

**DETEKSI KERUSAKAN RODA GIGI PADA TURBIN ANGIN
MENGUNAKAN METODE *TIME SYNCRHONOUS AVERAGING* (TSA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata – 1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

IRFAN IKHSANUDIN

20130130248

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Irfan Ikhsanudin
NIM : 20130130248
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Deteksi Kerusakan Roda Gigi Pada Turbin Angin Menggunakan Metode *Time Synchronous Averaging* (TSA)

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



Irfan Ikhsanudin

20130130248

MOTTO

“Sukses terdiri dari keberlanjutan kesalahan demi kesalahan tanpa kehilangan rasa antusias” (Winston Churchill)

“Inna ma’al ‘usri yusroo.”

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

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 kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Shalawat beserta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, serta para sahabatnya, kepada ummatnya hingga akhir zaman. Semoga kita ternasuk ummat yang mendapatkan syafa'atnya, Amin.

Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di Jurusan Teknik Mesin Strata-1 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang diajukan penulis adalah “**DETEKSI KERUSAKAN RODA GIGI PADA TURBIN ANGIN MENGGUNAKAN METODE *TIME SYNCHRONOUS AVERAGING (TSA)***”. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendeteksi secara dini kerusakan roda gigi pada turbin angin. Kerusakan roda gigi pada turbin angin menggunakan analisis spektrum frekuensi yang sebelumnya menggunakan metode TSA untuk mereduksi *noise* yang muncul pada sinyal getaran.

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 kedepanya.

Yogyakarta, 7 September 2018

Penulis

Irfan Ikhsanudin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PENGANTAR	vi
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Turbin angin.....	9
2.2.2 Jenis turbin angin.....	9
2.2.3 Komponen utama turbin angin sumbu <i>horizontal</i>	11
2.2.4 Metode perawatan.....	13
2.2.5 <i>Condition based maintenance (CBM)</i>	14
2.2.6 Jenis – jenis <i>condition based maintenance (CBM)</i>	15
2.3 Roda Gigi.....	16
2.3.1 Pengertian roda gigi.....	16
2.3.2 Klasifikasi roda gigi.....	16
2.3.3 Bagian – bagian roda gigi	21
2.3.4 Perencanaan roda gigi lurus.....	22
2.3.5 Cacat pada roda gigi	28

2.3.6	Roda gigi pada turbin angin.....	29
2.4	Metode Deteksi Rusak Pada Roda Gigi Menggunakan Sinyal Getaran..	29
2.3.1	Teori getaran.....	29
2.3.2	Karakteristik getaran.....	30
2.3.3	Karakteristik frekuensi roda gigi	33
2.3.4	Sinyal getaran	36
2.3.5	Domain waktu.....	36
2.3.6	Domain frekuensi.....	37
2.3.7	Metode <i>time synchronous averaging</i> (TSA).....	38
2.3.8	<i>Fast fourier transform</i> (FFT).....	41
2.3.9	Akuisisi data	42
2.3.10	Modul akuisisi data.....	43
2.5	Teori pencuplikan (<i>sampling theorem</i>).....	44
2.5.1	<i>Analog to digital process</i>	44
2.5.2	<i>Sampling rate</i>	45
2.5.3	Frekuensi Nyquist.....	46
2.5.4	Aliasing.....	47
BAB III METODE PENELITIAN.....		48
3.1	Skema Alat Uji Kerusakan Roda Gigi (<i>Gear</i>).....	48
3.2	Alat dan Bahan.....	48
3.2.1	Alat dan Bahan Perancangan	48
3.2.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	50
3.3	Tempat dan Waktu Pemasangan.....	57
3.4	Prosedur Penelitian	57
3.5	Diagram Alir Penelitian	58
3.6	Alur pengambilan data.....	60
3.7	Tempat dan Waktu Pengujian.....	63
3.8	Analisis data.....	63
3.9	Struktur Data.....	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		66
4.1	Data Hasil Pengujian	66

4.2	Sinyal Getaran Pada Roda Gigi Kondisi Normal	66
4.3	Sinyal Getaran Pada Roda Gigi Kondisi Rusak.....	71
4.4	Analisis Data.....	76
4.4.1	Analisis spektrum frekuensi roda gigi kondisi normal	76
4.4.2	Analisis spektrum frekuensi roda gigi kodnis rusak patah satu gigi.....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		82
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		84
UCAPAN TERIMA KASIH.....		86
LAMPIRAN.....		88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin (HAWT)	10
Gambar 2.2 Komponen Turbin Angin	11
Gambar 2.3 Roda Gigi Lurus	17
Gambar 2.4 Roda Gigi Miring	18
Gambar 2.5 Roda Gigi Kerucut Lurus	18
Gambar 2.6 Roda Gigi Kerucut Spiral	19
Gambar 2.7 Roda Gigi Miring Silang	19
Gambar 2.8 Roda Gigi Cacing Silindris	20
Gambar 2.9 Roda Gigi Hypoid	20
Gambar 2.10 Bagian – Bagian Roda Gigi	21
Gambar 2.11 Cacat Proses Pemakaian Roda Gigi	30
Gambar 2.12 Getaran Pada Sistem Pegas Massa Sederhana	31
Gambar 2.13 Karakteristik Getaran	32
Gambar 2.14 Gelombang Dari Dua Buah Gelombang Sinus	37
Gambar 2.15 Sinyal Dalam Domain Waktu dan Frekuensi	38
Gambar 2.16 Analisa Sinyal Getaran Yang Masih Tercampur Noise	40
Gambar 2.17 Sinyal Getaran TSA	40
Gambar 2.18 Skema TSA	41
Gambar.2.19 Analisis Transformasi Fourier Diskrit	42
Gambar.2.20 Komponen DAQ	43
Gambar 2.21 Diagram Blok Pada Modul Akuisisi Data	44
Gambar 2.22 Proses Konversi Analog To Digital	45
Gambar 2.23 Sampling Rate	45
Gambar 2.24 Aliasing	46
Gambar 3.1 Skema Alat Uji Kerusakan Roda Gigi	47
Gambar 3.2 Alat Perancangan Turbin Angin	48
Gambar 3.3 Alat dan Bahan Penelitian	49
Gambar 3.4 Turbin Angin <i>Horizontal Axis</i>	49
Gambar 3.5 Motor Listrik	50
Gambar 3.6 Posisi Roda Gigi Yang Akan Dirusak	50
Gambar 3.6 (a) Roda Gigi Lurus Normal	51
Gambar 3.6 (b) Roda Gigi Kondisi Rusak	51
Gambar 3.7 Bantalan	51
Gambar 3.8 Tachometer	52
Gambar 3.9 Laptop	52
Gambar 3.10 (a) Software Matlab (b) Software NI cDAQ	52
Gambar 3.11 Peralatan akuisisi data	53
Gambar 3.12 Accelerometer	53
Gambar 3.13 Kabel Connector	54
Gambar 3.14 Modul DAQ	54
Gambar 3.15 Chasis DAQ	54

Gambar 3.16 Kabel USB.....	55
Gambar 3.17 Kabel Power	55
Gambar 3.18 Diagram Alir Penelitian Secara Umum.....	57
Gambar 3.19 Diagram Alir Proses Pengambilan Data	59
Gambar 3.20 Diagram Alir Tahap Analisis Data.....	61
Gambar 3.21 Skema Pada Struktur Data	63
Gambar 4.1. Plot Domain Waktu Roda Gigi Kondisi Normal Sebelum TSA.....	65
Gambar 4.2 Plot Domain Waktu Roda Gigi Normal Setelah TSA.....	66
Gambar 4.3 Plot Spektrum Frekuensi Roda Gigi Kondisi Normal Sebelum TSA ..	67
Gambar 4.4 Plot Spektrum Frekuensi Roda Gigi Kondisi Normal Setelah TSA	68
Gambar 4.5 Plot Domain Waktu Roda Gigi Kondisi Rusak Sebelum TSA	69
Gambar 4.6 Plot Domain Waktu Roda Gigi Kondisi Rusak Setelah TSA	69
Gambar 4.7 Plot Spektrum Frekuensi Roda Gigi Kondisi Rusak Sebelum TSA	70
Gambar 4.8 Plot Spektrum Frekuensi Roda Gigi Kondisi Rusak Setelah TSA.....	71
Gambar 4.9 Plot spektrum frekuensi sebelum TSA roda gigi kondisi normal	72
Gambar 4.10 Plot spektrum frekuensi setelah TSA roda gigi kondisi normal.....	72
Gambar 4.11 Plot spektrum frekuensi sebelum TSA roda gigi kondisi rusak.....	73
Gambar 4.12 Plot spektrum setelah TSA pada roda gigi kondisi rusak.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Faktor Koreksi.....	24
Tabel 2 2 Faktor Bentuk Gigi	25
Tabel 2 3 Faktor Dinamis.....	25
Tabel 2 4 Tegangan lentur yang diijinkan pada roda gigi.....	27