

ABSTRAK

William Wijaya:

Skripsi

Analisis Getaran Dan Arus Listrik Motor Listrik Menggunakan *Node-Red* Untuk Monitor Kerusakan *Bearing* Dalam Penerapan *Condition-based Maintenance*

Preventive maintenance yang banyak digunakan pada saat ini memiliki kelemahan dimana perawatan harus dilakukan meskipun tidak terdapat kerusakan. *Condition-based maintenance* menjadi solusi kelemahan tersebut dimana kondisi mesin dipantau melalui sensor dan perawatan hanya dilakukan ketika kondisi mesin mencapai batas kerusakan yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem yang dapat mengambil data getaran pada mesin untuk dilakukan pemantauan secara *real time* selama mesin berjalan. Pengambilan data dilakukan menggunakan *Node-Red* karena pemrograman tersebut memiliki kelebihan dalam aksesibilitas seperti dapat diakses melalui *browser* dari berbagai macam perangkat, serta dapat diakses secara *wireless*. Nilai getaran dari penelitian ini dipengaruhi oleh jenis *bearing* yang digunakan dimana terdapat *bearing* dengan kondisi sehat dan rusak. Data getaran kemudian dianalisa lebih detail dalam domain frekuensi untuk melihat kerusakan pada bagian-bagian *bearing*. Perbedaan *bearing* dengan kondisi sehat dan rusak terlihat pada nilai getaran yang mencapai nilai kerusakan parah menurut ISO-10816 dan grafik domain frekuensi menunjukkan adanya lonjakan signifikan pada frekuensi kerusakan *bearing*. Kenaikan arus listrik kurang berpengaruh terhadap kenaikan nilai getaran pada motor listrik yang dijalankan tanpa beban. Pada akhirnya, pemrograman pada *Node-Red* berhasil digunakan untuk memonitor nilai getaran dan arus listrik pada motor listrik serta melakukan pengambilan data untuk analisa domain frekuensi.

Kata kunci: frekuensi kerusakan *bearing*, *flow based programming*, domain frekuensi

ABSTRACT

William Wijaya

Undergraduate Thesis

Vibration and Electric Current Analysis In Electric Motor Using *Node-Red* To Monitor Bearing Fault For Condition-based Maintenance Application

Preventive maintenance is widely used but has the drawback of requiring maintenance even without damage. Condition-based maintenance addresses this by using sensors to monitor machine conditions and perform maintenance only when necessary. This research aims to develop a system for real-time monitoring of machine vibrations. Data is collected using *Node-Red*, which is accessible via browsers and can be accessed wirelessly. Vibration values in this study are influenced by bearing conditions, with both healthy and damaged bearings tested. Vibration data is analyzed in the frequency domain to detect damage on every bearing component. Differences between healthy and damaged bearings are evident in vibration values and frequency domain graphs. Vibration values in velocity RMS for damaged bearings increase to severe levels according to ISO-10816 and significant spikes appear at bearing damage frequencies in the frequency domain. Electric current increases has little effect on vibration increases in unloaded electric motors. Finally, the program created on *Node-Red* was successfully be used to monitor vibration and electric current on electric motor, as well as perform data acquisition for frequency domain analysis.

Keywords: bearing fault frequency, flow based programming, frequency domain

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	4
2.2 Getaran.....	5
2.3 Karakteristik Getaran.....	7
2.3.1 Frekuensi	8
2.3.2 Amplitudo.....	9
2.3.3 Fase	10
2.4 Pengukuran Getaran.....	11

2.5	Karakteristik Kerusakan <i>Bearing</i>	12
2.5.1.	Kerusakan Kelas Pertama	14
2.5.2.	Kerusakan Kelas Kedua	14
2.5.3.	Kerusakan Kelas Ketiga	15
2.5.4.	Kerusakan Kelas Keempat.....	15
2.6	Raspberry Pi 4.....	16
2.7	<i>Node-Red</i>	17
2.8	Sinyal Sensor	18
2.9	FFT (<i>Fast Fourier Transform</i>)	20
2.9.1.	<i>Bearing Failure Analysis Using Vibration Analysis and Natural Frequency Excitation</i>	22
2.9.2.	Analisa Level Getaran <i>Cooling Water Pump</i> 1 Jenis Sentrifugal.....	23
3.	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Alur Penelitian	26
3.2	Ilustrasi Eksperimen	28
4.	HASIL DAN ANALISA	29
4.1	Hasil Persiapan Alat yang Dianalisa	29
4.2	Hasil Persiapan Alat Pendukung Analisa	31
4.2.1	Raspberry Pi 4.....	31
4.2.2	Instalasi <i>Node-Red</i>	33
4.2.3	Rangkaian Keseluruhan Sistem dan Pemasangan Sensor	35
4.2.4	Hasil Pemrograman pada <i>Node-Red</i>	37
4.2.5	Hasil Pemrograman <i>Script Python</i> pada <i>Node-Red</i>	54
4.3	Hasil dan Analisa Data	62
4.3.1.	<i>Bearing</i> Kondisi Baik	62
4.3.2.	<i>Bearing</i> Tanpa Gemuk dengan <i>Abrasive Paste</i>	64
4.3.3.	<i>Bearing</i> dengan Sebagian Gemuk dan <i>Abrasive Paste</i> Pertama	66

4.3.3.1. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Pertama	67
4.3.3.2. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Kedua	70
4.3.3.3. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Ketiga	74
4.3.4. <i>Bearing</i> Dengan Sebagian Gemuk dan <i>Abrasive Paste</i> Kedua.....	80
4.3.4.1. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Pertama (Pengambilan Data Ke-2)	80
4.3.4.2. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Kedua (Pengambilan Data Ke-2)	84
4.3.4.3. Penambahan <i>Abrasive Paste</i> Ketiga (Pengambilan Data Ke-2)	87
5. KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97
LAMPIRAN	99

DAFTAR GAMBAR

2.1 <i>Spring-mass free body diagram</i>	5
2.2 Grafik getaran dari <i>Spring-mass system</i>	6
2.3 Gelombang dengan frekuensi tinggi dan rendah.....	8
2.4 Gelombang kompleks yang terdiri dari beberapa frekuensi.....	9
2.5 Istilah dalam amplitudo.....	9
2.6 Fase pada gelombang.....	10
2.7 Kerusakan kelas pertama dalam tampilan grafik FFT.	14
2.8 Kerusakan kelas kedua dalam tampilan grafik FFT.	14
2.9 Kerusakan kelas ketiga dalam tampilan grafik FFT.	15
2.10 Kerusakan kelas keempat dalam tampilan grafik FFT.	15
2.11 Raspberry Pi 4.	16
2.12 GPIO pin pada Raspberry Pi 4.	17
2.13 Tampilan <i>Node-Red</i>	17
2.14 Perbedaan grafik dari sinyal analog dan sinyal digital.	18
2.15 Pengubahan grafik dalam domain waktu menjadi domain frekuensi pada FFT.	20
2.16 Grafik FFT dari <i>bearing</i> yang mengalami kerusakan.	22
2.17 Grafik FFT dari <i>bearing</i> yang memiliki kondisi baik.	23
2.18 Posisi penempatan sensor saat pengambilan data.	23
2.19 Grafik FFT pada DE motor.	24
2.20 Grafik FFT pada DE pompa.	25
3.1 Diagram alur penelitian.....	26
3.2 Ilustrasi Eksperimen.	28
4.1 <i>Name plate</i> dari motor listrik 3 fasa yang digunakan.....	29
4.2 Pengukuran RPM menggunakan <i>tach-o-meter</i> laser.	30
4.3 Konfigurasi PUTTY untuk melakukan koneksi ke Raspberry Pi melalui kabel LAN.	32
4.4 Tampilan menu konfigurasi Raspberry Pi.	32
4.5 Fitur VNC pada konfigurasi Raspberry Pi.	33
4.6 Tampilan Raspberry Pi melalui Real VNC Viewer.	33
4.7 <i>Wiring diagram</i> keseluruhan sistem.....	35
4.8 <i>Flow</i> yang telah dibuat pada <i>Node-Red</i> untuk <i>monitoring</i>	37

4.9 Script untuk konfigurasi perangkat N4AIAO4.	37
4.10 Script untuk konfigurasi perangkat PZEM 016.	40
4.11 Konfigurasi <i>node</i> Modbus-Flex-Getter pada <i>tab</i> "Settings"	41
4.12 Konfigurasi <i>node</i> Modbus-Flex-Getter pada <i>tab</i> "Queues"	41
4.13 Konfigurasi <i>node</i> Switch.	42
4.14 Script untuk penggabungan <i>low 16 bits</i> dan <i>high 16 bits</i>	43
4.15 Script untuk konversi data getaran.....	44
4.16 Script untuk menambahkan <i>timestamp</i>	44
4.17 Setelan <i>node</i> Chart untuk sensor arus listrik.	45
4.18 Setelan <i>node</i> Chart bagian <i>group</i> untuk sensor arus listrik.	46
4.19 Setelan <i>node</i> Chart untuk sensor getaran.	47
4.20 Setelan <i>node</i> Chart bagian <i>group</i> untuk sensor getaran.	48
4.21 Setelan <i>node</i> Switch.	49
4.22 Setelan <i>node</i> Change.....	50
4.23 Setelan <i>node</i> Led.	51
4.24 Setelan <i>node</i> CSV.....	52
4.25 Setelan <i>node</i> Write File.	52
4.26 Tampilan UI dari program yang telah dibuat pada <i>Node-Red</i>	53
4.27 Tampilan <i>debug</i> dari program yang telah dibuat pada <i>Node-Red</i>	54
4.28 Script untuk menyalakan sensor ADXL-345.	55
4.29 Script untuk proses <i>monitoring</i> dari sensor ADXL-345 (baris ke-1 hingga ke-25).	56
4.30 Script untuk proses <i>monitoring</i> dari sensor ADXL-345 (baris ke-26 hingga ke-57).	58
4.31 Script untuk proses <i>monitoring</i> dari sensor ADXL-345 (baris ke-58 hingga ke-75).	59
4.32 Script untuk pengambilan data pada sensor ADXL-345 (baris ke-61 hingga ke-81).....	59
4.33 <i>Flow</i> untuk berkomunikasi dengan akselerometer ADXL-345.	60
4.34 Setelan <i>node</i> Pythonshell.	61
4.35 Grafik getaran dari <i>bearing</i> dengan kondisi baik.....	62
4.36 Grafik konsumsi arus listrik untuk <i>bearing</i> dengan kondisi baik.....	63
4.37 Domain waktu dan domain frekuensi dari <i>bearing</i> dengan kondisi baik.....	64
4.38 Kondisi <i>bearing</i> baru tanpa gemuk dan diberikan <i>abrasive paste</i>	64
4.39 Grafik getaran dari <i>bearing</i> tanpa gemuk dengan tambahan <i>abrasive paste</i>	65
4.40 Grafik konsumsi arus listrik untuk <i>bearing</i> tanpa gemuk dengan <i>abrasive paste</i>	66
4.41 <i>Bearing</i> dengan sebagian gemuk yang diberikan <i>abrasive paste</i>	66

4.42 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama.	67
4.43 Konsumsi arus listrik <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama.	67
4.44 Getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> (hari ke-2).	68
4.45 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> (hari ke-2).	68
4.46 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama.	69
4.47 Penambahan <i>abrasive paste</i> kedua.....	70
4.48 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua.	70
4.49 Konsumsi arus listrik pada <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua.	71
4.50 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua (hari ke-2).....	71
4.51 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua (hari ke-2)	72
4.52 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua. ...	73
4.53 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga.	74
4.54 Konsumsi arus listrik pada <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga.....	74
4.55 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-2) bagian 1. .	75
4.56 Konsumsi arus listrik pada <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-2) bagian 1.....	75
4.57 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-2) bagian 2. .	76
4.58 Konsumsi arus listrik pada <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-2) bagian 2.....	76
4.59 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-3).....	77
4.60 Konsumsi arus listrik pada <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga (hari ke-3).	78
4.61 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga. ...	79
4.62 Kondisi <i>bearing</i> yang diberikan <i>abrasive paste</i> dengan sebagian gemuk.	80
4.63 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama pada pengambilan data kedua.	80
4.64 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama pada pengambilan data kedua.	81
4.65 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama pada pengambilan data kedua (hari ke-2).	81
4.66 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama pada pengambilan data kedua (hari ke-2).	82

4.67 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> pertama pada pengambilan data kedua.	83
4.68 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua pada pengambilan data kedua.	84
4.69 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua pada pengambilan data kedua.	84
4.70 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua pada pengambilan data kedua (hari ke-2).	85
4.71 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua pada pengambilan data kedua.	85
4.72 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> kedua pada pengambilan data kedua.	86
4.73 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua.	87
4.74 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua.	87
4.75 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-2).	88
4.76 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-2).	88
4.77 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-3).	89
4.78 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-3).	89
4.79 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-4) Bagian 1.	90
4.80 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-4) Bagian 1.	91
4.81 Grafik getaran <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-4) Bagian 2.	92
4.82 Konsumsi arus listrik dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua (hari ke-4) Bagian 2.	92

4.83 Domain waktu dan frekuensi dari <i>bearing</i> dengan penambahan <i>abrasive paste</i> ketiga pada pengambilan data kedua.....	93
---	----

DAFTAR TABEL

2.1 Tingkat batasan getaran menurut dokumen ISO-10816.....	11
4.1 Spesifikasi <i>bearing</i> NTN	30
4.2 Frekuensi getaran <i>bearing</i> NTN	31
4.3 Alamat <i>register</i> dan <i>function code</i> untuk perangkat N4AIAO4.....	38
4.4 <i>Register address</i> dan <i>function code</i> dari PZEM 016.....	39
4.5 RPM sebelum dan sesudah pengambilan data pada hari ke-3.	90
4.6 Foto pengukuran RPM setiap satu jam.....	94

DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 untuk Mengatur Kecepatan Pengambilan Data.	99
2. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 untuk Mengatur Mode Sensor.....	100
3. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 yang Mengatur Mengenai Format Data.....	101
4. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 Mengenai Pilihan Kecepatan Pengambilan Data.	102
5. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 Mengenai Spesifikasi Sensor.....	103
6. Data Sheet dari Sensor ADXL-345 Mengenai Seluruh Alamat Register yang Ada.	105
7. Data Sheet dari Sensor IFM VTV 122 Mengenai Spesifikasi Sensor.	106
8. Wiring Diagram dengan Gambar Alat.....	109
9. Wiring Diagram Saat Pengambilan Data Menggunakan Sensor IFM VTV 122 (Laptop Terkoneksi Secara Wireless).	110
10. Wiring Diagram Saat Pengambilan Data dengan Sensor ADXL-345 (Laptop Terkoneksi Secara Wireless).	111
11. Script Matlab untuk Melakukan FFT.....	112
12. Alur Pengerjaan untuk Persiapan Alat Pendukung Analisa.....	113
13. Alur Pengerjaan Untuk Alat yang Akan Dianalisa.	114
14. Alur Pengambilan Data.....	114
15. Alur Pengolahan dan Analisa Data.	115
16. Alur Membuat Hasil Analisa dan Kesimpulan.....	115