

**ANALISIS PENGUKURAN GETARAN PADA *BALL BEARING*
PADA *TURBINE PROPELLER***



**MONIKA AUDIYA PRATIWI
NIM: 41318120021**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2020**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGUKURAN GETARAN PADA *BALL BEARING*
PADA *TURBINE PROPELLER***



Disusun oleh:

Nama : Monika Audiya Pratiwi

NIM : 41318120021

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGUKURAN GETARAN PADA *BALL BEARING*
PADA *TURBINE PROPELLER*



Disusun oleh:

Nama : Monika Audiya Pratiwi
NIM : 41318120021
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing
Pada tanggal: 6 Agustus 2020

MERCU BUANA

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Kordinator Tugas Akhir

Dr. Abdul Hamid., B.Eng., M.Eng

Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Monika Audiya Pratiwi
NIM : 41318120021
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Analisis Pengukuran Getaran *Ball Bearing* pada *Turbine Propeller*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata 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 Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 6 Agustus 2020



Monika Audiya Pratiwi

PENGHARGAAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Pengukuran Getaran *Ball Bearing* pada *Turbine Propeller*”. Laporan ini disusun guna melengkapi dan menyelesaikan Tugas Akhir bagi kami selaku mahasiswa Universitas Mercubuana Program Studi Teknik Jurusan Teknik Mesin dan guna meningkatkan peran kami mahasiswa untuk menerapkan materi yang telah dipelajari untuk diterapkan dilapangan. Dalam kesempatan ini penulis akan menyampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang.
2. Yang terhormat, Bapak Abdul Hamid, Dr.B.Eng.,M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, ST. MT selaku ketua program studi Teknik Mesin.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng selaku koordinator tugas akhir.
5. Bapak Dr. Imam Hidayat ST, MT sebagai kepala laboratorium Universitas Mercu Buana yang telah memberikan izin untuk menggunakan ruangan Lab. Getaran.
6. Kepada seluruh teman-teman mahasiswa Universitas Mercubuana.
7. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak merupakan masukan yang berharga agar penulis dapat menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.

Cilegon, 6 Agustus 2020

(Monika Audiya Pratiwi)

ABSTRAK

Bearing atau bantalan merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada suatu *system* mekanik *rotating equipment*. Salah satu penyebab menurunnya *kinerja bearing* adalah adanya gesekan yang terjadi pada *bearing* yang menyebabkan keausan karena kurangnya pelumasan pada *bearing*. Keausan pada *bearing* merupakan salah satu permasalahan pada turbin angin yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan, mempersingkat umur turbin angin serta menyebabkan kerusakan komponen atau keseluruhan sistem pada turbin angin. Saat ini, salah satu metode *predictive maintenance* untuk mendeteksi kerusakan pada *bearing* adalah menggunakan metode sinyal getaran. Pada penelitian sebelumnya belum dilakukan analisis getaran pada perancangan *turbine propeller* sehingga pada penelitian ini dilakukan analisis getaran untuk mengetahui pengaruh pelumasan terhadap karakteristik getaran *ball bearing* pada *turbine propeller*. Metode pengujian dilakukan dengan pengujian *bump test* dan pengujian akibat pengaruh kecepatan angin pada *turbine propeller*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) kondisi yaitu kondisi sebelum dan setelah pelumasan, sehingga dapat dilakukan analisis karakteristik getaran akibat pengaruh pelumasan pada *bearing* berdasarkan perbandingan hasil frekuensi dan *amplitude* getaran dalam bentuk grafik. Selain itu, dilakukan pula perhitungan *Ball Pass Frequency Outer* (BPFO), *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI), *Fundamental Train Frequency* (FTF) dan *Ball Spin Frequency* (BSF) untuk mendeteksi kerusakan pada setiap komponen *bearing*. Alat ukur getaran yang digunakan adalah FFT analyzer tipe *Onno Sokki CF-3600*. Hasil pengukuran getaran diolah menggunakan *software* Matlab R2019a untuk mendapatkan hasil pengukuran berupa grafik *Fast Fourier Transform* (FFT). Pada pengujian *bump test* didapatkan modus getar *global* yang menunjukkan frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu titik pengukuran. Adanya pelumasan akan menurunkan *amplitude* getaran yang muncul pada frekuensi yang sama dan mengurangi jumlah frekuensi yang muncul pada setiap posisi pengukuran. Pada pengujian *running* didapatkan bahwa adanya pelumasan dapat menurunkan *amplitude* getaran yang muncul pada frekuensi yang sama dan mengurangi jumlah frekuensi yang muncul pada sumbu Y tetapi tidak berlaku pada sumbu X. Deteksi kerusakan berdasarkan frekuensi vibrasi dalam RPM dan perhitungan BPFO, BPFI, FTF dan BSF terhadap frekuensi kondisi sebelum pelumasan pada sumbu Y didapatkan bahwa indikasi kerusakan komponen *cage* pada *bearing*.

Kata kunci : Getaran, *bump test*, *ball bearing*, FFT, pelumasan

ANALYSIS VIBRATION MEASUREMENT OF BALL BEARING ON TURBINE PROPELLER

ABSTRACT

Bearing is a very important component in a mechanical rotating equipment system. One of the causes for decreasing bearing performance is the friction that occurs in the bearing that causes wear due to the lack of lubrication in the bearing. Bearing wear is one of the problems in wind turbines that will increase maintenance costs, shorten the lifespan of wind turbines and cause component or overall damage to the wind turbine. Currently, one of the predictive maintenance methods for detecting bearing damage is using vibration signal methods. In previous studies, vibration analysis was not conducted on the turbine propeller design, so the vibration analysis was conducted to determine the impact of lubrication on the turbine propeller vibration characteristic of ball bearing. The testing method is done by bump test and testing due to the influence of wind speed on the turbine propeller. Where the test is carried out using 2 conditions, namely the conditions before and after lubrication, so that the vibration characteristics analysis can be done due to the influence of lubrication on the bearing based on comparison of the results of the frequency and amplitude of vibration in graphical form. In addition, BPFO, BPF1, FTF and BSF calculations are also carried out to detect damage on each bearing component. Vibration measuring instrument used is a FFT analyzer type Onno Sokki CF-3600. The vibration measurement results are processed using Matlab R2019a software to get the measurement results in the form of a Fast Fourier Transform (FFT) graph. In the bump test the global vibration mode is obtained which shows the personal frequency that appears more than one measurement point. Lubrication will reduce the amplitude of vibrations that appear at the same frequency and reduce the number of frequencies that appear at each measurement position. In the running test it was found that the presence of lubrication can reduce the amplitude of vibrations that appear at the same frequency and reduce the number of frequencies that appear on the Y axis but does not apply to the X axis. Frequency in before lubrication on the Y axis found that there are indications of damage to cage components on the bearing.

Keywords : *Vibration, bump test, ball bearing, FFT , lubrication*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN PENELITIAN	4
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. GETARAN	7
2.2.1. Pengertian Getaran	7
2.2.2. Tipe Data Getaran (Vibrasi)	9
2.2.3. Pengukuran Getaran dengan Metode <i>Bump Test</i>	11
2.2.4. Model Matematik Fungsi Respon Frekuensi	12
2.3. <i>BEARING</i>	13
2.4. <i>DEEP GROOVE BALL BEARING</i>	14
2.5. ANALISIS KERUSAKAN	15
2.6. PELUMASAN (<i>LUBRICATION</i>)	16
2.7. IDENTIFIKASI KERUSAKAN BERDASARKAN FREKUENSI VIBRASI DALAM RPM	17
2.8. KERUSAKAN PADA KOMPONEN <i>BEARING</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. DIAGRAM ALIR	23
A. Perumusan Masalah	24
B. Studi Literatur	24
C. Pengambilan Data Angin <i>Wind Tunnel</i>	24

D.	Pengujian	24
E.	Pengolahan Data	25
F.	Analisis Data	25
G.	Kesimpulan dan Saran	26
3.2.	ALAT DAN BAHAN PENELITIAN	26
3.2.1.	Objek penelitian	26
3.2.2.	Pelumas (oli)	27
3.2.3.	Palu (<i>hammer</i>)	28
3.2.4.	<i>Wind Tunnel</i> Universitas Mercu Buana	28
3.2.5.	Tachometer	30
3.2.6.	Anemometer	30
3.2.7.	FFT Analyzer	31
3.3.	PROSEDUR PENGUJIAN GETARAN MENGGUNAKAN FFT <i>ANALYZER ONNO SOKKI CF-3600</i>	32
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1.	HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN BUMP TEST PADA <i>BALL BEARING</i>	35
4.2.	DATA KECEPATAN ANGIN DAN KECEPATAN PUTARAN YANG DIHASILKAN TURBINE PROPELLER	39
4.3.	HASIL DAN ANALISIS PENGUKURAN GETARAN AKIBAT VARIASI KECEPATAN ANGIN	40
4.4.	HASIL DAN ANALISIS DETEKSI KERUSAKAN BERDASARKAN FREKUENSI DALAM RPM DAN PERHITUNGAN BPFO, BFPI, FTF DAN BSF DENGAN VARIASI KECEPATAN ANGIN DAN KECEPATAN PUTAR <i>TURBINE PROPELLER</i>	43
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1.	KESIMPULAN	50
5.2.	SARAN	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi perbedaan domain waktu dan domain frekuensi	9
Gambar 2.2 Contoh bentuk domain waktu data	10
Gambar 2.3 Contoh bentuk domain frekuensi data	10
Gambar 2.4 <i>Tes bump</i> menunjukkan mode struktural pada 52,0 Hz dan pada 113,5 Hz.	12
Gambar 2.5 <i>Block diagram of an FRF</i>	13
Gambar 2.6 Bantalan (<i>bearing</i>)	14
Gambar 2.7 Bagian – bagian <i>deep groove ball bearing</i>	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.2 <i>Turbine propeller</i>	26
Gambar 3.3 <i>Ball bearing 6003 – 2Z FAG</i>	26
Gambar 3.4 Pelumas (oli) merk Prestasi	27
Gambar 3.5 Palu karet	28
Gambar 3.6 <i>Wind Tunnel</i> Universitas Mercu Buana	29
Gambar 3.7 <i>Motor blower</i>	29
Gambar 3.8 <i>Inverter VFD (variable frequency drive)</i>	30
Gambar 3.9 <i>Tachometer</i>	30
Gambar 3.10 <i>Anemometer digital</i>	31
Gambar 3.11 <i>Ono Sokki CF-3600</i>	31
Gambar 3.12 Posisi pengujian <i>bump test</i> sumbu X (a), sumbu Y (b), sumbu Z (c)	32
Gambar 3.13 Posisi pengujian <i>running</i> sumbu X (a) dan sumbu Y (b)	33
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian <i>bump test</i> pada sumbu X	36
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian <i>bump test</i> pada sumbu Y	36
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian <i>bump test</i> pada sumbu Z	37
Gambar 4.4 Grafik pengukuran getaran pada sumbu Y dengan kecepatan angin 5,6 m/s kondisi sebelum dan setelah pelumasan	40
Gambar 4.6 Grafik pengukuran getaran pada sumbu Y dengan kecepatan angin 7,6 m/s kondisi sebelum dan setelah pelumasan	41
Gambar 4.7 Grafik pengukuran getaran pada sumbu Y dengan kecepatan angin 8,1 m/s kondisi sebelum dan setelah pelumasan	42
Gambar 4.8 Grafik frekuensi getaran dalam RPM pada kecepatan putaran turbin 338 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	43

Gambar 4.9 Gambar 4.15 Grafik frekuensi getaran dalam RPM pada kecepatan putaran turbin 560 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	44
Gambar 4.10 Grafik frekuensi getaran dalam RPM pada kecepatan putaran turbin 645 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	45
Gambar 4.11 Grafik frekuensi getaran dalam RPM pada kecepatan putaran turbin 811,5 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	45
Gambar 4.12 Grafik FTF, BPFI, BPFO dan BSF pada kecepatan putaran turbin 338 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	47
Gambar 4.13 Grafik FTF, BPFI, BPFO dan BSF pada kecepatan putaran turbin 560 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	48
Gambar 4.14 Grafik FTF, BPFI, BPFO dan BSF pada kecepatan putaran turbin 645 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	48
Gambar 4.15 Grafik FTF, BPFI, BPFO dan BSF pada kecepatan putaran turbin 811,5 RPM sumbu Y sebelum pelumasan	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Identifikasi kerusakan berdasarkan frekuensi getaran dalam RPM.....	17
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Ball Bearing</i>	27
Tabel 4.3 Data kecepatan angin terhadap kecepatan putar <i>turbine propeller</i> sebelum pelumasan.....	39
Tabel 4.4 Data kecepatan angin terhadap kecepatan putar <i>turbine propeller</i> setelah pelumasan.....	40
Tabel 4.5 Hasil perhitungan BPFO, BPFI, FTF dan BSF sebelum pelumasan	46
Tabel 4.6 Hasil perhitungan BPFO, BPFI, FTF dan BSF setelah pelumasan.....	46



DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

Notasi	Keterangan
BPFO	<i>Ball Pass Frequency Outer Race (Hz)</i>
BPFI	<i>Ball Pass Frequency Inner Race (Hz)</i>
FTF	<i>Fundamental Train Frequency (Hz)</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
BSF	<i>Ball Spin Frequency (Hz)</i>
RPM	<i>Rotasi per minute</i>
Hz	Simbol dari satuan frekuensi yang diturunkan dalam Sistem Satuan Internasional (SI)
FRF	Fungsi Respon Frekuensi
F	Frekuensi atau frekuensi motor / <i>shaft frequency (Hz)</i>
Pd	<i>Pitch diameter (mm)</i>
Bd	<i>Ball diameter (mm)</i>
α	Sudut kontak bola ($^{\circ}$)
VFD	<i>Variabel Frequency Drive</i>
m	Massa (kg)
$\frac{d^2x}{dt^2}$	Menyatakan turunan simpangan kedua terhadap waktu
$ H(\omega) $	Menyatakan fungsi transfer
k	Konstanta pegas (N/m)
F (t)	Gaya input sebagai fungsi terhadap waktu (t)
c	Konstanta redaman
$\frac{dx}{dt}$	Menyatakan turunan simpangan pertama terhadap waktu