

# **SKRIPSI**

## **METODE DETEKSI CACAT BANTALAN PADA *FAN* INDUSTRI DENGAN *TIME SYNCHRONOUS AVERAGING* (TSA)**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**YANDIKA FATTAAH NUR ROHMAN**

**20140130127**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2018**



**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**METODE DETEKSI CACAT BANTALAN PADA FAN INDUSTRI  
DENGAN TIME SYNCHRONOUS AVERAGING (TSA)**

**BEARING DEFECT DETECTION METHOD IN INDUSTRIAL FAN WITH TIME  
SYNCHRONOUS AVERAGING (TSA)**

Dipersiapkan dan disusun oleh:  
**Yandika Fattaah Nur Rohman**  
**20140130127**

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 3 September 2018

Pembimbing Utama

**Berli P. Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.**  
**NIK. 19740302 200104 123049**

Pembimbing Pendamping

**Drs. Sudarisman, M.S. Mechs., Ph.D.**  
**NIP. 19590502 198702 1 001**

Penguji

**Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T.**  
**NIK. 19710124 199603 123025**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, 6 September 2018

Mengetahui,

**Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY**



**Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.**  
**NIK. 19740302 200104 123049**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

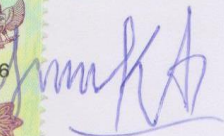
Nama : Yandika Fattaah Nur Rohman

NIM : 20140130127

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **Metode Deteksi Cacat Bantalan Pada Fan Industri Dengan Time Synchronous Averaging (TSA)** ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 September 2018



  
Yandika Fattaah Nur Rohman

## **MOTTO**

“Percayalah salah satu keberuntungan yang kamu dapat karena doa ibumu didengar Allah”

“Sukses adalah guru yang buruk karena sukses menggoda orang yang tekun ke dalam pemikiran bahwa mereka tidak dapat gagal”.

(Bill Gates)

“Jika Allah telah berkehendak atas kuasanya, tidak ada hal yang tidak mungkin bagi-Nya”

“Berusahalah sebisamu dan jangan pernah menyerah, karena Allah tidak pernah mungkin memberi ujian melebihi batas kemampuan hamba-Nya”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillah, dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan maupun doa dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga saya sampaikan rasa syukur dan terima kasih saya kepada :

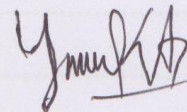
1. Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan, kekuatan, kesabaran, kemudahan, ilmu yang bermanfaat, dan segala hal yang tidak dapat dituliskan karena sangat banyak.
2. Kedua orangtuaku, Kusni Kaydy Kusnindar dan Riyanti yang sangat kucintai, sangat berharga untukku dan sangat kuhormati. Mereka selalu ingin kubahagiakan, meskipun semua yang kuberikan tidak akan pernah bisa membalas kasih sayang yang telah mereka berikan kepadaku. Berkat doa-doa mereka juga skripsi saya bisa selesai, karena rido Allah tergantung rido orangtua.
3. Kakak dan adikku, Alviandri Diaz Prawesti dan Renanda Nur Al Jabbar yang senantiasa memberikan dukungan semangat, senyum dan doa untuk keberhasilan ini.
4. Viendy Margaretha, terima kasih atas dukunganmu, kesabaranmu, doamu, perhatianmu dan semuanya. Kasih sayangmu memberikan semangat yang membara.
5. Teman-teman seperjuanganku, Adib, Wildan dan seluruh mahasiswa teknik mesin UMY angkatan 2014 yang telah membantu karena berjuang bersama itu lebih mudah daripada sendiri.

Terima kasih yang sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua dan orang-orang yang saya sayangi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dimasa mendatang, aamiin.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Karunia-Nya dan pertolongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah pada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, serta umatnya hingga akhir zaman, amin. Penyusunan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dengan judul "Metode Deteksi Cacat Bantalan pada Fan Industri dengan Time Synchronous Averaging (TSA)". Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penyusun terima dengan senang hati. Mudah-mudahan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan khususnya mahasiswa Teknik Mesin.

Yogyakarta, 6 September 2018



Yandika Fattaah Nur Rohman

## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Halaman Pernyataan.....	iii
Motto.....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Simbol dan Singkatan .....	xv
Intisari .....	xvi
Abstract .....	xvii
BAB I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II Tinjauan Pustakan dan Dasar Teori .....	4
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 <i>Fan</i> (Kipas) .....	7
2.2.2 Bantalan ( <i>Bearing</i> ).....	16
2.2.3 Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) .....	22

2.2.4 <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i> .....	24
2.2.5 CBM Berbasis Getaran .....	24
2.2.6 Getaran .....	25
2.2.7 Karakteristik Getaran .....	25
2.2.8 Sensor Getaran .....	29
2.2.9 Sinyal Getaran.....	33
2.2.10 Domain Waktu ( <i>Time Domain</i> ).....	33
2.2.11 Domain Frekuensi (Spektrum).....	34
2.2.12 Metode Analisis Getaran.....	35
2.2.13 Analisis Domain Waktu .....	35
2.2.14 Analisis Domain Frekuensi .....	37
2.2.15 Amplitudo Modulasi .....	37
2.2.16 <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i> .....	38
2.2.17 <i>Time Synchronous Averaging (TSA)</i> .....	40
<b>BAB III Metode Penelitian .....</b>	<b>43</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	43
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	45
3.3 Skema Alat Uji Penelitian.....	56
3.4 Prosedur Penelitian.....	57
3.5 Proses Pengambilan Data.....	59
3.6 Tahap Analisis Data .....	61
<b>BAB IV Hasil dan Pembahasan .....</b>	<b>63</b>
4.1 Data Penelitian .....	63
4.2 Sinyal Getaran pada Kondisi Bantalan Bola Normal.....	65
4.3 Sinyal Geataran pada Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Luar .....	69
4.4 Sinyal Geataran pada Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Dalam .....	73



4.5 Analisis Spektrum Frekuensi Bantalan Bola Normal .....	77
4.6 Analisis Spektrum Frekuensi Bantalan Bola Cacat Lintasan	
Luar .....	78
4.7 Analisis Spektrum frekuensi Bantalan Bola Cacat Lintasan	
Dalam .....	81
BAB V Penutup .....	84
5.1 Kesimpulan .....	84
5.2 Saran.....	85
5.3 Ucapan terimakasih.....	85
Daftar Pustaka .....	87
LAMPIRAN .....	89

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Fan Sentrifugal</i> .....	8
<b>Gambar 2.2</b> <i>Forward-Curved Blades</i> .....	9
<b>Gambar 2.3</b> <i>Radial Blade</i> .....	10
<b>Gambar 2.4</b> <i>Radial Tip</i> .....	10
<b>Gambar 2.5 (a)</b> <i>Backward-Inclined</i> .....	11
<b>Gambar 2.5 (b)</b> <i>Backward-Inclined Airfoil</i> .....	11
<b>Gambar 2.6</b> <i>Fan Aksial</i> .....	12
<b>Gambar 2.7</b> <i>Propeller Fan</i> .....	13
<b>Gambar 2.8</b> <i>Fan Tubeaxial</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> <i>Fan Vaneaxial</i> .....	15
<b>Gambar 2.10</b> Bantalan Menurut Arah Pembebanannya .....	17
<b>Gambar 2.11</b> Bantalan Luncur .....	18
<b>Gambar 2.12</b> Bantalan Gelinding .....	18
<b>Gambar 2.13</b> Bantalan Bola Jenis <i>Self Aligning Double Row</i> .....	19
<b>Gambar 2.14</b> Dimensi Bantalan Bola .....	21
<b>Gambar 2.15 (a)</b> Cacat lokal Bantalan Bola pada Lintasan Dalam.....	22
<b>Gambar 2.15 (b)</b> Cacat Lokal Bantalan Bola pada Sangkar.....	22
<b>Gambar 2.15 (c)</b> Cacat Lokal Bantalan Bola pada Lintasan Luar.....	22
<b>Gambar 2.15 (d)</b> Cacat Lokal Bantalan Bola pada Bagian Bola.....	22
<b>Gambar 2.16</b> Gerakan Osilasi atau Gerak Bolak-Balik yang mendasari Terjadinya Sebuah Getaran .....	25
<b>Gambar 2.17</b> Kurva Sinusoidal dari Hubungan Parameter <i>Displacement</i> , <i>Velocity</i> , dan <i>Acceleration</i> .....	26
<b>Gambar 2.18</b> Frekuensi Dalam Siklus Gelombang .....	27
<b>Gambar 2.19</b> Frekuensi Harmonik .....	28
<b>Gambar 2.20</b> Fase .....	28

<b>Gambar 2.21</b> <i>Piezoelectric Accelerometer</i> .....	29
<b>Gambar 2.22</b> <i>Sampling Rate</i> .....	31
<b>Gambar 2.23</b> Hubungan Antara Ukuran Akselerometer Terhadap Rentang Frekuensi dan Sensitivitas .....	31
<b>Gambar 2.24</b> Grafik Gelombang Sinus .....	34
<b>Gambar 2.25</b> Domain Frekuensi.....	35
<b>Gambar 2.26</b> Hasil Plot Domain Waktu pada Kondisi Bantalan Normal .....	36
<b>Gambar 2.27</b> Hasil Plot Domain Waktu pada Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Luar .....	36
<b>Gambar 2.28</b> Amplitude Modulasi .....	37
<b>Gambar 2.29</b> <i>Side Bands</i> .....	38
<b>Gambar 2.30</b> Proses Transformasi dari Domain Waktu ke Domain Frekuensi .....	39
<b>Gambar 2.31</b> Skema Metode TSA.....	41
<b>Gambar 2.32 (a)</b> Grafik Sinyal Domain Waktu Sebelum Dilakukan TSA ....	41
<b>Gambar 2.32 (b)</b> Grafik Sinyal Domain Waktu Sesudah Dilakukan TSA.....	41
<b>Gambar 2.32 (c)</b> Grafik Sinyal Spektrum Sebelum Dilakukan TSA .....	42
<b>Gambar 2.32 (d)</b> Grafik Sinyal Spektrum Sesudah Dilakukan TSA.....	42
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	43
<b>Gambar 3.2</b> Prototipe <i>Fan</i> Industri.....	46
<b>Gambar 3.3</b> Motor Listrik.....	47
<b>Gambar 3.4 (a)</b> Bantalan Bola Normal (Tanpa Cacat).....	47
<b>Gambar 3.4 (b)</b> Bantalan Bola Cacat pada Lintasan Dalam ( <i>Inner Race</i> ) .....	47
<b>Gambar 3.4 (c)</b> Bantalan Bola Cacat pada Lintasan Luar ( <i>Outer Race</i> ) .....	47
<b>Gambar 3.5</b> Kunci Ring Pas .....	48
<b>Gambar 3.6</b> <i>Tachometer</i> .....	49
<b>Gambar 3.7</b> Laptop .....	50
<b>Gambar 3.8 (a)</b> Tampilan <i>Software</i> Matlab R2018a .....	50
<b>Gambar 3.8 (b)</b> Tampilan <i>Software</i> NI cDAQ-9174.....	51

<b>Gambar 3.9</b> Peralatan Data Akuisisi.....	51
<b>Gambar 3.10</b> Akselerometer.....	52
<b>Gambar 3.11</b> Kabel Konektor Akselerometer .....	53
<b>Gambar 3.12</b> Modul DAQ.....	54
<b>Gambar 3.13</b> <i>Casing</i> Modul DAQ.....	54
<b>Gambar 3.14</b> Kabel USB.....	55
<b>Gambar 3.15</b> Kabel Power .....	55
<b>Gambar 3.16</b> Instalasi Eksperimen Pengujian Bantalan Bola pada <i>Fan</i> Aksial .....	56
<b>Gambar 3.17</b> Instalasi Motor Listrik (Dinamo) dengan <i>Fan</i> Aksial dan DAQ.....	56
<b>Gambar 3.18</b> <i>Belt-Pulley</i> antara Motor Listrik dan <i>Fan</i> Aksial .....	57
<b>Gambar 3.19</b> Diagram Alir proses Pengambilan Data .....	59
<b>Gambar 3.20</b> Diagram Alir Tahap Analisis Data .....	61
<b>Gambar 4.1</b> Plot Domain Waktu Sebelum TSA pada Bantalan Bola Kondisi Normal.....	65
<b>Gambar 4.2</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan Bola Kondisi Normal.....	66
<b>Gambar 4.3</b> Plot Domain Waktu Setelah TSA pada Bantalan Bola Kondisi Normal.....	67
<b>Gambar 4.4</b> Plot Domain Frekuensi Setelah TSA pada Bantalan Bola Kondisi Normal.....	68
<b>Gambar 4.5</b> Plot Domain Waktu Sebelum TSA pada Bantalan Bola Kondisi Cacat Lintasan Luar ( <i>Outer Race</i> ).....	69
<b>Gambar 4.6</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan Bola Kondisi Cacat Lintasan Luar ( <i>Outer Race</i> ).....	70
<b>Gambar 4.7</b> Plot Domain Waktu Setelah TSA pada Bantalan Bola Kondisi Cacat Lintasan Luar ( <i>Outer Race</i> ).....	71
<b>Gambar 4.8</b> Plot Domain Frekuensi Setelah TSA pada Bantalan Bola	

Kondisi Cacat Lintasan Luar ( <i>Outer Race</i> ).....	72
<b>Gambar 4.9</b> Plot Domain Waktu Sebelum TSA pada Bantalan Bola	
Kondisi Cacat Lintasan Dalam ( <i>Inner Race</i> ) .....	73
<b>Gambar 4.10</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan Bola	
Kondisi Cacat Lintasan Dalam ( <i>Inner Race</i> ) .....	74
<b>Gambar 4.11</b> Plot Domain Waktu Setelah TSA pada Bantalan Bola	
Kondisi Cacat Lintasan Dalam ( <i>Inner Race</i> ) .....	75
<b>Gambar 4.12</b> Plot Domain Frekuensi Setelah TSA pada Bantalan Bola	
Kondisi Cacat Lintasan Dalam ( <i>Inner Race</i> ) .....	76
<b>Gambar 4.13</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan	
Kondisi Normal.....	77
<b>Gambar 4.14</b> Plot Domain Frekuensi 10 Kali Putaran Poros Setelah TSA	
Pada Bantalan Bola Kondisi Normal .....	78
<b>Gambar 4.15</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan Bola	
Cacat Lintasan Luar .....	79
<b>Gambar 4.16</b> Plot Domain Frekuensi 10 Kali Putaran Poros Setelah TSA	
Pada Bantalan Bola Cacat Lintasan Luar.....	80
<b>Gambar 4.17</b> Plot Domain Frekuensi Sebelum TSA pada Bantalan Bola	
Cacat Lintasan Dalam .....	81
<b>Gambar 4.18</b> Plot Domain Frekuensi 10 Kali Putaran Poros Setelah TSA	
Pada Bantalan Bola Cacat Lintasan Dalam.....	82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Motor Listrik.....	46
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Laptop .....	49
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi Akselerometer .....	52
<b>Tabel 4.1</b> Dimensi Bantalan Bola Koyo 1209K.....	63
<b>Tabel 4.2</b> Frekuensi Cacat pada Bantalan Bola Lintasan Dalam .....	64
<b>Tabel 4.3</b> Frekuensi Cacat pada Bantalan Bola Lintasan Luar .....	64

## DAFTAR SIMBOL dan SINGKATAN

$Bd$  = Diameter bola (mm)

$fr$  = Frekuensi putaran poros (Hz)

$Nb$  = Jumlah bola

$Pd$  = Diameter *Pitch* (mm)

$\alpha$  = Sudut kontak (derajat)

$fo$  = Frekuensi poros (Hz)

$fb$  = Frekuensi blade (Hz)

BPFO = Frekuensi cacat bantalan lintasan luar

BPFI = Frekuensi cacat bantalan lintasan dalam

DAQ = Data Akuisisi

## INTISARI

*Fan* industri merupakan mesin yang dibutuhkan sebuah industri sebagai alat pendingin mesin lainnya. Salah satu komponen yang sering rusak pada *fan* yaitu bantalan. Metode yang umum digunakan untuk memonitor kondisi dari sebuah bantalan yaitu metode yang berbasis getaran. Metode *Time Synchronous Averaging* (TSA) merupakan salah satu metode yang berbasis getaran. Metode TSA merupakan metode yang cukup efektif untuk mereduksi *noise* pada sinyal getaran sehingga puncak amplitudo dari frekuensi cacat pada sebuah bantalan dapat terlihat dengan jelas. Tujuan dari penelitian ini yaitu mereduksi *noise* dari sinyal bantalan bola pada *fan* industri menggunakan metode TSA dan mendeteksi cacat bantalan lintasan luar dan cacat lintasan dalam menggunakan spektrum.

Dilakukan pengujian 3 jenis bantalan bola dengan kondisi yang berbeda-beda yaitu bantalan normal, cacat lintasan luar, dan cacat lintasan dalam pada *fan* aksial. Pengujian dilakukan secara bergantian dengan masing-masing perekaman data sebanyak 30 file. Data yang telah direkam kemudian dilakukan plot domain waktu dan plot domain frekuensi pada software matlab. Hasil yang didapat kemudian akan dibandingkan dengan plot domain waktu dan plot domain frekuensi setelah dilakukan teknik *preprocessing* sinyal menggunakan TSA.

Hasil spektrum yang diperoleh menggunakan metode TSA mempunyai hasil sinyal yang lebih baik daripada sinyal yang diperoleh tanpa menggunakan metode TSA. Hal ini dikarenakan spektrum yang telah dilakukan TSA memiliki *noise* yang lebih sedikit karena telah tereduksi. *Noise* yang telah direduksi menggunakan metode TSA menyebabkan puncak amplitudo pada frekuensi cacat bantalan bola lintasan dalam dan lintasan luar dapat terlihat jelas.

**Kata kunci:** *Fan*, getaran, *noise*, frekuensi, amplitudo, bantalan bola, *Time Synchronous Averaging* (TSA).



## ABSTRACT

Industrial fan is a machine that is needed by an industry as another engine cooling device. One of the component that is often damaged in a fan is a bearing. The methods that are commonly used to monitor the condition of a bearing is a vibration-based method. The Time Synchronous Averaging (TSA) method is one of the vibration based method. TSA method is a method that is effective enough to reduce noise in vibration signals so that the peak amplitude of defect frequency on a bearing can be clearly seen. The TSA method was applied to ball bearing axial fan testing in this research. The purpose of this research was to reduced ball bearing signal from noise in industrial fan using the TSA method and detect outer race bearing defects and inner race defects in using the spectrum.

Three types of ball bearings with different conditions, namely normal bearings, outer track defects, and deep trajectory defect in axial fan were tested. Tests are performed alternately with each data recording as many as 30 files. The data that has been recorded is then did a time domain plot and frequency domain plot in software matlab. The result obtained are then will be compared with the time domain plot and frequency domain plot at the signal preprocessing technique using TSA.

The spectrum results obtained using the TSA method have better signal results than the signals obtained without using the TSA method. This is because the spectrum that TSA has done has less noise because it has been reduced. Noise that has been reduced using the TSA method causes the peak amplitude at the defect frequency of the ball bearing the inner trajectory and the outer trajectory seen clearly.

**Keywords:** *Fan, vibration, noise, frequency, amplitude, ball bearing, Time Synchronous Averaging (TSA).*