

**DETEKSI KERUSAKAN ELEMEN BOLA BANTALAN BOLA BERBASIS
SINYAL GETARAN PADA TURBIN ANGIN *HORIZONTAL AXIS*
MENGUNAKAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata – 1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

RIFSAKIN

20130130241

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**Deteksi Kerusakan Elemen Bola Bantalan Bola Berbasis Sinyal Getaran
pada Turbin Angin *Horizontal Axis* Menggunakan *Principal Component
Analysis (PCA)***

***Detection of Damage to Ball Bearing Ball Based on Vibration Signal on Axis
Horizontal Wind Turbin Using Principal Component Analysis (PCA)***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Rifasakin

20130130241

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

pada tanggal, Oktober 2018

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Berli P Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.SC., Ph.D.

NIK. 19740302 2000104 123049

Novi Caroko, S.T., M.Eng.

NIP. 19791113 200501 1 001

Penguji

Muh Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.

NIP. 19790523 200501 1 001

Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, Oktober 2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D.

NIK. 19740302 200104 123049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rifasakin
NIM : 20130130241
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Deteksi Kerusakan Elemen Bola Bantalan Bola Berbasis Sinyal Getaran pada Turbin Angin *Horizontal Axis* Menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*

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, 15 Desember 2018

Rifasakin

20130130241

MOTTO

“Bergerak melawan ketidakmungkinan, karena apa – apa yang bisa kita impikan akan bisa diwujudkan”

“Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya. Qs. Ali Imran/3. 159”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran 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. Alhamdulillah robbil ‘alamin saya dapat menyelesaikan **Tugas Akhir : Deteksi Kerusakan Elemen Bola Bantalan Bola Berbasis Sinyal Getaran pada Turbin Angin *Horizontal Axis* Menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)***.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi kerusakan elemen bola bantalan bola berbasis sinyal getaran pada turbin angin sumbu horizontal menggunakan analisis statistik domain waktu dan *Principal Component Analysis (PCA)*. Hasil transformasi data sinyal getaran kedalam *PCA* menunjukkan bahwa, metode ini berhasil dalam memisahkan informasi yang sama dari 7 parameter statistik untuk menghindari penumpukan data saat klasifikasi, sehingga menghasilkan PC baru dengan nilai varians maksimum. *PCA* mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasi dengan jelas perbedaan antara kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak elemen bola.

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, 15 Desember 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	4
1.4 TUJUAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Turbin Angin	10
2.2.1 Angin.....	10
2.2.2 Turbin Angin Tipe Horizontal	11
2.2.3 Prinsip Kerja Turbin Angin Tipe Horizontal	11
2.2.4 Komponen Turbin Angin Tipe Horizontal.....	12
2.2.5 Turbin Angin Tipe Vertikal.....	12
2.2 Kerusakan Bantalan.....	17
2.2.1 Definisi Bantalan Bola.....	17
2.2.2 <i>Double Row Self Aligning Ball Bearings</i>	20
2.2.3 Jenis Kerusakan Bantalan Bola.....	20
2.2.4 Penyebab Kerusakan Bantalan Bola	22

2.2.5	Kerugian dari Kerusakan Bantalan	22
2.3	Deteksi Kerusakan Bantalan dengan Sinyal Getaran	23
2.3.1	Dasar Getaran.....	23
2.3.2	<i>Condition Based Monitoring</i>	26
2.3.3	Sensor Getaran	27
2.3.4	Teknik Akusisi Data.....	30
2.3.5	Pengolahan Sinyal Getaran dalam <i>Condition Monitoring</i>	32
2.4	Analisis Sinyal Getaran dengan Metode <i>PCA (Principal Component Analysis)</i>	35
2.4.1	Definisi <i>PCA (principal component analysis)</i>	35
2.4.2	Parameter Statistik	42
BAB III	METODE PENELITIAN	45
3.1	Skema Alat Uji Kerusakan Bantalan (<i>Bearing</i>)	45
3.2	Alat dan Bahan	46
3.2.1	Alat dan Bahan Perancangan	46
3.2.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	48
3.3	Tempat dan Waktu Pemasangan	54
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	55
3.5	Prosedur Penelitian.....	56
3.6	Alur pengambilan data	57
3.7	Tempat dan Waktu Pengujian	60
3.8	Tahap Analisis data	60
3.9	Struktur Data	61
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1	Pemilihan Fitur Parameter Statistik.....	63
4.2	Data Hasil Penelitian	64
4.3	Analisis Parameter Statistik Domain Waktu	65
4.4	Analisa <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> Domain Waktu	70
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran	74

DAFTAR PUSTAKA.....	76
UCAPAN TERIMAKASIH	79
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Turbin Angin Horizontal Axis (Nawawi I, 2016).....	12
Gambar 2. 2 Komponen Turbin Angin Sumbu Horizontal (Nugroho, 2013).....	12
Gambar 2. 3 Turbin angin tipe vertikal.....	16
Gambar 2. 4 Elemen Bantalan Gelinding (Aji K, 2007).....	18
Gambar 2. 5 Sket Bantalan Bola Gelinding (Suhardjono. 2005).....	18
Gambar 2. 6 Seri Bantalan Gelinding NTN (Aji K, 2007).	19
Gambar 2. 7 Nomor Seri Bantalan Bola (Aji K, 2007).....	19
Gambar 2. 8 <i>Double row self aligning ball bearings</i>	20
Gambar 2. 9 (a) Dasar Getaran; (b) <i>plotting</i> getaran terhadap gelombang (Scheffer dan Girdhar 2004)	24
Gambar 2. 10 Perbandingan gelombang pada amplitudo yang berbeda (Scheffer dan Girdhar 2004)	25
Gambar 2. 11 <i>Accelerometer</i> (Scheffer dan Girdhar 2004)	27
Gambar 2. 12 <i>Accelerometer</i> jenis (a) <i>Uniaxial charge</i> , (b) <i>Triaxial charge</i> , (c) <i>uniaxial</i> (d) <i>Triaxial</i> (Brüel & Kjær, 2009)	28
Gambar 2. 13 Gelombang dari rendahnya kecepatan sampel (Scheffer and Girdhar 2004)	31
Gambar 2. 14 <i>Aliasing</i> pada spektrum (a) Spektrum original, (b) Distorsi spektrum karena <i>aliasing</i> (De Silva dkk. 2005).....	32
Gambar 2. 15 Hubungan antara domain waktu dan frekuensi (Scheffer and Girdhar 2004)	33
Gambar 2. 16 Tipikal domain waktu (Lyons, 1997).....	34
Gambar 2. 17 Dua dimensi data buatan, (a) tidak berkorelasi, (b) berkorelasi (Kamiel, 2015)	40
Gambar 2. 18 <i>Plot principal component</i> , PC1 dan PC2 (Kamiel, 2015).....	41
Gambar 2. 19 Data yang ditransformasikan pada 2 <i>principal component</i> (Kamiel, 2015)	41

Gambar 3. 1 Skema alat uji bantalan	45
Gambar 3. 2 Alat Uji.....	46
Gambar 3. 3 Alat pembuatan turbin angin	47
Gambar 3. 4 Bahan pembuatan turbin angin.....	48
Gambar 3. 5 (a) Bantalan kondisi normal dan (b) Bantalan bola cacat pada elemen bola.....	49
Gambar 3. 6 (a) Roda gigi lurus, (b) Roda gigi pinion	49
Gambar 3. 7 Tampilan (a) Software Matlab R2017a, (b) Software NI cDAQ-9174	51
Gambar 3. 8 Peralatan data akuisisi	51
Gambar 3. 9 <i>Accelerometer</i>	52
Gambar 3. 10 Kabel konektor	52
Gambar 3. 11 Modul DAQ.....	53
Gambar 3. 12 <i>Chassis modul DAQ</i>	53
Gambar 3. 13 Kabel USB	54
Gambar 3. 14 Kabel <i>power</i>	54
Gambar 3. 15 Diagram alir penelitian secara umum.....	55
Gambar 3. 16 Diagram alir proses pengambilan data	59
Gambar 3. 17 Diagram alir Tahap Analisis Data	60
Gambar 3. 18 Pengambilan data	62
Gambar 4. 1 Sinyal getaran kondisi normal dan kondisi rusak	64
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>RMS</i>	65
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan dengan <i>Standard Deviation</i>	66
Gambar 4. 4 Grafik perbedaan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>peak value</i>	67
Gambar 4. 5 Grafik perbedaan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>kurtosis</i>	68

Gambar 4. 6 Grafik perbedaan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>crest factor</i>	68
Gambar 4. 7 Grafik perbedaan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>skewness</i>	69
Gambar 4. 8 Grafik perbedaan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak dengan <i>variance</i>	70
Gambar 4. 9 Diagram pareto dari 4 principal component.....	71
Gambar 4. 10 Grafik hasil klasifikasi <i>PCA</i> dengan 2 PC	72
Gambar 4. 11 Grafik klasifikasi <i>PCA</i> dengan 3 PC	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Fitur ekstraksi Statistik Error! Bookmark not defined.	7
Tabel 4. 1 Parameter statistik yang digunakan dalam pengolahan data.....	63
Tabel 4. 2 Kontribusi parameter statistik pada masing-masing <i>principal component</i>	71