

PERBAIKAN *SPINDLE WHEELHEAD* BERBASIS MONITORING VIBRASI



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERBAIKAN *SPINDLE WHEELHEAD* BERBASIS MONITORING VIBRASI



Nama : Reynaldo Yoga Pradana
NIM : 41320110038
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
DESEMBER 2021

HALAMAN PENGESAHAN

PERBAIKAN *SPINDLE WHEELHEAD* BERBASIS MONITORING VIBRASI

Disusun Oleh:

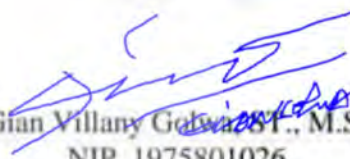
Nama : Reynaldo Yoga Pradana
NIM : 41320110038
Program Studi : Teknik Mesin

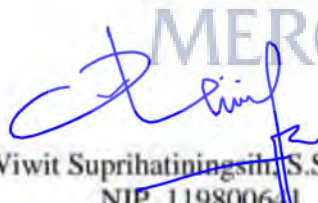
Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 23 Februari 2022.

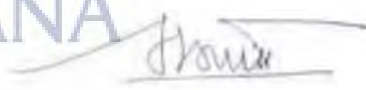
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

(Dedik Romahadi, ST., M.Sc)
NIP. 116910542

Penguji Sidang I

(Gian Villany Gubawa, ST., M.Si)
NIP. 1975801026

Penguji Sidang II

(Wiwit Suprihatiningsih, S.Si., M.Si)
NIP. 119800641

Penguji Sidang III

(Dr. Ir. Abdul Hamid)
NIP. 190460031

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,

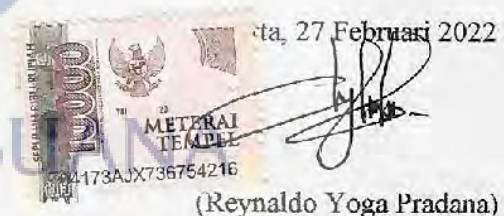
Nama : Reynaldo Yoga Pradana
NIM : 41320110038
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Perbaikan *Spindle Wheelhead* Berbasis Monitoring Vibrasi

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.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



(Reynaldo Yoga Pradana)

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 *Perbaikan Spindle Wheelhead Berbasis Monitoring Vibrasi*.

Puji syukur dengan adanya bimbingan dan bantuan dari pembimbing maupun rekan - rekan, penulis dapat melaksanakan tugas akhir dan menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir. Pada kesempatan ini juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ngadino Surip, MS selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Ir. Mawardi Amin, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Muhamad Fitri, ST., M.Si., P.hD selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng selaku koordinator Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana
5. Dedik Romahadi, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana.
6. Keluarga dan sahabat, yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
7. 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

(Reynaldo Yoga Pradana)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.2.1. Teori Dasar <i>Spindle</i> Motor	12
2.2.2. Bagian <i>Spindle</i> Wheelhead	13
2.2.3. <i>Predictive Maintenance</i>	14
2.2.4. Kerusakan Pada <i>Spindle Wheelhead</i>	16

2.2.5. Teori Dasar Getaran	17
2.2.6. Klasifikasi Getaran	18
2.2.7. Parameter Getaran	25
2.2.8. Amplitudo Deskriptor	27
2.2.9. <i>Transducer</i> Getaran	28
2.2.10. Posisi Sensor Getaran	32
2.2.11. Pemilihan Sensor Getaran	33
2.2.12. Sinyal Getaran	35
2.2.13. Macam-Macam Kerusakan <i>Rotating Machine</i>	39
2.2.14. Batas Vibrasi Yang Diperbolehkan	48
BAB III METODOLOGI	51
3.1. DIAGRAM ALIR	51
3.1.1. Tahap Identifikasi	52
3.1.2. Tahap Pengumpulan Data dan Analisis	53
3.1.3. Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran	56
3.2. ALAT DAN BAHAN	56
3.2.1. Alat	56
3.2.2. Bahan	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1. ANALISIS GETARAN <i>SPINDLE WHEELHEAD</i>	61
4.1.1. Data Nilai <i>Overall</i> Vibrasi, Temperatur & Pelumasan	61
4.1.2. Spektrum Analisis Data	62
4.2. VALIDASI HASIL ANALISIS GETARAN <i>SPINDLE WHEELHEAD</i>	68
4.2.1. Rekomendasi Perbaikan Ke-1	68
4.2.2. Nilai <i>Overall</i> Data Vibrasi, Temperatur & Pelumasan Setelah Perbaikan Ke-1	68
4.2.3. Pengecekan Analisis <i>Trend Overall</i>	70

4.2.4. Rekomendasi Perbaikan Ke-2	72
4.2.5. Aktivitas Penggantian Bantalan Baru <i>Spindle Wheelhead</i>	72
4.2.6. Spektrum Analisis Data Setelah Perbaikan Ke-2	77
BAB V PENUTUP	82
5.1. KESIMPULAN	82
5.2. SARAN	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. GMN High Speed Spindle	13
Gambar 2.2. <i>Spindle Gamfior</i>	13
Gambar 2.3. Getaran pada Pegas	17
Gambar 2.4. Getaran Bebas Tanpa Redaman	18
Gambar 2.5. Getaran Bebas Tak Teredam	21
Gambar 2.6. Getaran Bebas Teredam	21
Gambar 2.7. Sistem Getaran Paksa Satu Derajat Kebebasan	23
Gambar 2.8. Frekuensi Getaran	26
Gambar 2.9. Deskriptor Amplitudo	27
Gambar 2.10. Sensor Simpangan Tak Kontak Kelengkapan dan Cara Pemasangan	29
Gambar 2.11. Transducer Kecepatan	30
Gambar 2.12. Sensor Accelerometer	31
Gambar 2.13. Posisi Sensor Getaran	32
Gambar 2.14. Daerah sinyal percepatan, kecepatan dan simpangan untuk amplitudo getaran	34
Gambar 2.15. Domain Waktu	36
Gambar 2.16. Kombinasi antara dua buah getaran dalam domain waktu	36
Gambar 2.17. Domain Frekuensi	37
Gambar 2.18. Hubungan antara data domain waktu dengan domain frekuensi	37
Gambar 2.19. Kombinasi antara dua gelombang dalam domain waktu dan frekuensi	38
Gambar 2.20. Getaran permesinan yang ditunjukkan dalam domain waktu dan frekuensi	38
Gambar 2.21. Ketidakseimbangan Gaya	40
Gambar 2.22. Ketidakseimbangan Couple	40
Gambar 2.23. Ketidakseimbangan Dinamis	41
Gambar 2.24. Pembengkokan Angular	42
Gambar 2.25. Pembengkokan Parallel	42
Gambar 2.26. Pembengkokan <i>Bearing</i> Pada Shaft	43
Gambar 2.27. Tipe A	44
Gambar 2.28. Tipe B	44

Gambar 2.29. Tipe C	45
Gambar 2.30. Analisis FFT Kondisi <i>Bearing Defect</i>	47
Gambar 2.31. Standar vibrasi <i>velocity</i> berdasarkan ISBN 3-8163-0393-5 yang diterbitkan oleh VDMA Verlag GmbH pada buku manual <i>spindle</i>	49
Gambar 2.32. Standar Enveloping	50
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengambilan dan Analisis Data Vibrasi	52
Gambar 3.3. Pengaturan Parameter <i>Velocity</i> dan <i>Acceleration</i> Pada Software SKF @Ptitude Analyst	53
Gambar 3.4. Pengaturan Parameter <i>Enveloping</i> Pada Software SKF @Ptitude Analyst	53
Gambar 3.5. Proses Pengambilan Data Vibrasi Pada <i>Spindle Wheelhead</i>	54
Gambar 3.6. Letak sensor pada <i>spindle wheelhead</i>	55
Gambar 3.7. Sketsa 2D Letak Sensor <i>Accelerometer</i> Pada <i>Spindle Wheelhead</i>	55
Gambar 3.8. SKF Microlog Analyzer GX Series (CMXA 75)	57
Gambar 3.9. <i>Transducer Accelerometer</i> CMSS 2111	57
Gambar 3.10. <i>Spindle Wheelhead</i> Yang Ada di Mesin Grinding	58
Gambar 3.11. <i>Drawing</i> Bantalan <i>Angular Contact Ball Bearing</i>	59
Gambar 3.12. Sistem Pelumasan <i>Spindle Wheelhead</i> Merk SMC	60
Gambar 4.1. Spektrum FFT Arah <i>Axial</i>	62
Gambar 4.2. Spektrum FFT <i>Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	63
Gambar 4.3. Spektrum FFT <i>Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	64
Gambar 4.4. Spektrum FFT <i>Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Belakang	65
Gambar 4.5. Spektrum FFT <i>Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Belakang	66
Gambar 4.6. Riwayat Aktivitas <i>Maintenance</i> Pada Tanggal 6 Januari 2022	67
Gambar 4.7. Aktivitas Penambahan Tetesan <i>Oil Drops</i> Untuk Pelumasan Bantalan <i>Spindle Wheelhead</i>	69
Gambar 4.8. Mengarahkan <i>Flexible Coolant</i> Untuk Pendingin <i>Spindle Wheelhead</i> Pada Bagian Belakang	70
Gambar 4.9. Kenaikan <i>Trend Overall Axial</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	71
Gambar 4.10. Kenaikan <i>Trend Overall Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	71
Gambar 4.11. Kenaikan <i>Trend Overall Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	71
Gambar 4.12. Kenaikan <i>Trend Overall Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Belakang	72

Gambar 4.13. Kenaikan <i>Trend Overall Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Belakang	72
Gambar 4.14. Aktivitas Penggantian Bantalan Baru Pada <i>Spindle Wheelhead</i>	73
Gambar 4.15. Bagian OD <i>Outer Ring</i> Bantalan Depan dan Belakang Terdapat Kotoran	74
Gambar 4.16. Bagian Shaft Untuk Bantalan Depan dan Belakang Aus	74
Gambar 4.17. Kondisi Outer Ring Bantalan Depan dan Belakang	75
Gambar 4.18. Kondisi Raceway Inner Ring Bantalan Depan dan Belakang Terdapat Goresan Yang Melingkar	75
Gambar 4.19. Ada Sedikit Kondisi Abnormal Pada <i>Cage</i> di Bantalan Depan dan Belakang	76
Gambar 4.20. Pengukuran Run Out <i>Shaft Spindle Wheelhead</i> Menggunakan Dial Indikator	76
Gambar 4.21. Aktivitas Pengetesan <i>Spindle Wheelhead</i> Pada <i>Test Bench</i>	77
Gambar 4.22. Spektrum FFT Arah <i>Axial</i>	78
Gambar 4.23. Spektrum FFT <i>Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Depan	78
Gambar 4.24. Spektrum FFT <i>Enveloping</i> Pada Bantalan Depan	79
Gambar 4.25. Spektrum FFT <i>Acceleration</i> Pada <i>Bearing</i> Belakang	80
Gambar 4.26. Spektrum FFT <i>Enveloping</i> Pada Bantalan Belakang	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2. Standar Vibrasi <i>Velocity Spindle Wheelhead</i>	49
Tabel 2.3. Standar Vibrasi <i>Enveloping Spindle Wheelhead</i>	50
Tabel 2.4. Standar Vibrasi <i>Acceleration Spindle Wheelhead</i>	50
Tabel 4.1. Data Nilai <i>Overall</i> Vibrasi, Temperatur & Pelumasan	61
Tabel 4.3. Hasil Analisis Getaran dan kondisi <i>Spindle Wheelhead</i>	67
Tabel 4.4. Rekomendasi Perbaikan Untuk Komponen yang Mengalami Kerusakan	68
Tabel 4.5. Nilai <i>Overall</i> Vibrasi, Temperatur & Pelumasan Setelah Perbaikan ke-1	69
Tabel 4.7. Nilai <i>Overall</i> Vibrasi, Temperatur & Pelumasan Setelah Satu Minggu	70
Tabel 4.9. Data <i>Overall</i> Vibrasi, Temperatur dan Pelumasan Setelah Perbaikan ke-2	77



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
ω_n	Frekuensi pribadi (rad/s)
f_n	Frekuensi pribadi (Hz)
T	Periode getaran
C	Harga redaman yang dipasang
Cc	Damping kritis
Hz	Satuan frekuensi (Hertz)
Fr	Putaran Bantalan
ζ	Damping ratio



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>
VAC	<i>Voltage Alternative Current</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-Inner</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>