

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya 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

Mulyani
20130130229

MOTTO

*Pendidikan merupakan hiasan kemakmuran serta tempat
perlindungan dalam kesulitan"*

(Aristotle)

*"Bila kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus tahan
menanggung perihnya kebodohan"*

(Imam Syafi'i)

*"Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari suatu ilmu,
Niscaya Allah memudahkannya ke jalan menuju surga"*

(HR. Turmudzi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT yang telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muahammad SAW.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayangi...

Kedua orang tua saya, Bapak Rakidin dan Alm Ibu Miatun. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tidak mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Bapak dan Alm Ibu bahagia karna kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang banyak bahkan sampai Alm Ibu kembali ke sisi yang Maha Kuasa. Semoga amal ibadahnya Alm ibu diterima oleh Allah SWT dan ditempatkan di Surga-Nya. Amin.

اللَّهُمَّ اغْفِرْ لِيْ وَلِوَالِدِيْ وَارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيْتَنِيْ صَغِيْرًا

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji syukur hanya untuk Allah SWT atas segala rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan baik dan lancar. Shalawat beserta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada ummatnya hingga akhir zaman. Semoga kita termasuk ummat yang mendapatkan syafaatnya, amin.

Penyusunan Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang diajukan penyusun adalah **“METODE DETEKSI CACAT BANTALAN BOLA PADA POMPA SENTRIFUGAL”**. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengembangkan metode deteksi cacat bantalan bola pada pompa sentrifugal sehingga dapat meminimalisir kerugian yang disebabkan dari cacat bantalan. Cacat pada bantalan bola dapat dideteksi dengan menggunakan metode analisis spektrum getaran, dimana dapat dibandingkan antara hasil perhitungan frekuensi cacat bantalan dengan hasil pengukuran pada hasil plot spektrum frekuensi maupun spektrum envelope.

Dari keterbatasan waktu, tenaga, dan keterbatasan lainnya sehingga banyak kekurangan dalam penyajian. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penyusun terima dengan senang hati. Akhirnya, hanya kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya, mudah-mudahan hasil Skripsi ini bermanfaat bagi penyusun sendiri, bagi pembaca pada umumnya serta mahasiswa Teknik Mesin pada khususnya.

Wassalamu'allaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2017

Penyusun

Mulyani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR PERSAMAAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Pompa.....	9
2.2.2. Metode Perawatan	15
2.2.3. Bantalan (<i>bearing</i>)	17
2.2.4. Teori Getaran	21
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian	39
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	41
3.2.1. Pompa Sentrifugal	41
3.2.2. Motor Listrik	41
3.2.3. Bantalan Bola	42

3.2.4. <i>Reservoir</i>	43
3.2.5. Pipa Akrilik dan Selang	44
3.2.6. Kunci Pas Ring.....	44
3.2.7. <i>Tachometer</i>	44
3.2.8. <i>Inverter</i>	45
3.2.9. Laptop	45
3.2.10. Peralatan Data Akuisisi	47
3.3. Skema Alat Uji Penelitian	50
3.4. Prosedur Penelitian.....	52
3.4.1. Persiapan Alat Uji	53
3.4.2. Tahap Pengujian.....	53
3.5. Proses Pengambilan Data	53
3.6. Langkah Analisis Data	54

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian	55
4.2. Sinyal Getaran Pada Kondisi Bantalan Normal	56
4.2.1. Hasil Plot Domain Waktu	56
4.2.2. Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)	57
4.2.3. Hasil Plot Spektrum Envelope (<i>Envelope Analysis</i>)	58
4.3. Sinyal Getaran Kondisi Bantalan Cacat Pada Lintasan Luar	58
4.3.1. Hasil Plot Domain Waktu	58
4.3.2. Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)	59
4.3.3. Hasil Plot Spektrum Envelope (<i>Envelope Analysis</i>)	59
4.4. Sinyal Getaran Kondisi Bantalan Cacat Pada Lintasan Dalam.....	60
4.4.1. Hasil Plot Domain Waktu	60
4.4.2. Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)	61
4.4.3. Hasil Plot Spektrum Envelope (<i>Envelope Analysis</i>)	61
4.5. Perbandingan Spektrum Antara Kondisi Normal Dengan Kondisi Cacat dibagian Lintasan Luar (<i>Outer Race</i>).....	62
4.5.1. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 1200 rpm.....	62
4.5.2. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 1600 rpm.....	64

4.5.3. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 2000 rpm.....	65
4.5.4. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 2400 rpm.....	67
4.6. Perbandingan Spektrum Antara Kondisi Normal Dengan Kondisi Cacat dibagian Lintasan Dalam (<i>Inner Race</i>)	69
4.6.1. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 1200 rpm.....	69
4.6.2. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 1600 rpm.....	71
4.6.3. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 2000 rpm.....	72
4.6.4. Hasil Plot Pada Kecepatan Poros Pompa 2400 rpm.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran.....	77
UCAPAN TERIMA KASIH	79
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen pompa sentrifugal	19
Gambar 2.2. Pompa aliran campur/ <i>mixed-flow</i>	11
Gambar 2.3 Pompa aksial	11
Gambar 2.4 <i>Impeller</i> tertutup	11
Gambar 2.5 <i>Impeller</i> setengah terbuka	12
Gambar 2.6 <i>Impeller</i> terbuka	12
Gambar 2.7 Pompa volute.....	13
Gambar 2.8 Pompa diffuser	13
Gambar 2.9 Pompa aliran campur jenis volute	14
Gambar 2.10 Pompa bertingkat banyak.....	14
Gambar 2.11 Elemen Bantalan Bola Jenis <i>Self Aligning Double Row</i>	19
Gambar 2.12 (a) cacat lokal di lintasan dalam pada bantalan bola, (b) cacat lokal di lintasan luar, (c) cacat lokal komponen bola, (d) cacat lokal pada komponen sangkar	21
Gambar 2.13 <i>Sampling Rate</i>	22
Gambar 2.14 Gerakan bolak-balik yang medasari terjadinya sebuah getaran.....	22
Gambar 2.15 Hubungan antara ukuran akselerometer terhadap sensitivitas dan <i>frequency range</i>	24
Gambar 2.16 <i>Piezoelectric accelerometer</i>	26
Gambar 2.17 <i>Single ended compression accelerometer</i>	26
Gambar 2.18 <i>Shear type Accelerometer</i>	27
Gambar 2.19 Hubungan sinusoidal dari parameter <i>displacement, velocity</i> , dan <i>acceleration</i>	28
Gambar 2.20 Harmonik	29
Gambar 2.21 Domain waktu	30
Gambar 2.22 Domain Frekuensi	31
Gambar 2.23 Perbedaan antara parameter grafik domain waktu dan domain frekuensi.....	31
Gambar 2.24 Hasil Plot Time Domain Pada Kondisi Bantalan Normal (tanpa cacat) dengan Kecepatan Putar 1206 rpm	32

Gambar 2.25 Hasil Plot Time Domain Pada Kondisi Bantalan Cacat di Lintasan Luar Dengan Kecepatan Putar 1206 rpm	33
Gambar 2.26 Hasil Plot FFT Pada Kondisi Bantalan Cacat di Lintasan Luar Dengan Kecepatan Putar 1206 rpm.....	35
Gambar 2.27 Proses analisis envelope	36
Gambar 2.28 (a) Hasil Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan Poros 1638 rpm, (b) Hasil Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan Poros 1638 rpm.....	37
Gambar 2.29 (a) Hasil Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan Poros 1638 rpm, (b) Hasil Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan Poros 1638 rpm.....	38
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 3.2 Pompa Sentrifugal	41
Gambar 3.3 Motor Listrik	42
Gambar 3.4 (a) Bantalan bola normal (kondisi baik), (b) Bantalan bola cacat (rusak) pada lintasan luar (<i>outer race</i>), (c) Bantalan bola cacat pada lintasan dalam (<i>inner race</i>)	43
Gambar 3.5 <i>Reservoir</i>	43
Gambar 3.6 Pipa akrilik dan selang	44
Gambar 3.7 Kunci pas ring	44
Gambar 3.8 <i>Tachometer</i>	45
Gambar 3.9 <i>Inverter</i>	45
Gambar 3.10 Laptop	46
Gambar 3.11 Tampilan (a) Software Matlab R2015a, (b) Software NI cDAQ-917447	
Gambar 3.12 Peralatan Data Akuisisi	47
Gambar 3.13 Akselerometer	48
Gambar 3.14 Kabel konektor Akselerometer	49
Gambar 3.15 Modul DAQ	49
Gambar 3.16 <i>Casing</i> Modul DAQ	50
Gambar 3.17 Kabel USB	50
Gambar 3.18 Kabel Power	50
Gambar 3.19 Instalasi Ekperimen Pengujian Bantalan Bola pada Pompa Sentrifugal.....	51

Gambar 3.20 Instalasi Motor Listrik dengan Pompa Sentrifugal dan DAQ.....	51
Gambar 3.21 Lokasi Penempatan Akselerometer.....	52
Gambar 3.22 Skema Lokasi Akselerometer Pada Pompa Sentrifugal.....	53
Gambar 4.1 (a) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2400 rpm	57
Gambar 4.2 (a) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 2400 rpm	57
Gambar 4.3 (a) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2400 rpm	58
Gambar 4.4 (a) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2400 rpm	59
Gambar 4.5 (a) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 2400 rpm	59
Gambar 4.6 (a) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2000 rpm, (d)) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2400 rpm.....	60
Gambar 4.7 (a) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Domain Waktu Pada Kecepatan 2400 rpm	61
Gambar 4.8 (a) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Frekuensi Pada	

Kecepatan 2000 rpm, (d)) Plot Spektrum Frekuensi Pada Kecepatan 2400 rpm.....	61
Gambar 4.9 (a) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1200 rpm, (b) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 1600 rpm, (c) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2000 rpm, (d) Plot Spektrum Envelope Pada Kecepatan 2400 rpm	61
Gambar 4.10 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 3).....	62
Gambar 4.11 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 10).....	64
Gambar 4.12 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 10).....	66
Gambar 4.13 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 10).....	67
Gambar 4.14 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 13).....	70
Gambar 4.15 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 10).....	71
Gambar 4.16 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 2).....	73
Gambar 4.17 (a) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Spektrum Frekuensi Kondisi Cacat, (c) Plot Spektrum Envelope Kondisi Normal, (d) Plot Spektrum Envelope Kondisi Cacat, (File Data # 18).....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Dimensi Bantalan Bola	55
Tabel 4.2 Frekuensi Bantalan Cacat Pada Lintasan Luar	56
Tabel 4.3 Frekuensi Bantalan Cacat Pada Lintasan Dalam	56
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hasil pengukuran	69
Tabel 4.5 Lanjutan Tabel 4.4	69
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hasil pengukuran	75
Tabel 4.7 Lanjutan Tabel 4.6	76

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 <i>Ball Pass Frequency Outer Race</i> (BPFO).....	20
Persamaan 2.2 <i>Ball Pass Frequency Inner Race</i> (BPFI).....	20
Persamaan 2.3 <i>Ball Spin Frequency</i> (BSF).....	20
Persamaan 2.4 <i>Fundamental Train Frequency</i> (FTF)	21
Persamaan 2.5 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	34
Persamaan 2.6 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	34
Persamaan 2.7 <i>Discrete Fourier Transform</i> (DFT)	34
Persamaan 2.8 <i>Discrete Fourier Transform</i> (DFT)	34