

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yudhawan Syah Putra
NIM : 20130130208
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Investigasi Kerusakan *Outer Race* Pada Bantalan Bola Turbin Angin *Horizontal Axis* Menggunakan Spektrum Getaran

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, 7 September 2018

Yudhawan Syah Putra
20130130208

MOTTO

““Janganlah kamu berduka cita, sesungguhnya Allah selalu bersama kita”.

(QS At Taubah : 40)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”.

(QS Al Baqarah : 286)

“Berhenti membuat rencana, MELANGKAHLAH!”

(Bob Sadino)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan tugas akhir ini untuk yang selalu bertanya:

“kapan tugas akhirmu selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan, bukan sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik – baik tugas akhir adalah tugas akhir yang selesai? Baik itu selesai tepat waktu maupun tidak tepat waktu.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“INVESTIGASI KERUSAKAN *OUTER RACE* PADA BANTALAN BOLA TURBIN ANGIN *HORIZONTAL AXIS* MENGGUNAKAN SPEKTRUM GETARAN”**. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi tahap awal bantalan cacat pada kincir angin sehingga dapat meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh kerusakan bantalan. Cacat pada bantalan dapat dideteksi menggunakan metode analisis getaran dengan menerapkan spektrum getaran dan spektrum *envelope*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrum getaran tidak mampu mendeteksi amplitudo tinggi dari bantalan cacat dikarenakan masih tertutup *nois*, sedangkan spektrum *envelope* mampu mendeteksi amplitudo tinggi dari bantalan cacat dikarenakan frekuensi *nois* telah dihilangkan melalui *high pass filter*.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Mesin Strata-1 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk masyarakat umum dan mahasiswa. Penulis juga menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga di butuhkan kritik dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Penulis dengan sepenuh hati mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini sehingga dapat tersusun dengan baik, antara lain kepada :

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. Selaku dosen pembimbing 1 sekaligus Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselsaikan.

3. Bapak Muh Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. Selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.
4. Staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta khususnya kepada Bapak Joko Suminto yang sudah sangat sabar saat membimbing dalam pemakaian Laboratorium Radiasi Thermal.
5. Bapak ibu tercinta, Bapak Rochmat widada dan ibu Witarti rahayuningsih serta kedua adik saya, Yossa Pria Adiyudha, Yossi Tiara Ramadhanti serta segenap keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dari awal sampai akhir.
6. Sahabat seperjuangan Tugas Akhir (*Vibration Monitoring*) Irfan Ikhsanudin, Chusnufam Firlyandika, Rifasakin, Tunggul P. Wicaksono, Sandy Umar Saka, M. Nur Rokhim, serta teman-teman seperjuangan HORE-HORE CLASS E yang telah menemani selama masa-masa perkuliahan, selalu ada dalam keadaan susah maupun senang dan selalu memberikan dukungan serta semangat.
7. Yeni Setyani yang selalu ada dan selalu memberikan dukungan moral, semangat yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak terkait dengan penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Yogyakarta, 18 Desember 2018

Penulis

Yudhawan Syah Putra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
<u>LEMBAR PENGESAHAN</u>	Error! Bookmark not de
<u>LEMBAR PERNYATAAN</u>	Error! Bookmark not de
<u>MOTTO</u>	ii
<u>HALAMAN PERSEMBAHAN</u>	iii
<u>KATA PENGANTAR</u>	Error! Bookmark not de
<u>DAFTAR ISI</u>	vi
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	viii
<u>DAFTAR TABEL</u>	x
<u>INTISARI</u>	11
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	Error! Bookmark not de
1.1. <u>Latar Belakang</u>	Error! Bookmark not
1.2. <u>Rumusan Masalah</u>	Error! Bookmark not
1.3. <u>Batasan Masalah</u>	Error! Bookmark not
1.4. <u>Tujuan Penelitian</u>	Error! Bookmark not
1.5. <u>Manfaat Penelitian</u>	Error! Bookmark not
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</u>	Error! Bookmark not de
2.1 <u>Tinjauan Pustaka</u>	Error! Bookmark not
2.2 <u>Dasar Teori</u>	Error! Bookmark not
2.2.1. <u>Turbin Angin</u>	Error! Bookmark not
2.2.1.1. <u>Jenis Turbin Angin</u>	Error! Bookmark not
2.2.1.2. <u>Komponen Utama Turbin Angin</u>	Error! Bookmark not
2.2.1.3. <u>Metode Perawatan (<i>Maintenance</i>)</u>	Error! Bookmark not
2.2.1.4. <u><i>Condition Based Maintenance (CBM)</i></u>	Error! Bookmark not
2.2.1.5. <u>Jenis - Jenis <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i></u> ..	Error! Bookmark not
2.2.1.6. <u><i>Bantalan (Bearing)</i></u>	Error! Bookmark not
2.2.1.7. <u>Jenis - Jenis <i>Bantalan</i></u>	Error! Bookmark not
2.2.1.8. <u>Jenis - Jenis Kerusakan <i>Bantalan</i> dan identifikasi</u> <u>berbasis getaran</u>	Error! Bookmark not
2.2.2. <u>Getaran</u>	Error! Bookmark not

2.2.2.1. <u>Sinyal Getaran</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
2.2.2.2. <u>Frekuensi Getaran (<i>Vibration Frequency</i>)</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
2.2.2.3. <u>Amplitudo</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
2.2.2.4. <u>Harmonik</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
2.2.2.5. <u>Analisa Vibrasi</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
2.2.2.6. <u>Analisis <i>Envelope</i></u>	<u>Error! Bookmark not</u>
<u>BAB III METODE PENELITIAN</u>	<u>Error! Bookmark not de</u>
3.1 <u>Skema Alat Uji Kerusakan Bantalan (<i>Bearing</i>)</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.2 <u>Alat dan Bahan</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.3 <u>Diagram Alir Penelitian</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.4 <u>Prosedur Penelitian</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.5 <u>Alur pengambilan data</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.6 <u>Tempat dan Waktu Pengujian</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.7 <u>Tahap Analisis data</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
3.8 <u>Struktur Data</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	<u>Error! Bookmark not de</u>
4.1. <u>Data Penelitian</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.2. <u>Sinyal Getaran Pada Kondisi Normal</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.2.1 <u>Hasil Plot Domain Waktu</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.2.2 <u><i>Ball Pass Frequency Outer Race</i> (BPFO)</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.2.3 <u>Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.3 <u>Hasil Plot Analisis <i>Envelope</i></u>	<u>Error! Bookmark not</u>
4.4 <u>Perbandingan Plot Domain Frekuensi dan Analisis</u> <u><i>Envelope</i> pada Bantalan Cacat Lintasan Luar (<i>Outer</i></u> <u><i>Race</i>)</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
<u>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</u>	<u>Error! Bookmark not de</u>
5.1 <u>Kesimpulan</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
5.2 <u>Saran</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>	<u>Error! Bookmark not de</u>
<u>LAMPIRAN</u>	<u>Error! Bookmark not de</u>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin Horizontal	Error! Bookmark not
Gambar 2.2 Turbin Angin Vertikal	Error! Bookmark not
Gambar 2.3 Komponen Turbin Angin	Error! Bookmark not
Gambar 2.4 <i>Single row groove ball bearings</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.5 <i>linear bearing</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.6 <i>Double row self aligning ball bearings</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.7 <i>Double row angular contact ball bearings</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.8 <i>Double row barrel roller bearings</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.9 <i>Tapered roller bearings</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.10 cacat local pada lintasan luar	Error! Bookmark not
Gambar 2.11 cacat local pada lintasan dalam	Error! Bookmark not
Gambar 2.12 cacat pada bola	Error! Bookmark not
Gambar 2.13 Getaran Pegas	Error! Bookmark not
Gambar 2.14 Gelombang Amplitudo	Error! Bookmark not
Gambar 2.15 Harmonik Getaran	Error! Bookmark not
Gambar 2.16 Gelombang Sinus Sinyal Domain Waktu	Error! Bookmark not
Gambar 2.17 Gelombang Sinyal Domain Frekuensi	Error! Bookmark not
Gambar 2.18 Transformasi <i>Fourier</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.19 Skema <i>Envelope</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.20 Skema <i>Envelope</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.21 Grafik <i>Envelope</i> Bantalan Cacat lintasan luar pada 1200 rpm	Error! Bookmark not
Gambar 2.22 Komponen <i>DAQ System</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.23 Komponen <i>Accelerometer</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.24 Sensivitas <i>Accelerometer</i>	Error! Bookmark not
Gambar 2.25 Sensivitas transfer	Error! Bookmark not
Gambar 2.26 Sampling Frekuensi	Error! Bookmark not
Gambar 2.27 <i>Aliasing</i>	Error! Bookmark not
Gambar 3.1 Skema alat uji bantalan	Error! Bookmark not
Gambar 3.2 (a) Bantalan normal, (b) Bantalan cacat lintasan luar	Error! Bookmark not

Gambar 3.3 (a) Roda gigi lurus, (b) Roda gigi pinion	Error! Bookmark not
Gambar 3.4 Alat pembuatan turbin angin	Error! Bookmark not
Gambar 3.5 Bahan pembuatan turbin angin	Error! Bookmark not
Gambar 3.6 Tachometer	Error! Bookmark not
Gambar 3.7 Laptop	Error! Bookmark not
Gambar 3.8 Tampilan (a) Software MATLAB R2016a, (b) Software NI cDAQ-9174	Error! Bookmark not
Gambar 3.9 Peralatan data akuisisi	Error! Bookmark not
Gambar 3.10 Accelerometer	Error! Bookmark not
Gambar 3.11 Kabel connector	Error! Bookmark not
Gambar 3.12 Modul DAQ	Error! Bookmark not
Gambar 3.13 Chassis modul DAQ	Error! Bookmark not
Gambar 3.14. Kabel USB	Error! Bookmark not
Gambar 3.15. Kabel power	Error! Bookmark not
Gambar 3.16 Diagram alir penelitian secara umum	Error! Bookmark not
Gambar 3.17 Diagram alir proses pengambilan data	Error! Bookmark not
Gambar 3.18 Diagram alir Tahap Analisis Data	Error! Bookmark not
Gambar 3.19 Skema pada struktur data	Error! Bookmark not
Gambar 4.1 Grafik Domain Waktu Kondisi Bantalan Normal Dan Bantalan Cacat Lintasan Luar Pada Kecepatan Poros Kincir Angin 1200 rpm	Error! Bookmark not
Gambar 4.2 Plot Domain Frekuensi : (a) Bantalan Normal, (b) Bantalan Cacat Lintasan Luar	Error! Bookmark not
Gambar 4.3 grafik hasil analisis envelope dari kedua kondisi bantalan	Error! Bookmark not
Gambar 4.4 (a) Plot domain frekuensi bantalan cacat lintasan luar, (b) Grafik analisis envelope bantalan cacat lintasan luar.	Error! Bookmark not

DAFTAR TABEL

<u>Tabel 4.1 Frekuensi Bantalan Cacat Lintasan Luar (BPFO).....</u>	<u>Error! Bookmark not</u>
---	----------------------------

INTISARI

Angin merupakan sumber energi yang tersedia di alam dengan jumlah tidak terbatas yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan dan tidak menimbulkan pencemaran udara. Pemanfaatan energi angin dapat dilakukan menggunakan turbin angin. Komponen pada turbin angin sering mengalami kerusakan, salah satu komponen yang sering mengalami kerusakan adalah bantalan. Bantalan merupakan salah satu komponen yang berperan penting dalam proses kelancaran putaran poros. Selain itu bantalan juga berfungsi sebagai penumpu dan penahan beban dari poros baik berupa beban aksial maupun radial. Bantalan yang rusak akan mengakibatkan kinerja kincir angin menurun. Tujuan dari penelitian ini adalah mendeteksi tahap awal cacat bantalan lintasan luar menggunakan spektrum getaran dan mengembangkan metode analisis *envelope*.

Penelitian ini menggunakan bantalan dengan kondisi normal dan bantalan yang sengaja dirusak pada bagian lintasan luar (*outer race*) dengan ukuran kedalaman 2 mm dan lebar 0,7 mm. Deteksi kerusakan bantalan dilakukan menggunakan spektrum getaran dan analisis spektrum *envelope*. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan motor penggerak sebagai pengganti angin dengan kecepatan poros 1200 RPM. Bantalan yang digunakan adalah *Self Aligning Double Row*, Merk TAM, Seri 1208K.

Hasil plot spektrum getaran, amplitudo tinggi dari bantalan cacat lintasan luar belum bisa terlihat, dikarenakan masih tertutup oleh amplitudo noise sehingga kerusakan belum dapat diidentifikasi. Sedangkan spektrum *envelope* mampu menghilangkan amplitudo frekuensi yang muncul bukan dari bantalan cacat lintasan luar, sehingga amplitudo bantalan cacat lintasan luar terlihat lebih jelas hal ini dikarenakan metode analisis *envelope* mampu memisahkan frekuensi cacat bantalan dan natural frekuensi, sehingga pada plot spektrum *envelope* hanya amplitudo tinggi dari bantalan cacat yang muncul.

Kata kunci: kincir angin, cacat lintasan luar bantalan, analisis spektrum, dan analisis *envelope*.