

**METODE DETEKSI KERUSAKAN ELEMEN BOLA PADA BANTALAN
BOLA TIPE DOUBLE ROW BERBASIS SINYAL GETARAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun Oleh:
Fajar Setiawan**

20130130038

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
METODE DETEKSI KERUSAKAN ELEMEN BOLA PADA BANTALAN
BOLA TIPE DOUBLE ROW BERBASIS SINYAL GETARAN

Disusun Oleh:

Fajar Setiawan
NIM : 20130130038

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada tanggal Agustus 2017

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

NIK. 19740302 200104 123 049

NIK. 19590502 198702 1001

Penguji

Bambang Riyanta, S.T., M.T.

NIK. 19710124 199603 123025

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah Sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjan Teknik
Tanggal Agustus 2017

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Novi Caroko, S.T., M.Eng

NIP. 19791113 200501 1 001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fajar Setiawan

NIM : 2013 013 0038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang berjudul **Metode Deteksi Kerusakan Elemen Bola Pada Bantalan Bola Tipe Double Row Berbasis Sinyal Getaran** ini adalah asli hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2017

Fajar Setiawan
20130130038

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II.
3. Teman-teman seperjuangan.
4. Almamater saya, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Orang Tua khususnya Ibu yang telah memberikan dukungan moral dan material serta memberikan saya pendidikan yang layak.
6. Kakak saya, Winda Ningsih yang selalu memberikan saya motivasi dan support.

MOTTO

“Saat dunia terasa lelah, ingatlah harapan dan rintihan do’a orang tua selalu ada menyertaimu”

“Manusia dapat dihancurkan, manusia dapat dimatikan tetapi manusia tidak dapat dikalahkan selama manusia itu masih Setia kepada dirinya sendiri atau ber SH pada dirinya sendiri.”

(PSHT, 1922)

“Ilmu pengetahuan itu pahit pada awalnya, tetapi manis melebihi madu pada akhirnya”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Metode Deteksi Kerusakan Elemen Bola Pada Bantalan Bola Tipe Double Row Berbasis Sinyal Getaran**”. Tugas Akhir ini berisi metode untuk mendeteksi cacat pada bantalan khususnya pada elemen bola menggunakan sinyal getaran dengan metode analisis spektrum (domiain frekuensi) dan analisis envelope. Dengan dilakukan metode ini sehingga dapat memantau kondisi suatu bantalan dan meminimalisir atau bahkan menghilangkan terjadinya *breakdown* pada sebuah peralatan. Tugas akhir ini juga kami gunakan untuk memenuhi kewajiban akademik untuk mencapai derajat Strata-1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Kami menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Kami menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan jembatan menuju ilmu pengetahuan dan wawasan baru, yang dengan sabar dan penuh pengertian telah membimbing, mengajarkan tentang konsep (pemahaman), dan memberikan banyak bantuan dalam penelitian serta penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Jazakallah khairan katsira.
2. Bapak Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini melalui koreksi dan masukan-masukan yang berharga bagi penulis.

3. Fanani Wilda, Dwi Susanto, Gusnandar Abdinegara, Sopan Maradika, dan Heri selaku teman seperjuangan dari awal pembuatan simulator alat uji maupun pengerjaan Laporan Tugas Akhir sampai dengan selesai.
4. Bapak Mujiarto selaku Kepala Lab. Permesinan yang sudah memberikan sedikit banyak saran dan masukan serta motivasi.
5. Basuki Rahmat selaku teman seperantauan yang sudah memberikan nasihat-nasihat.
6. Bapak, Ibu dan Kakak tecinta yang telah memberikan dukungan besar baik moral maupun material.
7. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Kami berharap tugas akhir ini dapat menjadi acuan perbaikan untuk penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa Prodi S-1 Teknik Mesin UMY. Semoga karya ini mampu memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi dan memotivasi para insinyur muda untuk terus berkarya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Yogyakarta, Agustus 2017

Fajar Setiawan
20130130038

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Bantalan (<i>Bearing</i>).....	9
2.2.2 Bantalan Bola (<i>Ball Bearing</i>)	11
2.2.2.1 Pengertian Bantalan Bola (<i>Ball Bearing</i>).....	11
2.2.2.2 Kerusakan Pada Bantalan Bola (<i>Ball Bearing</i>)	13
2.2.3 Pemeliharaan.....	15
2.2.4 <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i>	17

2.2.5	Getaran.....	19
2.2.6	<i>Vibration Analysis (VA)</i>	20
2.2.7	Sinyal Getaran.....	21
2.2.7.1	<i>Time Domain</i>	21
2.2.7.2	<i>Frequency Domain</i>	22
2.2.7.3	Harmonik	22
2.2.8	<i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	23
2.2.9	<i>Envelope Analysis</i>	24
2.2.10	Data Akuisisi	26
2.2.10.1	<i>Accelerometer</i>	29
2.2.10.2	<i>Sampling Rate</i>	32
2.2.10.3	Aliasing.....	32
2.2.11	Amplitudo Modulasi (AM)	33
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1	Metode Penelitian.....	34
3.1.1	Struktur Data	36
3.1.2	Metode Pengolahan Data	37
3.1.3	Pengamatan	37
3.2	Simulator Alat Uji Kerusakan Bantalan (Bearing).....	38
3.2.1	Alat Dan komponen Penelitian	38
3.3	Tempat Penelitian.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Data Penelitian	48
4.2	Sinyal Getaran Pada Bantalan Normal.....	49
4.2.1	Hasil Plot Domain Waktu	49
4.2.2	Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum)	50
4.2.3	Hasil Plot Spektrum <i>Envelope (Envelope Analysis)</i>	50
4.3	Sinyal Getaran Pada Bantalan Cacat Elemen Bola	51
4.3.1	Hasil Plot Domain Waktu	51

4.3.2 Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum).....	51
4.3.3 Hasil Plot Spektrum <i>Envelope</i> (<i>Envelope Analysis</i>)	52
4.4 Hasil Analisis Domain Frekuensi dan Analisis <i>Envelope</i>	53
4.4.1 Perbandingan Grafik Spektrum dan <i>Envelope</i> Pada Kecepatan 1000 RPM.....	54
4.4.2 Perbandingan Grafik Spektrum dan <i>Envelope</i> Pada Kecepatan 1200 RPM.....	57
4.4.3 Perbandingan Grafik Spektrum dan <i>Envelope</i> Pada Kecepatan 1400 RPM.....	60
4.4.4 Perbandingan Grafik Spektrum dan <i>Envelope</i> Pada Kecepatan 1600 RPM.....	62
4.5 Perbandingan Grafik <i>Envelope</i> Pada Semua Kecepatan	68
BAB V PENUTUP.....	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah Beban Bantalan	10
Gambar 2.2 Bantalan Luncur	10
Gambar 2.3 Bantalan Gelinding.....	11
Gambar 2.4 Bantalan Bola	12
Gambar 2.5 Komponen Bantalan	12
Gambar 2.6 Kerusakan Bantalan.....	13
Gambar 2.7 Getaran Pegas	19
Gambar 2.8 Karakteristik Getaran.	20
Gambar 2.9 Gelombang Sinus Sinyal Domain Waktu	21
Gambar 2.10 Gelombang Sinyal Domain Frekuensi	22
Gambar 2.11 Harmonik.....	23
Gambar 2.12 Transformasi <i>Fourier</i>	24
Gambar 2.13 Gelombang Domain Waktu Dan Domain Frekuensi	24
Gambar 2.14 Sinyal <i>Envelope</i>	25
Gambar 2.15 Skema <i>Envelope</i>	25
Gambar 2.16 Komponen <i>DAQ System</i>	26
Gambar 2.17 Transducer <i>Displacement</i>	27
Gambar 2.18 Transducer <i>Velocity</i>	28
Gambar 2.19 Transducer <i>Accelerometer</i>	29
Gambar 2.20 Komponen <i>Accelerometer</i>	30
Gambar 2.21 Sensivitas <i>Accelerometer</i>	30
Gambar 2.22 Sensivitas <i>Accelerometer</i>	31
Gambar 2.23 <i>Sampling Rate</i>	32
Gambar 2.24 Aliasing	33
Gambar 2.25 Sinyal Amplitudo Modulasi	33
Gambar 3.1 <i>Accelerometer</i> pada Posisi Vertikal	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	35

Gambar 3.3 Skema Struktur Data	36
Gambar 3.4 Skema Proses Pengolahan Data	37
Gambar 3.5 Simulator Alat Uji Kerusakan Bantalan.....	38
Gambar 3.6 <i>Accelerometer</i>	39
Gambar 3.7 Modul Data Akuisisi	39
Gambar 3.8 <i>Chassis</i> Modul Data Akuisisi.....	40
Gambar 3.9 Software Matlab	40
Gambar 3.10 Kabel <i>Connector</i>	41
Gambar 3.11 Laptop.....	41
Gambar 3.12 <i>Inverter Speed Control</i>	42
Gambar 3.13 <i>Wax</i>	42
Gambar 3.14 Bantalan (<i>Bearing</i>)	43
Gambar 3.15 Motor Listrik	44
Gambar 3.16 Rumah Bantalan (<i>Pillow Block</i>).....	45
Gambar 3.17 Poros.....	45
Gambar 3.18 <i>Couplings</i>	46
Gambar 3.19 <i>Frame</i>	46
Gambar 3.20 Beban.....	47
Gambar 3.21 Penjepit Beban (Pengunci)	47
Gambar 4.1 Dimensi Bantalan Bola.....	48
Gambar 4.2 Hasil Plot Domain Waktu Bantalan Normal	49
Gambar 4.3 Hasil Plot Domain Frekuensi Bantalan Normal.....	50
Gambar 4.4 Hasil Plot Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Normal	50
Gambar 4.5 Hasil Plot Domain Waktu Bantalan Cacat Elemen Bola	51
Gambar 4.6 Hasil Plot Domain Frekuensi Bantalan Cacat Elemen Bola	52
Gambar 4.7 Hasil Plot Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Cacat Elemen Bola	52
Gambar 4.8 Perbandingan Spektrum Frekuensi antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1000 Rpm	54

Gambar 4.9 Perbandingan Spektrum <i>Envelope</i> antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola Pada Kecepatan 1000 Rpm	55
Gambar 4.10 Perbandingan Spektrum Frekuensi dengan Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1000 Rpm.....	56
Gambar 4.11 Perbandingan Spektrum Frekuensi antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1200 Rpm	57
Gambar 4.12 Perbandingan Spektrum <i>Envelope</i> antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1200 RPM.....	58
Gambar 4.13 Perbandingan Spektrum Frekuensi dengan Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1200 RPM.....	59
Gambar 4.14 Perbandingan Spektrum Frekuensi antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1400 RPM.....	60
Gambar 4.15 Perbandingan Spektrum <i>Envelope</i> antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1400 RPM.....	61
Gambar 4.16 Perbandingan Spektrum Frekuensi dengan Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1400 RPM.....	62
Gambar 4.17 Perbandingan Spektrum Frekuensi antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1600 RPM.....	63
Gambar 4.18 Perbandingan Spektrum <i>Envelope</i> antara Bantalan Normal dengan Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1600 RPM.....	64
Gambar 4.19 Perbandingan Spektrum Frekuensi dengan Spektrum <i>Envelope</i> Bantalan Cacat Elemen Bola pada Kecepatan 1600 RPM.....	65
Gambar 4.20 Cacat Sangkar.....	67
Gambar 4.21 Perbandingan Spektrum <i>Envelope</i> pada Kecepatan 1000 RPM, 1200 RPM, 1400 RPM, 1600 RPM	76

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 dimensi komponen bantalan bola.....	48
Tabel 4.2 frekuensi cacat elemen bola pada bantalan	53
Tabel 4.3 frekuensi cacat sangkar pada bantalan	53
Tabel 4.4 perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran BSF	66
Tabel 4.5 perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran BSF	66
Tabel 4.6 perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran FTF	66
Tabel 4.7 perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran FTF	67

DAFTAR SIMBOL

- Nb : Jumlah bola (*Number of balls*)
- Fr : Frekuensi relatif antara inner rasedan outer race
- Bd : Diameter bola (*Ball diameter*)
- Pd : Diameter Pitch (*Pitch diameter*)
- α : Sudut kontak (*Contact angle*) derajat.