

**IDENTIFIKASI MODE RUSAK JAMAK (*MULTI-FAULTS*) BANTALAN
MENGUNAKAN ANALISIS *ENVELOPE* PADA TURBIN ANGIN**

Horizontal Axis

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Sarjana Strata-1
Pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh

CHUSNUFAM FIRLIANDIKA

20130130245

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Chusnufam Firliandika
NIM : 20130130245
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Identifikasi Mode Rusak Jamak (*Multi-Faults*)
Bantalan Menggunakan Analisis *Envelope* Pada
Turbin Angin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya mencantumkan sumber yang jelas dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 7 September 2018



Chus

Chusnufam Firliandika

20130130245

MOTTO

“Kesombongan adalah kegagalan, bahkan jika hal itu terjadi karena kesuksesan.”

(Saad Tasleem)

“Dan barangsiapa berusaha, maka sesungguhnya usaha itu untuk dirinya sendiri.”

(Al-Ankabut 6)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan tugas akhir ini untuk yang selalu bertanya:

“kapan tugas akhirmu selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan, bukan sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik – baik tugas akhir adalah tugas akhir yang selesai? Baik itu selesai tepat waktu maupun tidak tepat waktu.

PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Shalawat beserta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada ummatnya hingga akhir zaman. Semoga kita termasuk ummat yang mendapatkan syafaatnya, amin.

Penyusunan Tugas Akhir ini dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di Jurusan Teknik Mesin Strata-1 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang diajukan penulis adalah **“IDENTIFIKASI MODE RUSAK JAMAK (*MULTI-FAULTS*) BANTALAN MENGGUNAKAN ANALISIS *ENVELOPE* PADA TURBIN ANGIN”**. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mendeteksi secara dini rusak bantalan pada kincir angin sehingga dapat meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh rusak bantalan. Rusak pada bantalan dapat dideteksi menggunakan metode analisis getaran dengan menerapkan fitur spektrum frekuensi dan analisis *envelope*.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk masyarakat umum dan mahasiswa. Penulis juga menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga di butuhkan kritik dan saran untuk kedepannya.

Yogyakarta, 7 September 2018

Penulis

Chusnufam Firliandika

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori	9
2.2.1 Kincir angin	9
2.2.2 Jenis Kincir angin	10
2.2.3 Komponen Utama Turbin Angin.....	12
2.2.4 Metode Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	17
2.2.5 <i>Condition Based Maintenance</i> (CBM).....	18
2.2.6 Metode-metode <i>Condition Monitoring</i>	19
2.2.7 <i>Condition monitoring</i> (CM) untuk Metode CBM	19
2.2.8 <i>Condition Based Maintenane</i> (CBM) Berbasis Getaran.....	20
2.3 Bantalan.....	20
2.3.1 Pengertian Bantalan	20

2.3.2	Jenis-jenis Bantalan	21
2.3.3	Jenis-Jenis Kerusakan Bantalan (<i>Bearing</i>)	27
2.4	Getaran	29
2.5	Karakteristik Getaran.....	29
2.5.1	Amplitudo	32
2.5.2	Frekuensi.....	32
2.5.3	Periode	33
2.6	Deret <i>Fourier</i>	34
2.6.1	<i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	34
2.7	Amplitudo Modulation (AM).....	36
2.8	Harmonik.....	37
2.9	Analisis Envelope (<i>Envelope Analysis</i>).....	37
2.9.1	Karakteristik Analisis Envelope Cacat Bantalan Lintasan Luar (BPFO)	39
2.9.2	Karakteristik Analisis Envelope Cacat Bantalan Lintasan Dalam (BPFI).....	40
2.10	Data Akuisisi	41
2.11	<i>Accelerometer</i>	42
2.12	<i>Sampling Rate</i>	44
2.13	Fenomena <i>Aliasing</i> dan <i>Nyquist</i> Frekuensi	45
BAB III METODE PENELITIAN.....		48
3.1	Skema Alat Uji Kerusakan Bantalan	48
3.2	Alat dan Bahan	49
3.2.1.	Alat dan Bahan Penelitian	49
3.2.2.	Alat dan Bahan Pembuatan.....	55
3.2.3.	Tempat dan Waktu Pemasangan.....	56
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	56
3.4	Prosedur Penelitian	58
3.5	Alur Pengambilan Data	59
3.6	Tempat dan Waktu Pengujian	62
3.7	Tahap Analisis data	62
3.8	Struktur Data	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		64

4.1	Data Penelitian.....	64
4.2	Sinyal Getaran Pada Kondisi Normal.....	64
4.2.1	Hasil Plot Domain Waktu.....	65
4.2.2	Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)	65
4.2.3	Hasil Plot Analisis Envelope (<i>Envelope Analysis</i>) ...	66
4.3	Sinyal Getaran Pada Kondisi Rusak Jamak (<i>Multi-Faults</i>)..	66
4.3.1	Hasil Plot Domain Waktu.....	66
4.3.2	Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)	67
4.3.3	Hasil Plot Analisis Envelope (<i>Envelope Analysis</i>) ...	67
4.4	Hasil Perhitungan Analisis Domain Frekuensi dan Analisis <i>Envelope</i>	68
4.4.1	Hasil Plot Pada Kecepatan Porors 1200 RPM.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74
UCAPAN TERIMA KASIH.....		76
LAMPIRAN.....		78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kincir Angin Tipe <i>Horizontal</i>	11
Gambar 2.2	Kincir Angin Tipe Vertikal	12
Gambar 2.3	Komponen Utama Turbin Angin.....	12
Gambar 2.4	Bantalan Luncur (<i>Sliding Bearing</i>)	21
Gambar 2.5.	(a) Bantalan bola radial alur dalam baris tunggal.....	22
	(b) Potongan Lintang Bantalan	22
Gambar 2.6.	(a) Bantalan bola mapan sendiri baris ganda.....	23
	(b) Potongan Lintang Bantalan	23
Gambar 2.7.	(a) Bantalan bola kontak sudut baris tunggal	23
	(b) Potongan Lintang Bantalan	23
Gambar 2.8.	(a) Bantalan bola kontak sudut baris ganda.....	24
	(b) Potongan Lintang Bantalan	24
Gambar 2.9.	(a) Bantalan rol barel baris ganda.....	24
	(b) Potongan Lintang Bantalan	24
Gambar 2.10.	(a) Bantalan rol kerucut baris tunggal	25
	(b) Potongan Lintang Bantalan	25
Gambar 2.11.	(a) Bantalan rol silinder baris tunggal	26
	(b) Potongan Lintang Bantalan	26
Gambar 2.12.	(a) Bantalan bola aksial satu arah baris ganda.....	26
	(b) Potongan Lintang Bantalan	26
Gambar 2.14	Kerusakan Lokal pada Lintasan Luar	27
Gambar 2.15	Kerusakan Lokal pada Lintasan Dalam.....	28
Gambar 2.16	Kerusakan Lokal pada Bola.....	28
Gambar 2.17	Getaran Pegas	29
Gambar 2.18	Karakteristik Getaran.....	30
Gambar 2.19	Gelombang sinyal sinus domain waktu	31
Gambar 2.20	Gelombang sinyal domain frekuensi	32
Gambar 2.21	Bentuk dari ukuran amplitudo	32
Gambar 2.22	Grafik frekuensi.....	33
Gambar 2.23	Grafik Periode	33

Gambar 2.24	Transformasi <i>Fourier</i>	35
Gambar 2.25	Sinyal Amplitudo Modulasi	36
Gambar 2.26	Harmonik Getaran	37
Gambar 2.27	Sinyal Envelope.....	38
Gambar 2.28	Skema Envelope	39
Gambar 2.29	Gambar Grafik Domain Waktu Cacat Multi Jenis pada Bantalan pada 1200 rpm.....	40
Gambar 2.30	Gambar Grafik Domain Waktu Cacat Multi Jenis pada Bantalan pada 1200 rpm.....	40
Gambar 2.31	Komponen <i>DAQ System</i>	42
Gambar 2.32	Komponen <i>Accelerometer</i>	42
Gambar 2.33	Sensivitas <i>Accelerometer</i>	43
Gambar 2.34	Sensivitas transfer.....	43
Gambar 2.35	Sampling Frekuensi	45
Gambar 2.36	Fenomena Aliasing	46
Gambar 2.37	Lipatan Pada <i>Nyquist</i> Frekuensi	47
Gambar 3.1	Skema alat uji bantalan.....	48
Gambar 3.2	(a) Bantalan kondisi normal, (b) Bantalan bola cacat pada lintasan luar dan lintasan dalam (<i>multi-faults</i>)	49
Gambar 3.3	Roda gigi	50
Gambar 3.5	Tachometer	50
Gambar 3.6	Laptop.....	51
Gambar 3.7	Tampilan (a) <i>Software</i> Matlab R2017a, (b) <i>Software</i> NI cDAQ-9174	51
Gambar 3.8	Peralatan data akuisisi	52
Gambar 3.9	Accelerometer.....	52
Gambar 3.10	Kabel <i>connector</i>	53
Gambar 3.11	Modul DAQ.....	53
Gambar 3.12	<i>Chassis</i> modul DAQ.....	54
Gambar 3.13	Kabel USB.....	54
Gambar 3.14	Kabel power.....	54
Gambar 3.15	Alat perancangan Turbin	55
Gambar 3.16	Bahan pembuatan	56

Gambar 3.17	Diagram alir penelitian secara umum.....	57
Gambar 3.18	Diagram alir proses pengambilan data	61
Gambar 3.19	Diagram alir Tahap Analisis Data	62
Gambar 3.20	Skema pada struktur data.....	63
Gambar 4.1	Grafik Domain Waktu Kondisi Bantalan Normal.....	65
Gambar 4.2	Grafik Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi) Kondisi Bantalan Normal.....	65
Gambar 4.3	Grafik Analisis <i>Envelope</i> (<i>Envelope Analysis</i>) Kondisi Bantalan Normal (File Data Set12, Data #10).....	66
Gambar 4.4	Grafik Domain Waktu Rusak Jamak (<i>Multi-Faults</i>) Pada Bantalan.....	67
Gambar 4.5	Grafik Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi) Rusak Jamak (<i>Multi-Faults</i>) Pada Bantalan.	67
Gambar 4.6	Grafik Analisis <i>Envelope</i> (<i>Envelope Analysis</i>) Rusak Jamak (<i>Multi-Faults</i>) Pada Bantalan (File Data Set12, Data #10).	68
Gambar 4.7	Plot Kondisi Bantalan pada Kecepatan 1200 RPM, (a) Plot Domain Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Domain Frekuensi rusak jamak (<i>multi-faults</i>), dan (c) Spektrum <i>Envelope</i> rusak jamak (File Data Set12, Data #10).....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Dimensi Bantalan Bola	64
Tabel 4.2 Frekuensi Cacat Lintasan Luar Pada Bantalan (BPFO).....	68
Tabel 4.3 Frekuensi Cacat Lintasan Dalam Pada Bantalan (BPFI)	69