

**ANALISIS GETARAN BEARING PADA TURBIN PELTON AKIBAT
PENGARUH TEKANAN AIR**



UNIVERSITAS
DANIEL PRADISTYATAMA
41321010033
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2025**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS GETARAN BEARING PADA TURBIN PELTON AKIBAT
PENGARUH TEKANAN AIR**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Daniel Pradistyatama

NIM : 41321010033

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
MARET 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Daniel Pradistyatama
NIM : 41321010033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : Analisis Getaran *Bearing* Pada Turbin Pelton
Akibat Pengaruh Tekanan Air

Telah berhasil dipertahankan pada sidang dihadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana strata 1 pada Program Studi Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Subekti ST,MT, IPM
NIDN : 0323117307

Penguji 1 : Nur Indah, S.ST.,M.T.
NIDN : 0313038001

Penguji 2 : Gilang Awan Yudhistira ST, MT.
NIDN : 0320029602

(Subekti)
(Nur Indah)
(Gilang Awan)

Jakarta, 4 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, MT
NIDN. 0307037202

Ketua Program Studi Teknik Mesin
Universitas Mercu Buana

Dr. Eng. Imam Hidayat, ST, MT.
NIDN. 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Daniel Pradistyatama
NIM : 41321010033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : Analisis Kerusakan *Bearing* Pada Turbin
Pelton Akibat Pengaruh Tekanan Air

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas MercuBuana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 4 Agustus 2025



Daniel Pradistyatama

PENGHARGAAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "**Analisis Getaran Bearing Pada Turbin Pelton Akibat Tekanan Air**" dengan sebaik baiknya. Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Subekti, ST, MT, IPM selaku dosen pembimbing yang telah memberi saran dan masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir.
5. Andreas Hendarto dan Eni Ismardiyanti selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir.
6. Seluruh anggota keluarga dan sahabat yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2021 di kampus Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

Melalui lembar penghargaan ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

ABSTRAK

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls yang banyak digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air, terutama pada kondisi dengan debit air kecil namun memiliki tinggi jatuh (head) yang besar. Dalam sistem mekanisnya, komponen bearing memiliki peran krusial sebagai penopang poros agar tetap stabil selama operasi. Namun, tekanan air yang tinggi dan fluktuatif dapat memicu getaran yang tidak stabil, yang berujung pada kerusakan bearing. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh tekanan air terhadap kerusakan bearing pada turbin Pelton dengan memanfaatkan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) sebagai pendekatan dalam mendeteksi karakteristik getaran. Metodologi penelitian ini mencakup pengujian vibrasi pada bearing dengan kondisi baru dan rusak menggunakan variasi tekanan air sebesar 13 psi dan 18 psi. Data getaran dikumpulkan menggunakan *FFT Analyzer CF-3600* dan diolah melalui perangkat lunak MATLAB untuk mendapatkan spektrum frekuensi. Penelitian juga menggunakan parameter frekuensi seperti *Ball Pass Frequency Outer* (BPFO), *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI), *Fundamental Train Frequency* (FTF), dan *Ball Spin Frequency* (BSF) guna mengidentifikasi sumber kerusakan secara spesifik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi bearing rusak, terdapat peningkatan signifikan amplitudo getaran pada frekuensi BSF (4,97 Hz dan 9,95 Hz) dan BPFO (9,53 Hz dan 19,07 Hz), yang mengindikasikan adanya kerusakan pada elemen bola dan race luar. Sebaliknya, pada kondisi bearing baru, spektrum frekuensi menunjukkan amplitudo yang rendah dan tidak ditemukan frekuensi khas kerusakan, baik pada tekanan 13 psi maupun 18 psi. Dengan memahami karakteristik frekuensi getaran ini, strategi pemeliharaan berbasis kondisi (*Condition-Based Maintenance*) dapat diimplementasikan secara lebih tepat. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemanfaatan analisa getaran sebagai metode diagnostik awal kerusakan bearing pada sistem turbin air, serta sebagai dasar dalam perencanaan *Reability Centered Maintenance* (RCM) untuk meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

Kata Kunci: Turbin Pelton, *Bearing*, Getaran, FFT Analyzer, Tekanan Air.

ANALYSIS OF BEARING VIBRATIONS IN PELTON TURBINES DUE TO THE INFLUENCE OF WATER PRESSURE

ABSTRACT

The Pelton turbine is a type of impulse turbine widely used in hydroelectric power plants, especially in conditions with small water discharge but large head. In its mechanical system, the bearing component plays a crucial role as a support for the shaft to maintain stability during operation. However, high and fluctuating water pressure can trigger unstable vibrations, which can lead to bearing damage. This study aims to analyze the effect of water pressure on bearing damage in Pelton turbines by utilizing the Fast Fourier Transform (FFT) method as an approach to detect vibration characteristics. The research methodology includes vibration testing on bearings in new and damaged conditions using variations in water pressure of 13 psi and 18 psi. Vibration data was collected using the FFT Analyzer CF-3600 and processed through MATLAB software to obtain the frequency spectrum. The study also uses frequency parameters such as Ball Pass Frequency Outer (BPFO), Ball Pass Frequency Inner (BPFI), Fundamental Train Frequency (FTF), and Ball Spin Frequency (BSF) to identify specific sources of damage. The test results show that in damaged bearing conditions, there is a significant increase in vibration amplitude at BSF (4.97 Hz and 9.95 Hz) and BPFO (9.53 Hz and 19.07 Hz) frequencies, which indicates damage to the ball elements and outer race. In contrast, in new bearing conditions, the frequency spectrum shows low amplitude and no typical damage frequencies are found, both at 13 psi and 18 psi pressures. By understanding these vibration frequency characteristics, a condition-based maintenance strategy can be implemented more precisely. This research contributes to the use of vibration analysis as an early diagnostic method for bearing damage in water turbine systems, as well as a basis for Reliability Centered Maintenance (RCM) planning to improve overall system reliability.

Keywords: Pelton Turbine, Bearing, Vibration, FFT Analyzer, Water Pressure.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	4
1.4 MANFAAT	4
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 TURBIN PELTON	9
2.2.1 Prinsip Dasar Turbin Pelton	9
2.2.2 Cara Kerja Turbin Pelton	9
2.3 BEARING	10
2.3.2. ANALISIS KERUSAKAN PADA <i>BEARING</i>	11
2.3.3. Fungsi <i>Bearing</i>	13
2.4 GETARAN	13
2.5 AIR ATAU FLUIDA DALAM TURBIN PELTON	16
2.6 MATLAB	16
BAB III METODOLOGI	18
3.1 DIAGRAM ALIR	18
3.2 TAHAPAN PROSES PENELITIAN	19
3.3 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN	20

3.3.1 Objek Penelitian	20
3.3.2. <i>Tachometer</i>	22
3.3.3 <i>FFT Analyzer</i>	22
3.4 PROSEDUR PENGUJIAN GETARAN MENGGUNAKAN FFT ANALYZER CF-3600	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 HASIL DAN ANALISA DETEKSI KERUSAKAN <i>BEARING</i> BERDASARKAN FREKUENSI DAN PERHITUNGAN BPFO, BPFI, FTF, BSF DENGAN VARIASI TEKANAN AIR DAN KECEPATAN PUTAR TURBIN PELTON	25
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu X	27
4.1.2 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu X	28
4.1.3 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu Y	29
4.1.4 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu Y	30
4.1.5 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu Z ₃₁	
4.1.6 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Rusak Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu Z ₃₂	
4.2 KONDISI <i>BEARING</i> SETELAH DILAKUKAN PERGANTIAN MENJADI BARU	33
4.2.1 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu X	34
4.2.2 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu X	35
4.2.3 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu Y	36
4.2.4 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu Y	37
4.2.5 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 13 Psi Terhadap Sumbu Z	38
4.2.6 Hasil Pengujian <i>Bearing</i> Baru Pada Tekanan 18 Psi Terhadap Sumbu Z	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 KESIMPULAN	41
5.2 SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Pelton Universitas Mercu Buana	9
Gambar 2. 2 Bantalan (Bearing)	10
Gambar 2. 3 Kriteria Tingkat Keparahan Getaran (ISO 10816)	14
Gambar 2. 4 Ilustrasi perbedaan domain waktu dan domain frekuensi	15
Gambar 2. 5 Contoh bentuk domain waktu data	15
Gambar 2. 6 Contoh bentuk domain frekuensi data	16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Bearing	21
Tabel 3. 2 Spesifikasi FFT ANALYZER CF-3600	22
Gambar 4. 1 Kondisi Bearing Tidak Layak Dipakai	27
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 13 psi	28
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 18psi	29
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 13 psi	30
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 18psi	31
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 13 psi	32
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian Bearing Rusak Pada Tekanan 18psi	33
Gambar 4. 8 Kondisi Bearing Layak Dipakai	34
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 13 psi	35
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 18 psi	36
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 13 psi	37
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 18 psi	38
Gambar 4. 13 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 13 psi	39
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengujian Bearing Baru Pada Tekanan 18 psi	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3. 1 Spesifikasi Bearing	21
Tabel 3. 2 Spesifikasi FFT ANALYZER CF-3600	22
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Manual BPFO, BPFI, BSF, Dan FTF	26



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
RMS	<i>Root Mean Square</i>
BPFO	<i>Ball Press Frequency Ounter Race</i>
BPFI	<i>Ball Press Frequency Inner Race</i>
BSF	<i>Ball Spin Frequency</i>
FTF	<i>Fundamental Train Frequency</i>
F	<i>Frequency</i>
Pd	<i>Pitch diameter</i>
Bd	<i>Ball diameter</i>
RPM	<i>Revolusi Per Menit</i>
ISO	<i>International Organization For Standardization</i>
RCM	<i>Reability Centered Maintenance</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
UCP	<i>Unit Cast Pillow blok</i>
PSI	<i>Pound per Square Inch</i>

