

**ANALISIS METODE SPEKTRUM FFT DAN PERBAIKAN  
TERHADAP KERUSAKAN *BEARING* PADA  
POMPA SENTRIFUGAL SP039**



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**  
JOSUA FERNANDO GULTOM  
NIM: 41320110100

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2022

ANALISIS METODE SPEKTRUM FFT DAN PERBAIKAN  
TERHADAP KERUSAKAN *BEARING* PADA  
POMPA SENTRIFUGAL SP039



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun oleh:

Nama : Josua Fernando Gultom  
NIM 41320110100  
Program Studi : Teknik Mesin

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

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS METODE SPEKTRUM FFT DAN PERBAIKAN TERHADAP KERUSAKAN *BEARING* PADA POMPA SENTRIFUGAL SP039

Disusun oleh:

Nama : Josua Fernando Gultom

NIM 41320110100

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 20 Juli 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



( Agus Budihadi, ST, MT )

NIP : 217590094

Penguji Sidang I



( Hadi Pranoto, ST., MT, Ph.D )

NIP : 114730437

Penguji Sidang II



( Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D )

NIP : 1013126901

Penguji Sidang III

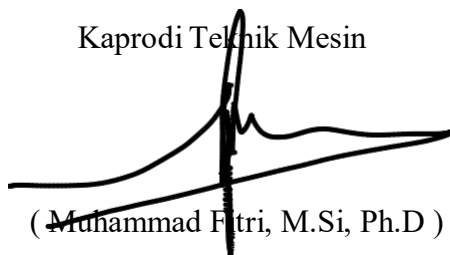


( Andi Firdaus Sudarma, ST, M.Eng )

NIP : 217810112

Mengetahui,

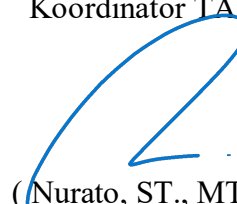
Kaprodi Teknik Mesin



( Muhammad Fitri, M.Si, Ph.D )

NIP : 1013126901

Koordinator TA



( Nurato, ST., MT )

NIP : 0313047302

## SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Josua Fernando Gultom

NIM : 41320110100

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah murni hasil karya sendiri apabila saya mengutip hasil karya orang lain, maka saya mencantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Saya bersedia dikenai sanksi pembatalan skripsi ini apabila terbukti melakukan tindak plagiat (penjiplakan).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 19 Januari 2023



Josua Fernando Gultom

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## PENGHARGAAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan rahmat dan berkat-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Analisis Metode Spektrum FFT Dan Perbaikan Terhadap Kerusakan Bearing Pada Pompa Sentrifugal SP039*”.

Adapun penyusunan laporan Tugas Akhir ini semata-mata bukan karena kemampuan penulis sendiri. Tanpa bantuan dan semangat dari berbagai pihak baik itu berupa bimbingan, saran, dorongan moral dan material maka mustahil penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Oleh karena itu, dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus, atas segala yang telah diberikan-Nya kepada kita semua proses Laporan Tugas Akhir dan selalu ada dalam lindungan-Nya.
2. Bapak Muhammad Fitri, M.Si, Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Nurato, ST, MT, selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gian Villany Golwa, ST., MT, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Agus Budihadi, ST., MT, sebagai dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan proposal tugas akhir.
6. Semua teman dan sahabat yang telah membantu dan memberikan saran.
7. Kedua orang tua dan kedua saudari saya atas doa-doa selama pelaksanaan tugas akhir.
8. Semua rekan kerja di PT Fajar Surya Wisesa Tbk dalam membantu pelaksanaan tugas akhir.
9. Teman-teman teknik mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan tugas akhir.

Menyadari akan keterbatasan dan kekurangan baik waktu, pikiran dan tenaga dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Maka saran dan kritik serta masukan

yang membangun dari pembaca sangat diharapkan oleh penulis dalam hal penyempurnaan buku ini.

Akhirnya besar harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa sekarang dan di masa yang akan datang.

Cikarang, 20 Juli 2022

Penulis,

Josua Fernando Gultom



## DAFTAR ISI

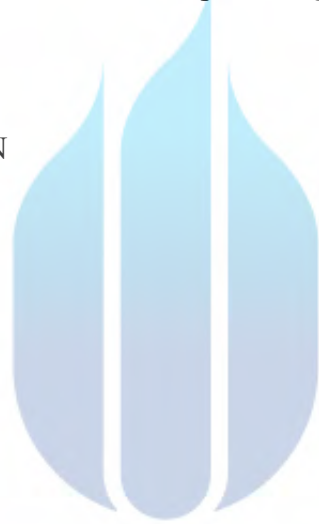
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 BATASAN MASALAH	4
1.5 MANFAAT	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	<b>6</b>
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 PENGERTIAN POMPA	11
2.2.1 Pompa Sentrifugal	11
2.2.2 Pompa Torak	14
2.2.3 Pompa Putar	16
2.3 BANTALAN POROS ( <i>BEARING</i> )	18
2.3.1 Klasifikasi <i>Bearing</i>	18
2.3.2 Jenis – Jenis Cacat <i>Bearing</i>	27
2.4 GAYA GESEK	30
2.4.1 Macam – Macam Gaya Gesek	31
2.4.2 Keuntungan dan Kerugian Gaya Gesek	32



2.5	PENGERTIAN GETARAN	32
2.5.1	Parameter Getaran	33
2.5.2	Deskripsi Amplitudo	36
2.5.3	Deskripsi Fase	38
2.5.4	Deskripsi Harmonik	38
2.5.5	Sinyal Getaran	39
2.5.6	Sinyal Getaran Domain Waktu	40
2.5.7	Sinyal Getaran Domain Frekuensi	41
2.5.8	<i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	42
2.5.9	<i>Analisis Envelope</i>	44
2.5.10	Pengukuran Getaran	45
2.5.11	Sensor Simpangan Getaran	45
2.5.12	Sensor Kecepatan Getaran	46
2.5.13	Sensor Percepatan Getaran	47
2.5.14	Titik Pengukuran Sensor Getaran	49
2.6	PENYEBAB GETARAN PADA POMPA	50
2.7	PERMASALAHAN UMUM DALAM OPERASI POMPA	56
2.7.1	Kerusakan Pada <i>Rolling Element Bearing</i>	56
2.7.2	Kelonggaran Mekanik ( <i>Looseness</i> )	57
2.7.3	Ketidakseimbangan ( <i>Unbalance</i> )	59
2.7.4	Ketidaksejajaran ( <i>Misalignment</i> )	60
2.7.5	<i>Bent Shaft</i>	61
2.8	PEMELIHARAAN TERHADAP POMPA	62
2.8.1	Tujuan Pemeliharaan	64
2.8.2	Jenis – Jenis Pemeliharaan	65
2.8.3	Manfaat Kegiatan Pemeliharaan Prediktif	65
2.8.4	Metode Dalam <i>Predictive Maintenance</i>	66
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>68</b>
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	68
3.2	IDENTIFIKASI MASALAH	69
3.2.1	Lokasi Penelitian	69
3.2.2	Spesifikasi Pompa Sentrifugal	70



3.2.3	Spesifikasi <i>Bearing</i> FAG 7308	70
3.2.4	Data Peralatan	72
3.2.5	Prinsip Kerja Peralatan	75
3.3	PROSES PENGAMBILAN DATA	76
3.4	PENGOLAHAN DATA SKF <i>MICROLOG ANALYZER AX</i>	77
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>84</b>
4.1	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	84
4.1.1	Sinyal Getaran Terhadap <i>Bearing</i> Rusak	85
4.1.2	Sinyal Getaran Terhadap <i>Bearing</i> Baru	100
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>109</b>
5.1	KESIMPULAN	109
5.2	SARAN	110
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>111</b>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lintasan Aliran Cairan Pompa Sentrifugal	12
Gambar 2.2 Komponen Utama Pompa Sentrifugal	12
Gambar 2.3 Pompa Aksi Langsung	14
Gambar 2.4 Pompa Tenaga	15
Gambar 2.5 Pompa Diafragma	15
Gambar 2.6 Pompa Cam dan Piston	16
Gambar 2.7 Pompa Roda Gigi	16
Gambar 2.8 Pompa Cuping	17
Gambar 2.9 Pompa Sekrup	17
Gambar 2.10 Pompa Baling	18
Gambar 2.11 Arah Beban Bantalan	19
Gambar 2.12 Konstruksi <i>Bearing</i> Luncur	19
Gambar 2.13 Konstruksi <i>Bearing</i> Gelinding	20
Gambar 2.14 Elemen <i>Bearing</i> Gelinding	21
Gambar 2.15 <i>Single Row Groove Ball Bearing</i>	23
Gambar 2.16 <i>Double Row Self Aligning Ball Bearings</i>	24
Gambar 2.17 <i>Single Row Angular Contact Ball Bearings</i>	24
Gambar 2.18 <i>Double Row Angular Contact Ball Bearings</i>	25
Gambar 2.19 <i>Double Row Barrel Roller Bearings</i>	25
Gambar 2.20 <i>Single Row Cylindrical Bearings</i>	26
Gambar 2.21 <i>Single Row Tapered Roller Bearings</i>	26
Gambar 2.22 <i>Single Direction Thrust Ball Bearings</i>	27
Gambar 2.23 <i>Double Direction Thrust Ball Bearings</i>	27
Gambar 2.24 Getaran Pada Sistem Pegas Massa Sedehana	32
Gambar 2.25 Siklus Getaran Dalam Frekuensi	33
Gambar 2.26 Perpindahan Dari Obyek Yang Bergetar	34
Gambar 2.27 Kecepatan Dari Obyek Yang Bergetar	35
Gambar 2.28 Percepatan Benda Bergetar	36
Gambar 2.29 Amplitudo Dalam Grafik <i>Time Waveform</i>	37
Gambar 2.30 Fase Diantara Dua Gelombang Identik	38
Gambar 2.31 Bentuk Gelombang Persegi	39

Gambar 2.32 Sinyal Getaran Domain Waktu	40
Gambar 2.33 Sinyal Getaran Domain Frekuensi	41
Gambar 2.34 Hubungan Antara Domain Waktu Terhadap Domain Frekuensi	42
Gambar 2.35 Transformasi <i>Fourier</i>	43
Gambar 2.36 Skema <i>Envelope</i>	44
Gambar 2.37 Metode Pengolahan Data <i>Envelope</i>	45
Gambar 2.38 Sensor Simpangan Tak Kontak ( <i>Proximity</i> )	46
Gambar 2.39 Sensor Kecepatan Getaran	47
Gambar 2.40 Sensor <i>Accelerometer</i> dan Prinsip Kerja <i>Piezoelectric Accelerometer</i>	48
Gambar 2.41 Titik Pengukuran Sensor Getaran	49
Gambar 2.42 Karakteristik Spektrum Kerusakan <i>Bearing</i>	56
Gambar 2.43 Karakteristik Spektrum <i>Internal Assembly Looseness</i>	57
Gambar 2.44 Karakteristik Spektrum <i>Mechanical Looseness</i>	58
Gambar 2.45 Karakteristik Spektrum <i>Structure Looseness</i>	58
Gambar 2.46 Karakteristik Spektrum <i>Static Unbalance</i>	59
Gambar 2.47 Karakteristik Spektrum <i>Angular Misalignment</i>	60
Gambar 2.48 Karakteristik Spektrum <i>Parallel Misalignment</i>	61
Gambar 2.49 Karakteristik Spektrum <i>Bent Shaft</i>	62
Gambar 2.50 Kurva <i>Bathup</i>	64
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	69
Gambar 3.2 Pompa dan <i>Name Plate</i> Pompa Sentrifugal SP039	70
Gambar 3.3 <i>Drawing Bearing FAG 7038</i>	71
Gambar 3.4 Komputer	72
Gambar 3.5 <i>SKF Microlog Analyzer AX</i>	73
Gambar 3.6 <i>Tranducer Accelerometer</i>	74
Gambar 3.7 Arah Titik Pengukuran	76
Gambar 3.8 <i>Trend Plot</i>	77
Gambar 3.9 <i>Spectrum Plot</i>	78
Gambar 3.10 <i>Time Base / Time Waveform</i>	78
Gambar 3.11 <i>Overall Alarm</i>	79
Gambar 3.12 Poin – Poin Pengambilan Data Pompa Dan Parameter Lain	79
Gambar 3.13 <i>Spectrum Envelope</i>	80
Gambar 3.14 <i>Spectrum Velocity</i>	80

Gambar 3.15 Standar Getaran ISO 10816-3	82
Gambar 3.16 Limit Vibrasi <i>Bearing</i> Anti Friksi	83
Gambar 3.17 Limit Vibrasi API-610 Pompa Sentrifugal	83
Gambar 4.1 Dimensi <i>Bearing</i> FAG 7308	84
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Titik <i>Inboard</i> (DE) Pompa	87
Gambar 4.3 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Vertikal Tanggal 12/11/2021	88
Gambar 4.4 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Vertikal Tanggal 15/11/2021	88
Gambar 4.5 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Horisontal Tanggal 12/11/2021	89
Gambar 4.6 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Horisontal Tanggal 15/11/2021	89
Gambar 4.7 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Aksial Tanggal 12/11/2021	90
Gambar 4.8 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Aksial Tanggal 15/11/2021	90
Gambar 4.9 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Vertikal	92
Gambar 4.10 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Horisontal	92
Gambar 4.11 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Aksial	92
Gambar 4.12 <i>Enveloping Spectrum</i> Tanggal 12/11/2021	93
Gambar 4.13 <i>Enveloping Spectrum</i> Tanggal 15/11/2021	94
Gambar 4.14 Hasil Perhitungan Frekuensi Impuls Bantalan FAG 7308	96
Gambar 4.15 <i>Trending</i> Data Analisis <i>Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Cacat	97
Gambar 4.16 Kerusakan <i>Bearing</i> FAG 7308 Bagian <i>Inner Race</i>	97
Gambar 4.17 Kerusakan <i>Bearing</i> FAG 7308 Bagian Bola	98
Gambar 4.18 Kerusakan <i>Bearing</i> FAG 7308 Bagian Sangkar	98
Gambar 4.19 <i>Bearing</i> FAG 7308 Bagian <i>Outer Race</i> Tidak Mengalami Cacat	98
Gambar 4.20 Diagram Tulang Ikan	99
Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengukuran Titik <i>Inboard</i> (DE) Pompa	101
Gambar 4.22 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Vertikal Tanggal 10/01/2022	102
Gambar 4.23 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Vertikal Tanggal 18/02/2022	102
Gambar 4.24 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Horisontal Tanggal 10/01/2022	103
Gambar 4.25 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Horisontal Tanggal 18/02/2022	103
Gambar 4.26 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Aksial Tanggal 10/01/2022	104
Gambar 4.27 <i>Velocity Spectrum</i> Bagian Aksial Tanggal 18/02/2022	104
Gambar 4.28 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Vertikal	105
Gambar 4.29 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Horisontal	105
Gambar 4.30 <i>Trending</i> Vibrasi <i>Velocity</i> Bagian Aksial	106

Gambar 4.31 <i>Enveloping Spectrum</i> Tanggal 10/01/2022	106
Gambar 4.32 <i>Enveloping Spectrum</i> Tanggal 18/02/2022	107
Gambar 4.33 <i>Trending Data Analisis Enveloping</i> Pada <i>Bearing</i> Baru	107



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2 Konversi Faktor	37
Tabel 2.3 Satuan Vibrasi	37
Tabel 2.4 Frekuensi Vibrasi dan Penyebabnya	51
Tabel 2.5 Frekuensi Diagnostik	54
Tabel 3.1 Data Spesifikasi SP039	70
Tabel 3.2 Spesifikasi Ukuran <i>Bearing</i> FAG 7308	71
Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen <i>Bearing</i> FAG 7308	85
Tabel 4.2 Hasil Pengambilan Data Vibrasi Pompa SP039 Saat Abnormal	85
Tabel 4.3 Hasil Pengambilan Data Vibrasi Pompa SP039 Saat Normal	100



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\beta$	Sudut kontak ( <i>contact angle</i> ) [°]
$\alpha$	Sudut kontak ( <i>contact angle</i> ) [°]



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
BPFI	<i>Ball Pass Frequency Inner Race</i>
BPFO	<i>Ball Pass Frequency Outer Race</i>
BSF	<i>Ball Spin Frequency</i>
FTF	<i>Fundamental Train Frequency</i>
Nb	<i>Number of Balls</i>
Bd	<i>Ball Diameter</i>
Pd	<i>Pitch Diameter</i>
CPS	<i>Cycles Per Second</i>
CPM	<i>Cycles Per Minute</i>
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>
RMS	<i>Root Means Square</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
DFT	<i>Discrete Fourier Transform</i>
P1V	<i>Pump Inboard Vertical</i>
P1H	<i>Pump Inboard Horizontal</i>
P1A	<i>Pump Inboard Axial</i>
P2V	<i>Pump Outboard Vertical</i>
P2H	<i>Pump Outboard Horizontal</i>
P2A	<i>Pump Outboard Axial</i>
M1V	<i>Motor Inboard Vertical</i>
M1H	<i>Motor Inboard Horizontal</i>
M1A	<i>Motor Inboard Axial</i>
M2V	<i>Motor Outboard Vertical</i>
M2H	<i>Motor Outboard Horizontal</i>
M2A	<i>Motor Outboard Axial</i>
DE	<i>Drive End</i>
NDE	<i>Non Drive End</i>
gE	<i>gravity Enveloping</i>