Mesh</i> variasi 10%	45
Tabel 4. 7 Variasi Geometri dan <i>Critical Buckling Load</i>	48
Tabel 4. 8 Variasi Panjang dan Pola Deformasi	49