

MOTTO

Allah tidak pernah mengatakan bahwa jalan hidup akan mudah. Tapi Dia mengatakan "Aku akan bersama dengan mereka yang mau bersabar"

Dan ketahuilah, sesungguhnya kemenangan itu beriringan dengan kesabaran.

Jalan keluar beriringan dengan kesukaran. Dan sesudah kesulitan pasti akan

datang kemudahan. (HR. Tirmidzi)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Tidak lupa sholawat dan salam senantiasa dilimpahkan kepada Nabi besar Muhammad Shallahu'alaihi wa sallam beserta keluarga dan para sahabat. Setiap kemudahan dan kesabaran yang telah diberikan-Nya kepada saya akhirnya saya selaku penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“DIAGNOSIS KERUSAKAN ELEMEN BOLA PADA BANTALAN TURBINE ANGIN BERBASIS SINYAL GETARAN”**. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengembangkan metode deteksi cacat bantalan elemen bola pada turbin angin sehingga dapat meminimalisir kerugian yang disebabkan dari cacat bantalan. Cacat pada bantalan elemen bola dapat dideteksi dengan menggunakan metode analisis spektrum getaran, dimana dapat dibandingkan antara hasil plot spektrum frekuensi maupun plot spektrum envelope.

Tugas Akhir ini disusun dan diselesaikan oleh penyusun atas kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, Ibu dan Ayah, serta keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan biaya, moral, fasilitas, motivasi, kritik, semangat yang diberikan, dan yang selalu mendo'akan.
2. 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), memberikan banyak bantuan dalam penelitian serta penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir melalui koreksi dan masukan-masukan yang berharga bagi penulisan.

4. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng., sebagai dosen penguji. Terimakasih atas masukan, saran, dan koreksinya terhadap tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
6. Pak Mujjana, Pak Joko, Pak Mujiarto selaku laboran Teknik Mesin Universitas Yogyakarta, terima kasih atas bantuan dan bimbingan dalam proses praktikum dan penggunaan alat lab yang telah diberikan selama ini.
7. Elvani Aulia Yusak teman saya yang selalu memotivasi saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Tim HORE-HORE selaku rekan-rekan seperjuangan Angkatan 2013, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya, kalian luar biasa.
9. Tim GBTZ selaku teman dirumah, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Penulisan menyadari bahwa dalam Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun. Kami 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 motivasi para insinyur muda untuk terus berkarya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Yogyakarta, 06 Desember 2018

Sandy Umar Saka
20130130239

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	1
KATA PENGANTAR.....	2
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	7
DAFTAR TABEL	10
INTISARI	11
ABSTRAK.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.2 Dasar Teori.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Turbin Angin.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH).....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TAV).....	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Komponen Utama Turbin Angin	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Metode Perawatan (<i>Maintenance</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2.6 <i>Conditional Based Maintenance</i> (CBM).....	Error! Bookmark not defined.

2.2.7	Metode-Metode <i>Condition Monitoring</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.8	<i>Condition Monitoring</i> (CM) untuk metode CBM	Error! Bookmark not defined.
2.2.9	<i>Codition Based Maintenance</i> (CBM) Berbasis Getaran	Error! Bookmark not defined.
2.3	Kerusakan Bantalan.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1	Definisi Bantalan Bola	Error! Bookmark not defined.
2.3.2	<i>Double Row Self Aligning Ball Bearings</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.3	Jenis-Jenis Kerusakan Bantalan	Error! Bookmark not defined.
2.3.4	Sinyal Getaran	Error! Bookmark not defined.
2.3.5	Amplitudo	Error! Bookmark not defined.
2.3.6	Periode.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.7	<i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	Error! Bookmark not defined.
2.3.8	Analisis <i>Envelope</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.9	Data Akuisisi	Error! Bookmark not defined.
2.3.10	<i>Accelerometer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.11	Fenomena <i>Aliasing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.12	Amplitudo Modulasi (AM)	Error! Bookmark not defined.
BAB III		Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1	Skema Alat Uji Kerusakan Bantalan	Error! Bookmark not defined.
3.2	Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Alat dan Bahan Pembuatan	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Tempat dan Waktu Pemasangan	Error! Bookmark not defined.
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.5	Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.6	Alur pengambilan data	Error! Bookmark not defined.
3.7	Tempat dan Waktu Pengujian	Error! Bookmark not defined.

3.8	Tahap Analisis data	Error! Bookmark not defined.
3.9	Struktur Data	Error! Bookmark not defined.
BAB IV		Error! Bookmark not defined.
HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Sinyal Getaran pada Kondisi Normal.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Plot Domain Waktu.....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Hasil Analisis Spektrum dan Analisis <i>Envelope</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.		
4.3.1	Hasil Plot Spektrum Normal dan Plot Spektrum Cacat	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.		
4.3.2	Hasil Plot <i>Envelope</i> Normal dan Spektrum <i>Envelope</i> Cacat ...	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.		
4.4	Perbandingan Grafik Domain Frekuensi (Spektrum) dan Grafik Spektrum <i>Envelope</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....		Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN DAN SARAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
5.2	SARAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN.....		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Turbin Angin Sumbu Horizontal.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (a) Savonius Rotor, (b) Darrieus Rotor, (c) H Rotor**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Komponen Turbin Angin**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Elemen Bantalan Gelinding**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Sket Bantalan Bola Gelinding**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 Seri Bantalan Gelinding NTN**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 Nomor Seri Bantalan Bola**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 *Double row self aligning ball bearings***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Kerusakan Lokal pada Lintasan Luar**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Kerusakan Lokal pada Lintasan Dalam**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 Kerusakan pada bola**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 Gelombang sinyal sinus domain waktu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 Gelombang sinyal domain frekuensi**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 Bentuk dari ukuran amplitudo.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 Grafik Periode**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 Transformasi *Fourier***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 Sinyal *Envelope***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18 Skema *Envelope***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19 Komponen DAQ System.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 20 Komponen *Accelerometer*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 21 Sensivitas *Accelerometer***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 22 Sensivitas Transfer**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 23 Sampling Frekuensi.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 24 Fenomena <i>Aliasing</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 25 Amplitudo Modulasi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 26 Bentuk Sinyal <i>Side Band</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Skema alat uji bantalan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Alat Pembuatan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Bahan Pembuatan Turbin Angin	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 (a) Bantalan kondisi normal, (b) Bantalan bola cacat pada elemen bola	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 5 Roda gigi lurus	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 6 Tachometer.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 7 Laptop.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8 Tampilan (a) Software MATLAB R2016a, (b) Software NI cDAQ- 9174.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 9 Peralatan data akuisisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 10 Accelerometer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 11 Kabel connector.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 12 Modul DAQ.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 13 Chassis modul DAQ.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 14 Kabel USB	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 15 Kabel power	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 16 Diagram alir penelitian secara umum	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 3. 17 Diagram alir proses pengambilan data	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 3. 18 Diagram Alir Tahap Analisis Data..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 19 Skema pada struktur data	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 1(a) bantalan normal pada kecepatan poros 1200 RPM dan bantalan cacat elemen bola pada kecepatan poros 1200 RPM.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 (a) Spektrum frekuensi bantalan normal pada kecepatan poros 1200 RPM, (b) Spektrum frekuensi bantalan cacat elemen bola pada kecepatan poros 1200 RPM**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 (a) spektrum envelope bantalan normal pada kecepatan poros 1200 RPM, (b) spektrum *envelope* bantalan cacat elemen bola pada kecepatan poros 1200 RPM**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 (a) spektrum frekuensi bantalan normal, (b) Grafik spektrum *envelope* bantalan cacat elemen bola.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Dimensi komponen bantalan bola.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Frekuensi cacat elemen bola pada bantalan**Error! Bookmark not defined.**

INTISARI

Turbin angin merupakan mesin konversi energi angin menjadi energi listrik, namun turbin angin membutuhkan kerja yang optimal maka diperlukan adanya perawatan. Salah satu komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan adalah bantalan. Bantalan yang rusak akan berdampak pada penurunan kinerja dari kincir angin. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi rusak bantalan pada kincir angin. Oleh karena itu diperlukan deteksi dini dari kerusakan bantalan bola pada turbin angin menggunakan metode analisis spektrum dan analisis spektrum *envelope*.

Penelitian ini menggunakan bantalan kondisi normal dan bantalan kondisi cacat pada elemen bola menggunakan metode analisis getaran dengan analisis spektrum dan analisis *envelope*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan motor penggerak sebagai simulasi angin dengan kecepatan poros 1200 RPM. Bantalan yang digunakan adalah *Self Aligning Double Row*, Merk TAM, Seri 1208K. Elemen bola dibuat cacat (dirusak) dengan menggunakan mesin EDM dengan kedalaman 2 mm dan lebar 0,7 mm.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa analisis spektrum *envelope* mempunyai kelebihan dalam mendeteksi cacat bantalan dari pada analisis spektrum khususnya untuk komponen bantalan yang mempunyai dampak atau energi yang relatif kecil. Analisis *envelope* mampu memunculkan amplitudo frekuensi cacat bantalan elemen bola yang tertutup atau terbenam pada analisis spektrum. Pada bantalan cacat elemen bola menghasilkan frekuensi dengan amplitudo dominan pada daerah 1xBSF, 2xBSF dan 3xBSF.

Kata kunci: turbin angin, cacat bantalan dan sinyal getaran