



**ANALISIS GETARAN MEKANIKAL DAN UMUR
KELELAHAN (FATIGUE LIFE) POROS TURBIN KAPLAN
BERDASARKAN VARIASI MATERIAL MENGGUNAKAN
METODE NUMERIK**

SKRIPSI

AKBAR MAULANA YUSUF

2210311020

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1-TEKNIK MESIN

2026



**ANALISIS GETARAN MEKANIKAL DAN UMUR
KELELAHAN (FATIGUE LIFE) POROS TURBIN KAPLAN
BERDASARKAN VARIASI MATERIAL MENGGUNAKAN
METODE NUMERIK**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

AKBAR MAULANA YUSUF

2210311020

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1-TEKNIK MESIN

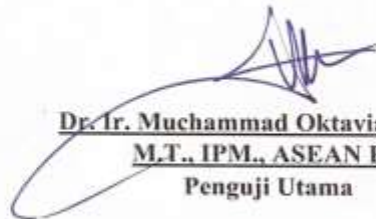
2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Akbar Maulana Yusuf
NIM : 2210311020
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Getaran Mekanikal dan Umur Kelelahan (*Fatigue Life*) Poros Turbin Kaplan Berdasarkan Variasi Material Menggunakan Metode Numerik

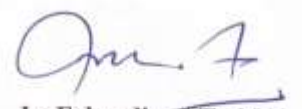
Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.


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


Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Penguji Lembaga

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


Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.
Penguji III (Pembimbing)


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

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 22 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

ANALISIS GETARAN MEKANIKAL DAN UMUR KELELAHAN (FATIGUE LIFE) POROS TURBIN KAPLAN BERDASARKAN VARIASI MATERIAL MENGGUNAKAN METODE NUMERIK

Akbar Maulana Yusuf

NIM. 2210311020

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing II



Muhammad Arifudin Lukmana, 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 : Akbar Maulana Yusuf

NIM : 2210311020

Program Studi : Teknik Mesin

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

Jakarta, 22 Juli 2026

Yang menyatakan.

A handwritten signature in black ink is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the number '10000' in large red digits, the word 'METERAI' in red, and 'TEMPEL' in black. Below the stamp, the alphanumeric code 'D0236AOX118049150' is printed in black.

Akbar Maulana Yusuf

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Akbar Maulana Yusuf

NIM : 2210311020

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 GETARAN MEKANIKAL DAN UMUR KELELAHAN (FATIGUE LIFE) POROS TURBIN KAPLAN BERDASARKAN VARIASI MATERIAL MENGGUNAKAN METODE NUMERIK"

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, 22 Juli 2026

Yang menyatakan,



Akbar Maulana Yusuf

ANALISIS GETARAN MEKANIKAL DAN UMUR KELELAHAN (FATIGUE LIFE) POROS TURBIN KAPLAN BERDASARKAN VARIASI MATERIAL MENGGUNAKAN METODE NUMERIK

Akbar Maulana Yusuf

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons getaran mekanik dan ketahanan lelah (*fatigue*) pada poros turbin Kaplan dengan membandingkan tiga jenis material, yaitu *Stainless Steel* 304, *Stainless Steel* 316L, dan CA6NM. Fenomena getaran dan beban siklik merupakan faktor kritis yang dapat memicu kegagalan struktural pada poros turbin akibat fluktuasi beban hidrodinamika. Metodologi yang digunakan adalah simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak ANSYS untuk evaluasi statis dan *fatigue*, serta Scilab/Xcos untuk analisis dinamika getaran lateral. Hasil simulasi menunjukkan bahwa material CA6NM memiliki performa paling unggul dengan putaran kritis tertinggi sebesar 427,8 RPM dan amplitudo getaran terendah di bawah 0,035 mm. Hal ini didukung oleh *damping ratio* internal CA6NM sebesar 1,5% yang 50% lebih tinggi dibandingkan material austenitik lainnya. Sementara itu, seluruh material dinyatakan aman secara struktural karena nilai tegangan *Von-Mises* maksimum ($\pm 18,6$ MPa) berada jauh di bawah batas luluh masing-masing material. Penelitian ini menyimpulkan bahwa CA6NM adalah material yang paling direkomendasikan untuk menjamin stabilitas dimensi dan integritas struktural jangka panjang pada poros turbin Kaplan

Kata kunci : *Hydraulic Kaplan Turbine, Fatigue, Getaran Mekanik, Metode Numerik, CA6NM, Scilab*

MECHANICAL VIBRATION AND FATIGUE LIFE ANALYSIS OF A KAPLAN TURBINE SHAFT BASED ON MATERIAL VARIATIONS USING NUMERICAL METHODS

Akbar Maulana Yusuf

ABSTRACT

This research aims to analyze the mechanical vibration response and fatigue resistance of Kaplan turbine shafts by comparing three types of materials: Stainless Steel 304, Stainless Steel 316L, and CA6NM. Vibration phenomena and cyclic loading are critical factors that can trigger structural failure in turbine shafts due to hydrodynamic load fluctuations. The methodology employed is numerical simulation based on Finite Element Analysis (FEA) using ANSYS software for static and fatigue evaluation, and Scilab/Xcos for lateral vibration dynamics analysis. Simulation results indicate that CA6NM material exhibits superior performance with the highest critical speed of 427.8 RPM and the lowest vibration amplitude below 0.035 mm. This is supported by CA6NM's internal damping ratio of 1.5%, which is 50% higher than other austenitic materials. Meanwhile, all materials are declared structurally safe as the maximum Von-Mises stress values (± 18.6 MPa) are far below their respective yield strengths. This study concludes that CA6NM is the most recommended material to ensure dimensional stability and long-term structural integrity of Kaplan turbine shafts.

Kata kunci : *Hydraulic Kaplan Turbine, Fatigue, Mechanical Vibration, Numerical Methods, CA6NM, ANSYS, Scilab.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Getaran Mekanikal dan Umur Kelelahan (*Fatigue Life*) Poros Turbin Kaplan Berdasarkan Variasi Material Menggunakan Metode Numerik” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Dalam proses penyusunannya, penulis mendapatkan banyak dukungan, baik secara moral maupun materiil, dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih dan apresiasi yang sebesar besarnya kepada:

1. Ibu dan keluarga saya yang telah yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan dukungan tanpa henti selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, berserta segenap yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama masa studi.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, atas ilmu, bantuan, dan layanan akademik yang telah diberikan.
5. Esa Belia sebagai seorang yang selalu menemani penulis pada proses penyusunan skripsi sekaligus memberikan dukungan emosional yang berarti besar bagi penulis
6. Rekan-rekan mahasiswa khususnya Teknik Mesin 2022 (OPTIMIS 2022) yang telah membantu, memberi motivasi, serta turut berkontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Abang dan kakak, serta adik-adik junior Teknik Mesin UPNVJ yang telah memberikan support serta memberi ilmu serta masukan kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini, yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.
9. Terima kasih khusus penulis sampaikan kepada manajer Mikel Arteta serta skuad utama Arsenal musim 2025/2026 David Raya, Ben White, William Saliba, Gabriel Magalhães, Riccardo Calafiori, Declan Rice, Martin Ødegaard, Mikel Merino, Bukayo Saka, Kai Havertz, dan Gabriel Martinelli yang secara tidak langsung menjadi pemicu adrenalin, sumber inspirasi, dan bahan bakar mentalitas *never give up* bagi penulis untuk terus menuntaskan bab demi bab revisi skripsi ini hingga peluit akhir (*final whistle*) dibunyikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan ke depan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu dan menjadi referensi yang berguna bagi pihak lain.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. <i>Stainless Steel</i>	8
2.1.1. Stainless Steel 304	8
2.1.2. Stainless Steel 316L	9
2.2. CA6NM.....	9
2.3 <i>Hydraulic Kaplan Turbine</i>	10

2.4. <i>Shaft</i>	12
2.4.1. Jenis Stres pada <i>Shaft</i>	12
2.4.2. <i>Twisted Moment</i> pada <i>Shaft</i>	12
2.4.3. <i>Bending Moment</i> pada <i>Shaft</i>	13
2.5. <i>Single Degree of Freedom (SDOF)</i>	13
2.6. Getaran Mekanis	14
2.6.1. Getaran Bebas	14
2.6.2. Getaran Paksa.....	15
2.7. Parameter Getaran.....	15
2.7.1. Frekuensi	15
2.7.2. Amplitudo.....	15
2.7.3. Fasa (<i>Phase</i>).....	17
2.8. Deformasi.....	17
2.9. <i>Von-Mises</i>	17
2.10. <i>Safety Factor</i>	18
2.11. Defleksi	18
2.12. Kegagalan <i>Fatigue</i>	19
2.12.1. Kegagalan <i>Fatigue</i> pada <i>Shaft</i>	20
2.13. Putaran Kritis	20
2.14. <i>Finite Element Analysis</i>	21
2.14.1. <i>Meshing</i>	21
2.14.2. Uji Konvergensi	22
2.14.3. Ansys	22
2.15. Metode Numerik	23
BAB 3 METODOLOGI.....	25
3.1. Diagram Alir.....	25

3.2. Identifikasi Masalah	26
3.3. Studi Literatur	26
3.4. Metode Elemen Hingga.....	26
3.4.1. Pemodelan Simulasi	26
3.4.2. Input Model dan Material	27
3.5. Simulasi Getaran dan <i>Fatigue</i>	29
3.6. Pengolahan Data.....	29
3.7. Analisis data	31
3.8. Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Uji Konvergensi Mesh	32
4.2 Hasil Simulasi ANSYS	33
4.2.1 Stainless Steel 316L (Ansys).....	33
4.2.2 <i>Stainless Steel</i> 304 (Ansys)	36
4.2.3 CA6NM (Ansys)	39
4.3 Persiapan Simulasi Scilab	41
4.4 Hasil Simulasi Scilab	45
4.5 Perbandingan Hasil Simulasi ANSYS	47
4.6 Perbandingan Hasil Simulasi Scilab	50
4.7.1 Perhitungan Tegangan Analitis (Teoritis).....	51
4.7.2 Perbandingan dan Evaluasi Error.....	52
4.8 Rekomendasi Pemilihan Material Poros	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kaplan Turbin	11
Gambar 2. 2 Pemodelan SDOF satu sumbu putar (Rao 2011)	14
Gambar 2. 3 Amplitudo	16
Gambar 2. 4 Fase	17
Gambar 2. 5 Defleksi Fase Pertama	21
Gambar 2. 6 Defleksi Fase Kedua	21
Gambar 2. 7 <i>Meshing</i>	22
Gambar 2. 8 Software Ansys	23
Gambar 2. 9 Scilab	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir	25
Gambar 4. 1 Mesh pada <i>Shaft Kaplan Turbine</i>	32
Gambar 4. 2 Total Deformasi pada Material <i>Stainless Steel 316L</i>	33
Gambar 4. 3 <i>Equivalent Stress (Von-Mises)</i> pada Material <i>Stainless Steel 316L</i>	34
Gambar 4. 4 <i>Fatigue life</i> pada material <i>Stainless Steel 316L</i>	35
Gambar 4. 5 <i>Safety Factor</i> pada material <i>Stainless Steel 316L</i>	35
Gambar 4. 6 <i>Total Deformation</i> pada material <i>Stainless Steel 304</i>	36
Gambar 4. 7 <i>Equivalent Stress (Von-Mises)</i> pada Material <i>Stainless Steel 304</i> .	37
Gambar 4. 8 <i>Fatigue Life</i> dari material <i>Stainless Steel 304</i>	38
Gambar 4. 9 <i>Safety Factor</i> dari <i>Stainless Steel 304</i>	38
Gambar 4. 10 <i>Total Deformasi</i> dari Material CA6NM.....	39
Gambar 4. 11 <i>Equivalent Stress</i> dari material CA6NM.....	40
Gambar 4. 12 <i>Fatigue Life</i> dari material CA6NM	40
Gambar 4. 13 <i>Safety Factor</i> dari Material CA6NM.....	41
Gambar 4. 14 Blok Diagram Simulasi Getaran Pada Scilab	42
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Respon Getaran Poros	45
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan <i>Max Equivalent Stress</i>	48
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan <i>Total Deformation</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Unsur Kimia <i>Stainless Steel</i> 304 (Vaccari 1974).....	8
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik <i>Stainless Steel</i> 304 (AZO Materials 2005).....	9
Tabel 2. 3 Unsur Kimia <i>Stainless Steel</i> 316L(Vaccari 1974)	9
Tabel 2. 4 Sifat Mekanik <i>Stainless Steel</i> 316L (AZO Materials 2005)	9
Tabel 2. 5 Unsur Kimia CA6NM.....	10
Tabel 2. 6 Sifat Mekanik CA6NM.....	10
Tabel 3. 1 Massa dan Putaran Kritis	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Poros.....	30
Tabel 3. 3 <i>Mechanical Properties</i>	30
Tabel 4. 1 Uji Konvergensi Mesh.....	32
Tabel 4. 2 Parameterisasi Variabel Model Simulasi	44
Tabel 4. 3 Ringkasan Validasi Tegangan Analitis dan Simulasi FEA	53
Tabel 4. 4 Perbandingan hasil Analisis Material Poros	54