

**PERANCANGAN SISTEM PINTAR UNTUK DIAGNOSIS GETARAN
POMPA *COOLING WATER P9114B* MENGGUNAKAN *BAYESIAN
NETWORK***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
FAVIAN FAIRUZ ALSA
NIM: 41321120035

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM PINTAR UNTUK DIAGNOSIS GETARAN POMPA
COOLING WATER P9114B MENGGUNAKAN BAYESIAN NETWORK



Nama : Favian Fairuz Alsa
NIM : 41321120035
Program Studi : Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Favian Fairuz Alsa

NIM : 41321120035

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi : Perancangan Sistem Pintar Untuk Diagnosis Getaran Pompa
Cooling Water P9114B Menggunakan Bayesian Network

Telah berhasil dipertahankan pada sidang dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik , Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Dedik Romahadi, ST., M.Sc

NIDN : 0306029106

Penguji 1 : Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D

NIDN : 1013126901

Penguji 2 : Nur Indah, S.ST, MT

NIDN : 0313038001

Penguji 3 : Gian Villany Golwa, ST, MSi

NIDN : 0323068006

Jakarta, 09 Desember 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Unam Hidayat, ST., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Favian Fairuz Alsa
NIM : 41321120035
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN PINTAR UNTUK
DIAGNOSIS GETARAN POMPA *COOLING*
WATER P9114B MENGGUNAKAN
BAYESIAN NETWORK

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, 30 November 2023


(Favian Fairuz Alsa)

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 PERANCANGAN SISTEM PINTAR UNTUK DIAGNOSIS GETARAN POMPA *COOLING WATER P9114B* MENGGUNAKAN *BAYESIAN NETWORK*.

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. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan anugerah.
2. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T selaku koordinator Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana
6. Dedik Romahadi, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana.
7. Keluarga dan sahabat, yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
8. 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



(Favian Fairuz Alsa)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 SISTEM PINTAR	10
2.3 Matriks Kebingungan (<i>CONFUSION MATRIX</i>)	11
2.3.1. Definisi	11
2.3.2. Contoh Kasus	13
2.4 GETARAN	14
2.5 PARAMETER GETARAN	15

2.5.1.	Frekuensi dan Periode	15
2.5.2.	<i>Phase</i>	16
2.5.3.	Amplitudo dan RMS (<i>Root Mean Square</i>)	16
2.5.4.	Simpangan (<i>Displacement</i>)	17
2.5.5.	Kecepatan (<i>Velocity</i>)	17
2.5.6.	Percepatan (<i>Acceleration</i>)	18
2.6	FFT (<i>FAST FOURIER TRANSFORM</i>)	18
2.7	ISO 10816-3	19
2.8	ANALISIS GETARAN	20
2.8.1.	<i>Misalignment</i>	20
2.8.2.	<i>Static Unbalance</i>	21
2.8.3.	<i>Dynamic Unbalance</i>	22
2.8.4.	<i>Cavitation</i>	22
2.8.5.	<i>Mechanical Looseness</i>	23
2.8.6.	(Cacat Bearing) <i>Bearing Defect</i>	24
2.9	POMPA SENTRIFUGAL	26
2.10	BAYESIAN NETWORK	27
2.10.1.	Membangun Model <i>Bayesian Network</i>	29
2.10.2.	Contoh Kasus <i>Bayesian Network</i>	31
2.11	MATLAB	32
BAB 3 METODOLOGI		34
3.1.	DIAGRAM ALIR	34
3.2.	ALAT DAN BAHAN	36
3.2.1.	Alat	36
3.2.2.	Bahan	36
3.3.	PENENTUAN VARIABEL KERUSAKAN	38
3.4.	PENENTUAN PARAMETER	38

3.4.1.	Frekuensi Domain Pompa	39
3.4.2.	Frekuensi <i>Bearing</i>	39
3.4.3.	Frekuensi <i>Blade Pass Frequency</i> (BPF)	39
3.4.4.	Penentuan Data Spektrum Frekuensi	40
3.4.5.	Penentuan Nilai <i>Overall</i> Getaran (RMS)	40
3.5.	PENGUMPULAN DATA PENGUJIAN SISTEM PINTAR	41
3.5.1.	Data Spektrum	41
3.5.2.	Data Input	44
3.6.	PERANCANGAN <i>BAYESIAN NETWORK</i>	45
3.6.1.	Perancangan Struktur Grafik	45
3.6.2.	Estimasi Probabilitas	46
3.7.	PERANCANGAN SISTEM PINTAR	47
3.7.1.	Perancangan <i>User Interface</i>	47
3.7.2.	Pemrograman Sistem Pintar	48
3.8.	VALIDASI PENGUJIAN SISTEM PINTAR	49
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1.	HASIL PERANCANGAN <i>BAYESIAN NETWORK</i>	50
4.2.	PROBABILITAS <i>BAYESIAN NETWORK</i>	51
4.3.	HASIL PERANCANGAN SISTEM PINTAR	55
4.4.	HASIL PENGUJIAN SISTEM PINTAR	57
4.4.1.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Static Unbalance</i>	58
4.4.2.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Dynamic Unbalance</i>	60
4.4.3.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Misalignment</i>	62
4.4.4.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Cavitation</i>	63
4.4.5.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Looseness</i>	65
4.4.6.	Hasil Pengujian Kerusakan <i>Bearing</i>	67
4.5.	VALIDASI HASIL PENGUJIAN SISTEM PINTAR	69

BAB 5 PENUTUP	72
5.1. KESIMPULAN	72
5.2. SARAN	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi Sistem Pintar	11
Gambar 2.2. Jenis Bunga Anggrek	13
Gambar 2.3. Matriks Kebingungan dari Contoh Kasus	13
Gambar 2.4. Paramater Analisis Getaran	15
Gambar 2.5. Hubungan <i>Peak to Peak</i> , <i>Peak</i> , <i>Average</i> dan RMS.	16
Gambar 2.6. Contoh Spektrum Analisis Vibrasi	18
Gambar 2.7. Standar Vibrasi ISO 10816-3	19
Gambar 2.8. Ilustrasi <i>Misalignment</i> dan Karakteristiknya	20
Gambar 2.9. Ilustrasi <i>Static Unbalance</i> dan Karakteristiknya	21
Gambar 2.10. Ilustrasi <i>Dynamic Unbalance</i> dan Karakteristiknya	22
Gambar 2.11. Ilustrasi <i>Cavitation</i> dan Karakteristiknya	23
Gambar 2.12. Ilustrasi <i>Mechanical Looseness</i> dan Karakteristiknya	23
Gambar 2.13. Pompa Sentrifugal	26
Gambar 2.14. Contoh Grafik Asiklik	29
Gambar 2.15. Contoh Kasus <i>Bayesian Network</i>	31
Gambar 3.1. Diagram Alir Perancangan Sistem Pintar	34
Gambar 3.2. Pompa <i>Cooling Water P9114B</i>	36
Gambar 3.3. Contoh Data Spektrum	41
Gambar 3.4. Data Spektrum Kerusakan <i>Unbalance</i>	42
Gambar 3.5. Data Spektrum Kerusakan <i>Cavitation</i>	42
Gambar 3.6. Data Spektrum Kerusakan <i>Misalignment</i>	43
Gambar 3.7. Data Spektrum Kerusakan <i>Looseness</i>	43
Gambar 3.8. Data Spektrum Kerusakan <i>Bearing</i>	44
Gambar 3.9. Perancangan Struktur Grafik	45
Gambar 3.10. <i>Conditional Probability Table</i> dari <i>Misalignment</i>	46
Gambar 3.11. Menu Perancangan <i>User Interface</i> pada MATLAB	47
Gambar 3.12. Tampilan MATLAB untuk Membuka Lembar Kerja Baru	47
Gambar 3.13. Tampilan Lembar Kerja untuk Pembuatan <i>User Interface</i>	48
Gambar 3.14. Tampilan Lembar Kerja untuk Membuat Pemrograman	49
Gambar 4.1. Struktur <i>Bayesian Network</i>	50
Gambar 4.2. Probabilitas Awal saat Kondisi Pompa Normal	55

Gambar 4.3. Tampilan Aplikasi Sistem Pintar untuk Diagnosis Getaran	56
Gambar 4.4. Tampilan Aplikasi Sistem Pintar saat Kondisi Pompa Normal	57
Gambar 4.5. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Static Unbalance</i>	58
Gambar 4.6. Data Pengujian <i>Static Unbalance</i> Ke-13	59
Gambar 4.7. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Dynamic Unbalance</i>	60
Gambar 4.8. Data Pengujian <i>Dynamic Unbalance</i> Ke-6	61
Gambar 4.9. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Misalignment</i>	62
Gambar 4.10. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Cavitation</i>	63
Gambar 4.11. Data Pengujian <i>Cavitation</i> Ke-8	65
Gambar 4.12. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Looseness</i>	65
Gambar 4.13. Pengujian dengan Kondisi Kerusakan <i>Bearing</i>	67
Gambar 4.14. Data Pengujian Kerusakan <i>Bearing</i> Ke-3	68
Gambar 4.15. <i>Confusion Matrix</i> dari Pengujian Aplikasi Sistem Pintar	69



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2 Satuan Pengukuran Gelombang Getaran	17
Tabel 3.1. Variabel Kerusakan	38
Tabel 3.2. Frekuensi Domain Pompa	39
Tabel 3.3. Frekuensi Komponen <i>Bearing</i>	39
Tabel 3.4. Identifikasi Data Spektrum Frekuensi	40
Tabel 3.5. Identifikasi Nilai <i>Overall</i> Getaran pada Pompa <i>Cooling Water P9114B</i>	40
Tabel 4.1. Stuktur <i>Bayesian Network</i> Tingkat 1	50
Tabel 4.2. Stuktur <i>Bayesian Network</i> Tingkat 1.5	51
Tabel 4.3. Struktur <i>Bayesian Network</i> Tingkat 2	51
Tabel 4.4. Probabilitas <i>Static Unbalance</i>	52
Tabel 4.5. Probabilitas <i>Dynamic Unbalance</i>	52
Tabel 4.6. Probabilitas <i>Looseness</i>	53
Tabel 4.7. Probabilitas <i>Misalignment</i>	54
Tabel 4.8. Probabilitas <i>Cavitation</i>	54
Tabel 4.9. Probabilitas <i>Bearing</i>	55
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Static Unbalance</i>	58
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Dynamic Unbalance</i>	60
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Misalignment</i>	63
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Cavitation</i>	64
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Looseness</i>	66
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Kerusakan <i>Bearing</i>	67
Tabel 4.16. Hasil Pengujian dari Aplikasi Sistem Pintar	70

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
ω	Frekuensi sudut
φ	<i>Phase</i>
ζ	<i>Damping ratio</i>
$^{\circ}$	Derajat
α	Sudut kontak (derajat)
π	Rasio lingkaran



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
RPM	<i>Rotation per minute</i>
BPFI	<i>Ball Pass Frequency Inner</i>
BPFO	<i>Ball Pass Frequency Outer</i>
BSF	<i>Ball Spin Frequency</i>
FTF	<i>Fundamental Train Frequency</i>
BPF	<i>Blade Pass Frequency</i>
TP	<i>True Positive</i>
TN	<i>True Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
FN	<i>False Negative</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>

