



**ANALISIS *BUCKLING* PADA DRILL COLLAR API 7-1
DENGAN VARIASI KETEBALAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DAN PERBANDINGAN TEORI
ANALITIS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

MOHAMAD REZA MARISTA

2110311038

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026



**ANALISIS *BUCKLING* PADA DRILL COLLAR API 7-1
DENGAN VARIASI KETEBALAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DAN PERBANDINGAN TEORI
ANALITIS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

MOHAMAD REZA MARISTA

2110311038

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Mohamad Reza Marista
NIM : 2210311038
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Buckling Pada Drill Collar API 7-1
dengan Variasi Ketebalan Menggunakan Metode
Elemen Hingga dan Perbandingan Teori Analitis

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.



Nicky Yongkimandalan, S.T., M.T.

Penguji Utama

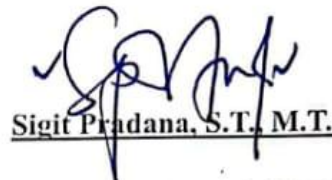


Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng
Penguji Lembaga

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Sigit Pradana, S.T., M.T.

Penguji III (Pembimbing)



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

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 10 Juni 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Mohamad Reza Marista
NIM : 2210311038
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Buckling Pada Drill Collar API 7-1 dengan Variasi Ketebalan Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Perbandingan Teori Analitis

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui



Sigit Pradana S.T., M.T.

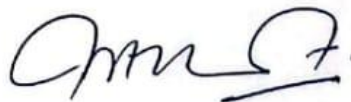
Pembimbing I



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

Pembimbing II

Mengetahui



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

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Mohamad Reza Marista
NIM : 2210311038
Program Studi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a red rectangular meter stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem at the top, the text 'METERAI TEMPEL' in the middle, and a unique alphanumeric code 'AA5AAAOX091412267' at the bottom.

Mohamad Reza Marista

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Mohamad Reza Marista
NIM : 2210311038
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 :

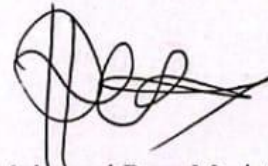
"ANALISIS BUCKLING PADA DRILL COLLAR API 7-1 DENGAN VARIASI KETEBALAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN PERBANDINGAN TEORI ANALITIS"

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, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,



Mohamad Reza Marista

ANALISIS *BUCKLING* PADA DRILL COLLAR API 7-1 DENGAN VARIASI KETEBALAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN PERBANDINGAN TEORI ANALITIS

Mohamad Reza Marista

ABSTRAK

Fenomena *buckling* pada struktur tubular seperti *drill collar* merupakan salah satu permasalahan penting dalam operasi pengeboran karena dapat menyebabkan penurunan efisiensi hingga kerusakan peralatan. Salah satu parameter yang diduga mempengaruhi perilaku *buckling* adalah ketebalan dinding (*wall thickness*). Namun, pengaruh ketebalan terhadap gaya kritis *buckling* dan pola deformasi belum banyak diteliti secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan dinding terhadap gaya kritis *buckling* serta pola deformasi pada *drill collar* dalam kondisi sumur vertikal menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*), serta membandingkan hasil simulasi dengan teori analitis klasik yang dikembangkan oleh Lubinski, Wang, dan Wu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan dinding berpengaruh terhadap gaya kritis *buckling* semakin besar ketebalan dari semakin besar pula *critical loadnya*. Selain itu, pola deformasi menunjukkan bahwa pada orde pertama dan kedua terjadi *local buckling* dengan deformasi yang relatif sama, sedangkan pada orde ketiga terjadi *sinusoidal buckling* pada seluruh variasi ketebalan. Hasil simulasi FEM juga menunjukkan kesesuaian yang baik dengan teori analitis wu dengan selisih kurang dari 10%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi ketebalan berbanding lurus dengan *critical load buckling*.

Kata kunci : *Buckling, Drill Collar, Ketebalan Dinding, Metode Elemen Hingga.*

BUCKLING ANALYSIS OF AN API 7-1 DRILL COLLAR WITH VARYING THICKNESSES USING THE FINITE ELEMENT METHOD AND A COMPARISON WITH ANALYTICAL THEORY

Mohamad Reza Marista

ABSTRACT

Buckling phenomena in tubular structures such as drill collars represent a critical issue in drilling operations, as they can lead to reduced efficiency and potential equipment failure. One of the parameters suspected to influence buckling behavior is wall thickness. However, the effect of wall thickness on critical buckling load and deformation patterns has not been extensively studied. This study aims to analyze the effect of wall thickness variation on the critical buckling load and deformation patterns of a drill collar under vertical well conditions using the Finite Element Method (FEM), and to compare the simulation results with classical analytical theories developed by Lubinski, Wang, and Wu. The results show that wall thickness affects the critical buckling load; as the thickness increases, so does the critical load. The critical load is more significantly affected by the cross-sectional moment of inertia, which is also influenced by the inner and outer diameters. Furthermore, the deformation patterns indicate that the first and second modes exhibit local buckling with relatively similar deformation values, while the third mode shows sinusoidal buckling for all thickness variations. The FEM simulation results also show good agreement with analytical theory, with a deviation of less than 10%. It can be concluded that wall thickness are directly proportional to the critical buckling load.

Key word : *Buckling, Drill Collar, Wall Thickness, Finite Element Method.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "*Analisis Buckling Pada Drill Collar API 7-1 dengan Variasi Ketebalan Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Perbandingan Teori Analitis*" 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. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
2. Bapak Sigit Pradana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi
3. Bapak M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
4. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2022 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.

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.

Jakarta, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKASDEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Drill String</i>	7
2.2 <i>Drill collar</i>	8
2.3 <i>Buckling</i>	9
2.4 Standarisasi API 7-1	10
2.5 Rumus Matematis <i>Buckling</i>	11
2.6 Metode Elemen Hingga.....	12

2.7 Shell Element	13
2.7.1 Shell Element Output.....	14
2.8 Meshing	16
2.8.1 Surface Stress.....	16
2.8.2 Kualitas Mesh	17
2.8.3 Konvergensi Mesh	18
2.9 Tegangan.....	19
2.10 Regangan	19
2.11 Linear Eigenvalue <i>Buckling</i>	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Studi Litelatur.....	22
3.2 Penentuan Parameter Penelitian	23
3.3 Perhitungan Matematis.....	23
3.3.1 Input Material dan Geometri.....	24
3.3.2 Perhitungan Parameter Geometri.....	24
3.3.2 Perhitungan Beban Maksimal.....	25
3.3 Simulasi Elemen Hingga	26
3.3.1 Design dan Import Geometri	26
3.3.2 Import Material.....	28
3.3.3 Pemberian Beban dan Boundary Condition.....	29
3.3.4 <i>Convergence Mesh</i>	31
3.3.5 <i>Pre-load static structural</i>	32
3.4 Nilai Eigen dan Deformasi	33
3.5 Pemilihan Persamaan Matematis.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Perhitungan Matematis Wu	36

4.1.1 Perhitungan Matematis <i>Drill collar</i> NC46-62	36
4.1.2 Perhitungan Matematis <i>Drill collar</i> NC46-65	37
4.1.3 Perhitungan Matematis <i>Drill collar</i> NC50-70	38
4.1.4 Perhitungan Matematis <i>Drill collar</i> NC50-72	39
4.2 Simulasi Eigenvalue <i>Buckling</i>	40
4.2.1 Hasil Simulasi <i>Drill collar</i> NC46-62	41
4.2.2 Hasil Simulasi <i>Drill collar</i> NC46-65	43
4.2.3 Hasil Simulasi <i>Drill Collar</i> NC50-70	46
4.2.4 Hasil Simulasi <i>Drill collar</i> NC50-72	49
4.3 Hubungan antara Ketebalan dengan Critical Load	52
4.4 Hubungan antara Ketebalan dengan Pola Deformasi	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kegagalan komponen <i>drill string</i>	1
Gambar 1. 2 <i>Failure drill collar</i> Sumur Moxi 29.....	2
Gambar 2. 1 <i>Drill string</i>	7
Gambar 2. 2 Komponen <i>drill string</i>	8
Gambar 2. 3 (a) <i>Sinusoidal Buckling</i> (b) <i>Helictical Buckling</i>	10
Gambar 2. 4 Bentuk ideal dan <i>skewed triangles</i> dan <i>quadrilatelars</i>	17
Gambar 2. 5 Nilai <i>skewness</i> dan kualitas sel	18
Gambar 2. 6 konvergensi <i>mesh</i>	18
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram alir perhitungan matematis	23
Gambar 3. 3 Diagram alir simulasi.....	26
Gambar 3. 4 <i>Drill collar</i> NC46-62	27
Gambar 3. 5 Besar diameter luar dan dalam <i>drill collar</i> NC46-62	27
Gambar 3. 6 Besar diameter luar dan panjang dari lubang sumur	27
Gambar 3. 7 Beban yang diterapkan	29
Gambar 3. 8 <i>Fix support</i>	30
Gambar 3. 9 <i>Free body diagram</i>	30
Gambar 3. 10 <i>Meshing</i>	31
Gambar 3. 11 Grafik konvergensi <i>mesh</i>	31
Gambar 3. 12 <i>Import data</i>	32
Gambar 3. 13 <i>Mode</i> dan <i>load multiplier</i>	33
Gambar 4. 1 <i>Eigenvalue drill collar</i> NC46-62	41
Gambar 4. 2 <i>Buckling</i> orde 1 NC46-62	42
Gambar 4. 3 <i>Buckling</i> orde 2 NC46-62	42
Gambar 4. 4 <i>Buckling</i> orde 3 NC46-62	43
Gambar 4. 5 <i>Mesh convergence</i> NC46-65.....	43
Gambar 4. 6 <i>Eigenvalue drill collar</i> NC46-65	44
Gambar 4. 7 <i>Buckling</i> orde 1 NC46-65	45
Gambar 4. 8 <i>Buckling</i> orde 2 NC46-62	45
Gambar 4. 9 <i>Buckling</i> orde 3 NC46-65	46

Gambar 4. 10	<i>Mesh Convergence</i> NC50-70.....	46
Gambar 4. 11	<i>Eigenvalue Drill collar</i> NC50-70	47
Gambar 4. 12	<i>Buckling</i> orde 1 NC50-70	48
Gambar 4. 13	<i>Buckling</i> orde 2 NC50-70	48
Gambar 4. 14	<i>Buckling</i> orde 3 NC50-70	49
Gambar 4. 15	<i>Mesh Convergence</i> NC50-72.....	49
Gambar 4. 16	<i>Eigenvalue</i> untuk <i>drill collar</i> NC50-72.....	50
Gambar 4. 17	<i>Buckling</i> orde 1 NC50-72	51
Gambar 4. 18	<i>Buckling</i> orde 2 NC50-72	51
Gambar 4. 19	<i>Buckling</i> orde 3 NC46-65	52
Gambar 4. 20	Grafik pengaruh ketebalan terhadap <i>critical load</i>	53
Gambar 4. 21	Grafik Hubungan Mode <i>Buckling</i> dengan Deformasi	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Mechanical Properties and Tests for New Standard Steel Drill collars</i>	11
Tabel 3. 1 <i>Geomtri Drill collar</i>	28
Tabel 3. 2 <i>Mechanical Properties</i> (Macdonald and Deans, 1995)(WANG et al., 2024)	28
Tabel 3. 3 <i>Konvergensi mesh dan kualitas mesh</i>	32
Tabel 4. 1 <i>Geometri drill collar dan ketebalannya</i>	40
Tabel 4. 2 <i>Mesh convergence dan kualitas mesh NC46-62</i>	43
Tabel 4. 3 <i>Mesh Convergence dan Kualitas Mesh NC50-70</i>	46
Tabel 4. 4 <i>Mesh Convergence dan Kualitas Mesh NC50-72</i>	50
Tabel 4. 5 <i>Geometri drill collar dan Critical load</i>	52
Tabel 4. 6 <i>Persentase Perbedaan Simulasi dengan Perhitungan Matematis</i> Lubinski, Wu, Wang	53
Tabel 4. 7 <i>Ketebalan Drill Collar dengan Ketebalan</i>	54