

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN METODE DETEKSI DINI CACAT
BANTALAN TIPE *DOUBLE ROW* BERBASIS ANALISIS
ENVELOPE PADA PROTOTIPE FAN INDUSTRI**

Ditunjukkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ADIB MUHAMMAD NUH

20140130117

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



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN METODE DETEKSI DINI CACAT BANTALAN
TIPE *DOUBLE ROW* BERBASIS ANALISIS *ENVELOPE* PADA
PROTOTYPE FAN INDUSTRI**

Dipersiapkan dan disusun oleh:
Adib Muhammad Nuh
20140130117

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 03 September 2018

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

Penguji

Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T
NIK. 19710124 1999603 123025

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

Tanggal, 06 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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahilahirabbil'alamin, puji syukur penyusun panjatkan kehadiran 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 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan judul "Pengembangan Metode Deteksi Dini Cacat Bantalan Tipe *Double Row* Berbasis Analisis *Envelope* Pada Prototipe Fan Industri".

Yogyakarta, 6 September 2018



Adib Muhammad Nuh

Penyusun

MOTTO

○ يُسْرًا الْعُسْرُ مَعَ إِنَّ ○ يُسْرًا الْعُسْرُ مَعَ فَإِنَّ ○

Artinya, “Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyiroh : 5-6).

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat”

(Winston Churchill).

“Jangan Menunggu. Takkan Pernah Ada Waktu Yang Tepat”

(Napoleon Hill).

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmani rahim

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan tak lupa juga salawat serta salam kepada junjungan besar sang revolusioner sekaligus engginer terbaik sepanjang masa yaitu nabi Muhammad SAW, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan semestinya.

Rasa hormat yang paling dalam teruntuk kedua orang tua saya ucapkan terimakasih dalam hati dan ikhlas dari anakmu atas segala dorongan motivas, doa, keringat untuk putramu. Sekali lagi saya memohon izin dan ridho kepada bapak dan ibu dalam perjuangan kedepanya yang akan dilalui. Serta lantunan doa yang selalu terucap kepada Allah SWT.

Teruntuk para teman-teman kelas dan himpunan yang selalu mendampingi kuucapkan terimakasih atas dukungan selama ini.

INTISARI

Fan sering kita jumpai dimana saja, salah satunya di industri. *Fan* di industri biasanya digunakan untuk mendinginkan mesin sedang beroperasi. Apabila *fan* digunakan secara terus-menerus maka dapat menyebabkan kerusakan pada komponennya. Salah satu komponen yang sering rusak yaitu bantalan. Salah satu cara untuk memantau suatu kondisi dari bantalan yaitu metode berbasis getaran. Envelope merupakan salah satu metode yang berbasis getaran. Metode envelope mampu mengekstrak dampak impact dengan frekuensi rendah bahkan yang tersembunyi oleh sinyal getaran lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cacat bantalan bola lintasan luar dan lintasan dalam menggunakan spektrum frekuensi dan spektrum envelope.

Penelitian ini dilakukan dengan merekam sinyal getaran pada bantalan bola kondisi normal, cacat lintasan dalam, dan cacat lintasan luar menggunakan akselerometer yang dilakukan secara terpisah. Data yang didapat kemudian diolah pada *software* matlab dan diplot pada domain waktu kemudian ditransformasikan ke spektrum frekuensi dan spektrum envelope menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Hasil dari pengolahan data tersebut kemudian diidentifikasi cacat pada bantalan menggunakan rumus *Ball Pas Frequency Outer Race* (BPFO) dan *Ball Pas Frequency Inner Race* (BPFI) untuk mengetahui frekuensi cacat pada bantalan tersebut.

Hasil spektrum getaran menunjukkan amplitudo tinggi pada frekuensi cacat lintasan luar (BPFO) diikuti dengan 4 harmoniknya. Sedangkan spektrum getaran pada frekuensi cacat lintasan dalam (BPFI) menunjukkan amplitudo tinggi beserta 5 harmoniknya. Dimana cacat bantalan lintasan dalam itu menghasilkan gelombang amplitudo modulasi, gelombang amplitudo modulasi dalam spektrum dicirikan dengan adanya side band (sb). Kelebihan dari envelope yaitu mampu memfilter sinyal yang rumit sehingga frekuensi dari komponen yang mengalami kerusakan dapat teridentifikasi.

Kata kunci: *Fan*, bantalan, getaran, spektrum frekuensi, spektrum envelope.

ABSTRACT

Fan often we encounter anywhere, one of them in the industry. Fan in the industry typically used to cool the machine is operating. If the fan is used on an ongoing basis then it can cause damage to the components. One of the components that often are damaged i.e. bearing. One way to monitor a condition of bearing vibration-based method. Envelope is one method of vibration-based. Envelope method capable of extracting impact impact with low frequency even hidden by other vibrational signals. This research aims to know the trajectory of the ball bearing outer defect and path in the use of the frequency spectrum and the spectrum envelope.

This research was conducted by recording vibration signal on ball bearings normal conditions, disabilities, and disability in the trajectory path of the outside using an accelerometer is done separately. The data obtained are then processed on matlab software and plotted on a time-domain and then transformed to the frequency spectrum and the spectral envelope using FFT (Fast Fourier Transform). The results of the data processing are then identified defects in bearings using formulas Ball Pas Frequency Outer Race (BPFO) and Ball Pas Frequency Inner Race (BPFI) to find out the frequency of defects in bearings.

The results showed a high amplitude vibration spectrum at frequencies beyond the path of disability (BPFO) followed by 4 harmonic. While the spectrum of vibrations at the frequency of defects in the pathway (BPFI) shows high amplitudes with 5 harmonic. Where is the flaw in the trajectory it produces pads amplitude modulation wave, amplitude modulation wave in the spectrum is characterized by the presence of side band (sb). Advantages of envelope that is able to filter out the complicated signals so that the frequency of component damage can be identified.

Keywords: *Fan, bearing, vibrations, spectrum frequency, spectrum envelope.*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Adib Muhammad Nuh

NIM : 20140130117

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan dalam sepengetahuan saya juga tidak ada karya yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu/disitasi dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 September 2018



Adib Muhammad Nuh
20140130117

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	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 PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Fan (kipas).....	6
2.2.2 Metode Perawatan	9
2.2.3 Bantalan (Bearing)	11
2.2.4 Jenis-Jenis Bantalan	12
2.2.5 Bantalan Bola Jenis Selft Aligning Double Rows	14
2.2.6 Jenis Cacat Pada Bantalan Bola	15
2.2.7 Teori Getaran	17
2.2.8 Sinyal Getaran	18
2.2.9 Karakter Getaran	19

2.2.10	Sensor Getaran	19
2.2.11	Metode Pemasangan Sensor.....	21
2.2.12	Karakteristik Akselerometer	22
2.2.13	Frekuensi.....	23
2.2.14	Amplitudo	24
2.2.15	Harmonik	24
2.2.16	Fase	25
2.2.17	Domain Waktu	25
2.2.18	Spektrum	26
2.3	Metode Analisis Getaran.....	27
2.3.1	Time Domain Analisis	27
2.3.2	Spektrum dan Fast Fourier Transform (FFT)	28
2.3.3	Analisis Envelope.....	29
2.3.4	Amplitudo Mudalation.....	30
2.3.5	Side Band	31
 BAB III		
METODE PENELITIAN.....		32
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.2.1	Fan (Kipas).....	34
3.2.2	Motor Listrik	35
3.2.3	Bantalan Bola	36
3.2.4	Kunci Ring Pas.....	37
3.2.5	Tachometer.....	38
3.2.6	Laptop	38
3.2.7	Aplikasi Software.....	39
3.2.8	Peralatan Data Akuisisi	40
3.2.9	Sekema Alat Uji Penelitian	45
3.2.10	Prosedur Penelitian.....	47
3.3	Proses Pengambilan Data.....	49
3.4	Tahapan Analisis Data	52
 BAB IV		
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		53
4.1	Data Penelitian	53

4.2	Sinyal Getaran Pada Kondisi Bantalan Normal.....	54
4.2.1	Hasil Dari Plot Domain Waktu	54
4.2.2	Hasil Plot Domain Frekuensi	55
4.2.3	Hasil Plot Spektrum Envelope	56
4.3	Sinyal Getaran Pada Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Luar.....	56
4.3.1	Hasil Plot Domain Waktu	57
4.3.2	Hasil Plot Domain Frekuensi	57
4.3.3	Hasil Plot Spektrum Envelope	58
4.4	Sinyal Getaran Pada Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Dalam	58
4.4.1	Hasil Plot Domain Waktu	59
4.4.2	Hasil Plot Domain Frekuensi	59
4.4.3	Hasil Plot Spektrum Envelope	60
4.5	Perbandingan Spektrum Frekuensi dan Spektrum Envelope Antara Kondisi Bantalan Normal dengan Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Luar	61
4.6	Perbandingan Spektrum Frekuensi dan Spektrum Envelope Antara Kondisi Bantalan Normal dengan Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Dalam.....	62
BAB V		
PENUTUP		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	67
5.3	Ucapan Terimakasih	68
DAFTAR PUSTAKA.....		70
LAMPIRAN.....		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kipas Aksial.....	7
Gambar 2.2 <i>Propeler Fan</i>	8
Gambar 2.3 <i>Tubeaxial Fan</i>	8
Gambar 2.4 <i>Fan Vaneaxial</i>	9
Gambar 2.5 Arah Beban Bantalan.....	12
Gambar 2.6 Bantalan Gelinding.....	13
Gambar 2.7 Bantalan Luncur.....	13
Gambar 2.8 Bantalan Bola Jenis <i>Selft Aligning Double Row</i>	14
Gambar 2.9 Bagian Komponen Bantalan.....	15
Gambar 2.10 a. Cacat Pada Bagian Bola.....	16
Gambar 2.10 b. Cacat Pada Bagian Sangkar (Cage).....	16
Gambar 2.10 c. Cacat Pada Bagian Lintasan Dalam.....	16
Gambar 2.10 d. Cacat Pada Bagian Lintasan Luar.....	16
Gambar 2.11 Gerak Bolak-Balik Yang Mendasari Terjadinya Getaran.....	18
Gambar 2.12 Karakter Getaran.....	19
Gambar 2.13 <i>Samplin Rate</i>	21
Gambar 2.14 <i>Shear Type Accelerometer</i>	22
Gambar 2.15 <i>Single Ended Compression Accelerometer</i>	23
Gambar 2.16 <i>Piezoelectric Accelerometer</i>	23
Gambar 2.17 Siklus Gelombang Frekuensi.....	24
Gambar 2.18 Harmonik.....	25
Gambar 2.19 Ilustrasi Fase.....	25
Gambar 2.20 Domain Waktu (<i>Time Domain</i>).....	26
Gambar 2.21 Spektrum.....	27
Gambar 2.22 Proses Transformasi Dari Domain Waktu ke Domain Frekuensi.....	29
Gambar 2.23 Skema Envelope.....	29
Gambar 2.24 Skema Proses Analisa Envelope.....	30
Gambar 2.25 Amplitudo Modulasi.....	31
Gambar 2.26 <i>Side Band</i>	31

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Prototipe Fan Industri	35
Gambar 3.3 Motor Listrik.....	36
Gambar 3.4 a. Bantalan Bola Normal.....	36
Gambar 3.4 b. Bantalan Bola Cacat Lintasan Dalam (<i>Inner Race</i>).....	36
Gambar 3.4 c. Bantalan Bola Cacat Lintasan Luar (<i>Outer Race</i>)	36
Gambar 3.5 Kunci Pas Ring	37
Gambar 3.6 Tachometer	38
Gambar 3.7 Laptop	39
Gambar 3.8 a. Software Matlab R2016a	40
Gambar 3.8 b. Software NI cDAQ-9174.....	40
Gambar 3.9 Peralatan Data Akuisisi.....	41
Gambar 3.10 Akselerometer.....	42
Gambar 3.11 Kabel Konektor Akselerometer	43
Gambar 3.12 Modul DAQ.....	44
Gambar 3.13 Casing Modul DAQ.....	44
Gambar 3.14 Kabel USB	45
Gambar 3.15 Kabel Power	45
Gambar 3.16 Instalasi Eksperimen Pengujian Bantalan Bola Pada Fan Aksial..	46
Gambar 3.17 Instalasi Motor Listrik dengan Fan Aksila dan DAQ.....	46
Gambar 3.18 Belt Pulley antara Motor Listrik dan Fan Aksial.....	47
Gambar 3.19 Diagram Alir Proses Pengambilan Data.....	50
Gambar 3.20 Diagram Alir Tahap Analisis Data	52
Gambar 4.1 Plot Domain Waktu Bantalan Bola Kondisi Normal.....	55
Gambar 4.2 Plot Domain Frekuensi Bantalan Bola Kondisi Normal	55
Gambar 4.3 Plot Spektrum Envelope Bantalan Bola Kondisi Normal.....	56
Gambar 4.4 Plot Domain Waktu Kondisi Cacat Bantalan Bola Lintasan Luar ..	57
Gambar 4.5 Plot Domain Frekuensi Kondisi Cacat Bantalan Bola Lintasan Luar	57
Gambar 4.6 Plot Spektrum Envelope Konndisi Cacat Bantalan Bola Lintasan Luar	58

Gambar 4.7 Plot Domain Waktu Kondisi Cacat Bantalan Bola	
Lintasan Dalam	59
Gambar 4.8 Plot Domain Frekuensi Kondisi Cacat Bantalan Bola	
Lintasan Dalam	60
Gambar 4.9 Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat Bantalan Bola	
Lintasan Dalam	61
Gambar 4.10 a. Plot Domain Frekuensi Pada Kondisi Bantalan Normal.....	62
Gambar 4.10 b. Plot Domain Frekuensi Kondisi Bantalan Cacat Lintasan Luar	62
Gambar 4.10 c. Plot Spektrum Envelope Pada Kondisi Bantalan Normal.....	62
Gambar 4.10 d. Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat Bantalan	
Lintasan Luar	62
Gambar 4.11 a. Plot Domain Frekuensi Pada Kondisi Bantalan Normal.....	64
Gambar 4.11 b. Plot Domain Frekuensi Pada Kondisi Bantalan Cacat	
Lintasan Dalam	64
Gambar 4.11 c. Plot Spektrum Envelope Pada Kondisi Bantalan Normal.....	64
Gambar 4.11 d. Plot Spektrum Envelope Pada Kondisi Bantalan Cacat	
Lintasan Dalam	64
Gambar 4.12 Plot Spektrum Envelope Cacat Bantalan Lintasan Dalam	65

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Listrik	37
Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop.....	41
Tabel 3.3 Spesifikasi Akselerometer.....	45
Tabel 4.1 Dimensi Bantalan Bola Koyo 1209K	57
Tabel 4.2 Frekuensi Cacat Pada Bantalan Bola Lintasan Luar.....	57
Tabel 4.3 Frekuensi Cacat Pada Bantalan Bola Lintasan Dalam.....	57

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Nb	= Jumlah bola
Fr	= Frekuensi relatif antara lintasan luar dan lintasan dalam (Hz)
Bd	= Diameter bola (mm)
Pd	= Diameter pitch (mm)
α	= Sudut kontak (derajat)
DAQ	= Data Acquisition
BPFI	= Ball Pas Frekuensi Inner Race
BPFO	= Ball Pas Frekuensi Outer Race
Fo	= Frekuensi poros
Fb	= Frekuensi blade
EDM	= Electrical Discharge Machinin