

**PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE* MENGGUNAKAN METODE
MONITORING VIBRASI PADA MOTOR *SPINDLE HIGH FREQUENCY*
DI MESIN *GRINDING OUTER RING RACEWAY RABBIT 147 D***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
KUKUH SETYO UTOMO
NIM: 41320110008

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE* MENGGUNAKAN METODE
MONITORING VIBRASI PADA MOTOR *SPINDLE HIGH FREQUENCY*
DI MESIN *GRINDING OUTER RING RACEWAY RABBIT 147 D*



Disusun Oleh:

Nama : Kukuh Setyo Utomo
NIM : 41320110008
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2022

HALAMAN PENGESAHAN

PENERAPAN *PREDICTIVE MAINTENANCE* MENGGUNAKAN METODE *MONITORING VIBRASI* PADA MOTOR *SPINDLE HIGH FREQUENCY* DI MESIN *GRINDING OUTER RING RACEWAY RABBIT 147 D*


Disusun Oleh:

Nama : Kukuh Setyo Utomo
NIM : 41320110008
Program Studi : Teknik Mesin

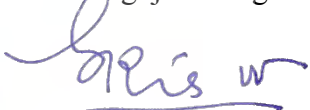
Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 18 Agustus 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

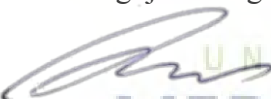
Pembimbing TA


(Ade Firdianto, ST., M.T.)
NIP. 216910097

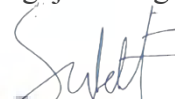
Penguji Sidang I


(Haris Wahyudi, M.Sc)
NIP. 116780510

Penguji Sidang II


(Dr. Eng. Deni Shidqi K., ST., MT.)
NIP. 216890126

Penguji Sidang III



(Subekti, ST., MT.)
NIP. 118730612

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin


(Muhamad Fitri, ST., M.Si., P.hD)
NIP. 118690617

Koordinator TA


(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)
NIP. 116910555

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Kukuh Setyo Utomo
NIM : 41320110008
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Penerapan *Predictive Maintenance*
Menggunakan Metode *Monitoring* Vibrasi Pada
Motor *Spindle High Frequency* Di Mesin
Grinding Outer Ring Raceway Rabbit 147 D

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 dikemudian 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 tanpa paksaan.

Jakarta, 18 Agustus 2022



(Kukuh Setyo Utomo)

ABSTRAK

Teknik perawatan prediktif banyak diaplikasikan di dunia industri yang salah satunya adalah untuk komponen mesin berputar. Teknik perawatan ini dapat mendeteksi jenis kerusakan pada suatu mesin tanpa menghentikan operasi mesin. Masalah dalam penelitian ini yaitu tingginya frekuensi kerusakan pada motor *spindle wheelhead*. Oleh karena itu, diterapkan perawatan prediktif menggunakan *monitoring* vibrasi pada motor *spindle wheelhead* agar dapat mendeteksi kerusakan awal yang terjadi pada mesin khususnya motor *spindle wheelhead*. Penelitian ini bertujuan memperoleh analisis getaran untuk mengetahui penyebab timbulnya *noise* dan melakukan validasi hasil analisis getaran. Metode penelitian ini dilakukan dengan mendeteksi kerusakan menggunakan analisis sinyal getaran, mengukur besarnya getaran dan mempresentasikan ke dalam bentuk domain frekuensi (*spectrum*) menggunakan *Fast Fourier Transform*. Penilaian kondisi motor *spindle wheelhead* mengacu pada DIN EN ISO 15641 untuk *velocity*, *acceleration* dan standar elemen *bearing* untuk *enveloping*. Dari data analisis vibrasi didapat hasil *bearing defect* disisi *cage* pada *side DE* maupun NDE. Setelah dibongkar memang benar terdapat cacat *cage* dari kedua *bearing* yang menyebabkan nilai *enveloping* tinggi. Penerapan perawatan prediktif dengan metode *monitoring* vibrasi pada motor *spindle wheelhead* ini terbukti efektif dalam mengurangi frekuensi kerusakan motor *spindle wheelhead*. Perawatan prediktif ini dilakukan secara *daily* untuk *monitoring oil mist* dan *weekly* untuk *monitoring* vibrasi. Implmentasi *monitoring* vibrasi ini sudah berjalan dan bisa mengurangi frekuensi kerusakan motor *spindle wheelhead* sebesar 50% dari tahun sebelumnya.

Kata Kunci: *Spindle Wheelhead*, *Monitoring* Vibrasi, Standar Vibrasi, Parameter *Velocity*, *Acceleration* dan *Enveloping*, Spektrum.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

APPLICATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE USING VIBRATION MONITORING METHOD ON HIGH FREQUENCY SPINDLE MOTORS IN THE OUTER RING RACEWAY RABBIT 147 D GRINDING MACHINE

ABSTRACT

Predictive maintenance techniques are widely applied in the industrial world, one of which is for rotating machine components. This maintenance technique can detect the type of damage to a machine without stopping the machine's operation. The problem in this study is the high frequency of damage to the wheelhead spindle motor. Therefore, predictive maintenance is applied using vibration monitoring on the spindle wheelhead motor in order to detect early damage to the engine, especially the spindle wheelhead motor. This study aims to obtain vibration analysis to determine the cause of noise and validate the results of vibration analysis. This research method is carried out by detecting damage using vibration signal analysis, measuring the magnitude of the vibration and presenting it in the form of a frequency domain (spectrum) using Fast Fourier Transform. The spindle wheelhead motor condition assessment refers to DIN EN ISO 15641 for velocity, acceleration and standard bearing elements for enveloping. From the vibration analysis data, the results obtained are bearing defects on the cage side on the DE and NDE sides. After dismantling it is true that there are cage defects from both bearings which cause high enveloping values. The application of predictive maintenance with the vibration monitoring method on the spindle wheelhead motor has proven to be effective in reducing the frequency of damage to the spindle wheelhead motor. This predictive maintenance is carried out daily for oil mist monitoring and weekly for vibration monitoring. The implementation of this vibration monitoring has been running and can reduce the frequency of spindle wheelhead motor damage by 50% from the previous year.

Keywords: *Spindle Wheelhead, Vibration Monitoring, Vibration Standard, Parameter Velocity, Acceleration and Enveloping, Spectrum.*

PENGHARGAAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena telah diberikan rahmat dan anugerah sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Penerapan *Predictive Maintenance* menggunakan Metode *Monitoring Vibrasi* pada Motor *Spindle High Frequency* di Mesin *Grinding Outer Ring Raceway* Rabbit 147 D.

Ucapan terima kaih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Muhamad Fitri, ST., M.Si., P.hD selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
2. Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng selaku koordinator Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana
3. Ade Firdianto, ST., M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Istriku tercinta Yoris Dila Sagita yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

Melalui lembar penghargaan ini saya 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.

Penulis



(Kukuh Setyo Utomo)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PENGHARGAAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. PERAWATAN MESIN	13
2.2.1. Pengertian Perawatan Mesin	13
2.2.2. Tujuan Perawatan Mesin	14
2.2.3. <i>Predictive Maintenance</i>	14
2.3. MESIN RABBIT 3MZ147D	16
2.3.2. Kerusakan Pada Motor <i>Spindle Wheelhead</i>	20

2.4.	TEORI DASAR GETARAN	21
2.4.1.	Klasifikasi Getaran	23
2.4.2.	Parameter Getaran	25
2.4.3.	<i>Transducer</i> Getaran	26
2.4.4.	Posisi Sensor Getaran	30
2.4.5.	Sinyal Getaran	31
2.4.7.	Batas Vibrasi yang Diperbolehkan	37
BAB III	METODOLOGI	41
3.1.	DIAGRAM ALIR	41
3.2.	ALAT DAN BAHAN	44
3.2.1.	Alat	44
3.2.2.	Bahan	45
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1.	ANALISIS DATA VIBRASI MOTOR <i>SPINDLE WHEELHEAD</i>	48
4.1.1.	Data Vibrasi, Pelumasan dan Temperatur	48
4.1.2.	Analisis Spectrum Vibrasi	50
4.1.3.	Perbaikan pada Motor <i>Spindle Wheelhead</i>	55
4.1.4.	Data Vibrasi Setelah Dilakukan Perbaikan	58
4.2.	PENERAPAN <i>PREDICTIVE MAINTENANCE</i>	58
4.2.1.	<i>Monitoring Drop Oil Mist</i> pada Motor <i>Spindle Wheelhead</i>	60
4.2.2.	<i>Monitoring</i> Vibrasi pada Motor <i>Spindle Wheelhead</i>	62
4.3.	FREKUENSI KERUSAKAN MOTOR <i>SPINDLE WHEELHEAD</i>	64
4.3.1.	Data Sebelum Dilakukan <i>Prediktive Maintenance</i>	65
4.3.2.	Data Setelah Dilakukan <i>Prediktive Maintenance</i>	65

BAB V	PENUTUP	67
5.1.	KESIMPULAN	67
5.2.	SARAN	68
DAFTAR PUSTAKA		69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mesin Rabbit 147 D	16
Gambar 2.2. Daftar Proses Pemesinan dan Kekerasan Permukaan Material	17
Gambar 2.3. <i>Raceway Outer Ring</i> pada <i>Bearing</i>	17
Gambar 2.4. Motor <i>Spindle High Frequency</i>	18
Gambar 2.5. Bagian - Bagian dari <i>Spindle High Frequency</i>	19
Gambar 2.6. Skema Sistem Vibrasi	21
Gambar 2.7. Getaran Bebas Tanpa Redaman	23
Gambar 2.8. Getaran Bebas Teredam	24
Gambar 2.9. Sketsa Diagram Bebas Gaya <i>Forced Vibration</i>	24
Gambar 2.10. Sensor Simpangan Tak Kontak Kelengkapan	27
Gambar 2.11. <i>Transducer</i> Kecepatan	28
Gambar 2.12. Sensor <i>Accelerometer</i>	29
Gambar 2.13. Posisi Sensor Getaran	30
Gambar 2.14. Domain Waktu	32
Gambar 2.15. Kombinasi antara Dua Buah Getaran dalam Domain Waktu	32
Gambar 2.16. Domain Frekuensi	33
Gambar 2.17. Hubungan antara Data Domain Waktu dengan Domain Frekuensi	33
Gambar 2.18. Kombinasi antara Gelombang dalam Domain Waktu dan Frekuensi	34
Gambar 2.19. Getaran Permesinan yang Ditunjukkan dalam Domain Waktu	35
Gambar 2.20. Analisis FFT Kondisi <i>Bearing Defect</i>	37
Gambar 2.21. Standar Vibrasi <i>Velocity</i> Berdasarkan ISBN 3-8163-0393-5	38
Gambar 2.22. Standar <i>Enveloping</i>	39
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2. Letak Sensor Vibrasi pada <i>Spindle Wheelhead</i>	43
Gambar 3.3. SKF <i>Microlog Analyzer GX Series (CMXA 75)</i>	44
Gambar 3.4. <i>Transducer Accelerometer</i> CMSS 2111	45
Gambar 3.5. <i>Spindle Wheelhead</i>	46
Gambar 3.6. Sistem Pelumasan <i>Spindle Wheelhead</i> Merk SMC	47
Gambar 4.1. Spectrum Velocity Arah Axial Side DE	50
Gambar 4.2. Spectrum Acceleration Side DE	51
Gambar 4.3. Spectrum Enveloping Side DE	51

Gambar 4.4. Spectrum Acceleration Side NDE	52
Gambar 4.5. Spectrum Enveloping Side NDE	53
Gambar 4. 6 Aktivitas Penggantian Bearing pada Motor Spindle Wheelhead	55
Gambar 4. 7 Kondisi Outr Ring Bearing	56
Gambar 4.8. Kerusakan Cage Bearing	56
Gambar 4. 9 Pengukuran Run Out Shaft Motor Spindle Wheelhead	57
Gambar 4.10. Pengujian Motor Spindle Wheelhead	57
Gambar 4. 11 Fishbone Diagaram Kerusakan Motor Spindle Wheelhead	59
Gambar 4.12. Unit Sistem Lubrikasi Oil Mist	60
Gambar 4.13. Gelas Ukur Drop Oil Mist	61
Gambar 4.14. Flexible Coolant Pendingin Motor Spindle Wheelhead	61
Gambar 4.15. Monitoring Vibrasi	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2. Standar Vibrasi <i>Velocity Spindle Wheelhead</i>	38
Tabel 2.3. Standar Vibrasi <i>Enveloping Spindle Wheelhead</i>	39
Tabel 2.4. Standar Vibrasi <i>Acceleration Spindle Wheelhead</i>	40
Tabel 4.1. Nilai Vibrasi, Temperatur dan Pelumasan <i>Side DE</i>	48
Tabel 4.2. Nilai Vibrasi, Temperatur dan Pelumasan <i>Side NDE</i>	49
Tabel 4.3. Hasil Analisis Nilai Vibrasi	54
Tabel 4.4. Data <i>Overall Vibrasi Motor Spindle Wheelhead</i> Setelah Perbaikan	58
Tabel 4.5. <i>Checklist Monitoring Oil Mist dan Cooler Motor Spindle Wheelhead</i>	62
Tabel 4.6. <i>Checklist Monitoring Vibrasi</i>	63
Tabel 4.7. Data Sebelum Dilakukan <i>Predictive Maintenance</i>	65
Tabel 4.8. Data Sesudah Dilakukan <i>Predictive Maintenance</i>	66

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
ω_n	Frekuensi Pribadi (rad/s)
f_n	Frekuensi Pribadi (Hz)
T	Periode Getaran
C	Harga Redaman yang Dipasang
Cc	<i>Damping</i> Kritis
Hz	Satuan Frekuensi(Hertz)
F _r	Putaran Bantalan
ζ	<i>Damping</i> Rasio



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>
CPM	<i>Cycle Per Minute</i>
CPS	<i>Cycle Per Second</i>
PV	<i>Peak Value</i>
SKF	<i>Svenska Kullager Fabriken</i>
gE	<i>Gravity Enveloping</i>
FORD	<i>Frequency Outer Race Defect</i>
BPFO	<i>Ball Pass Frequency-Outer</i>
FIRD	<i>Frequency Inner Race Defect</i>
BPMI	<i>Ball Pass Frequency-Outer</i>
FBD	<i>Frequency Ball Defect</i>
BSF	<i>Ball Spin Frequency</i>
FC	<i>Frequency Cage</i>
FTF	<i>Fundamental Train Frequency</i>
DE	<i>Drive End</i>
NDE	<i>Non Drive End</i>