

SKRIPSI

IDENTIFIKASI CACAT RODA GIGI PADA PROTOTIPE *FAN* INDUSTRI MENGGUNAKAN ANALISIS SPEKTRUM DAN *CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM*

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

AGUS ARIANTO

20150130217

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Agus Arianto
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130217
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Identifikasi Cacat Roda Gigi Pada Prototipe *Fan* Industri Menggunakan Analisis Spektrum dan Continuous Wavelet Transform

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya didalam naskah dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 19 Oktober 2019



Agus Arianto
20150130217

MOTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kelapangan yakni kemudahan”

(QS al-Insyirah: 5)

“Sukses adalah saat persiapan dan kesempatan bertemu”

(Bobby Unser)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya sederhanaku ini untuk orang yang sangat kucintai dan kusayangi Ibunda dan Ayahanda Tercinta

*Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga, Kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu **Winarti** dan Bapak **Wardoyo** yang selalu memberikan dukungan morel dan meteriel, yang selalu memanjatkan do'a dan cinta kasih untuk putramu ini yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selebar kertas persembahan ini.*

Semoga ini menjadi langkah awal putramu untuk membuat Ibu dan Bapak bahagia. Karena kusadar selama ini belum bisa berbuat apa yang kalian inginkan. Mungkin tak dapat ku berucap, namun hati ini selalu bicara, bahwa aku sangat menyayangi kalian.

*Teruntuk Nenek dan Kakekku, terima kasih telah menjadi orangtua kedua untukku. Bayi kecil yang dulu engkau timang-timbang kini sudah besar seperti saat ini. Teruntuk Kakekku **Supawi** (Almarhum) yang meninggal 3 bulan lalu semoga kakek diberikan tempat terindah disisi Allah SWT.*

Inginku engkau hadir disaat ku meraih gelar sarjana ini, namun mungkin Allah memiliki kehendak lain.

*Teruntuk Adik-Adik Kecilku, Adinda **Gita** dan **Irul** yang sangat kucintai, terima kasih atas canda tawa yang kalian berikan kepadaku sebagai bahan hiburan dan semangat untukku dalam menyelesaikan karya ini. Semoga ini menjadi langkah kecil kakak untuk membahagiakan kalian.*

Do'akan kakak ya.

*Terimakasih juga untuk wanita spesial yang selalu memberikan support, mengorbankan waktu dan pikiran untuku. Adinda **Kurnia Dhita Ningtyas***

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahrabbi'l'amin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia, pertolongan, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul “**IDENTIFIKASI CACAT RODA GIGI PADA PROTOTIPE FAN INDUSTRI MENGGUNAKAN ANALISIS SPEKTRUM DAN CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM**”. Metode *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dinilai lebih baik digunakan pada prototipe *fan* industri karena beban kerja pada *fan* yang berubah-ubah menyebabkan sinyal menjadi tidak stasioner dan tidak periodik. Pada plot *CWT* ditampilkan informasi mengenai nilai waktu dan frekuensi yang tidak dapat ditampilkan pada plot domain frekuensi (spektrum).

Penelitian ini dilakukan pada pasangan roda gigi *spur gear* dengan cacat yang terjadi pada *gear*. Jenis cacat yang diteliti merupakan cacat *pitting* pada satu mata gigi (cacat level 1) dan cacat satu mata gigi hilang (cacat level 2). Teknik analisis yang digunakan adalah analisis berbasis sinyal getaran dengan metode spektrum dan *CWT*. Proses *TSA* ditambahkan untuk mereduksi sinyal yang tidak sinkron terhadap frekuensi putar poros *gear*.

Hasil dari penelitian yang dilakukan, metode analisis *CWT* berhasil digunakan untuk mengidentifikasi cacat roda gigi pada prototipe *fan* industri. Metode *TSA* membuat hasil analisis *CWT* lebih baik dan terlihat nyata dengan berkurangnya efek *noise*. Seiring bertambahnya level cacat ditunjukkan peningkatan nilai amplitudo *GMF* pada plot *CWT*. Pada kondisi cacat level 1, amplitudo *GMF* naik 2,5 kali terhadap kondisi normal. Sedangkan pada kondisi cacat level 2, amplitudo *GMF* naik 4 kali terhadap kondisi normal dan 1,5 kali terhadap kondisi cacat level 1.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk masyarakat umum dan mahasiswa. Penulis juga menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga dibutuhkan kritik serta saran yang bersifat membangun.

Yogyakarta, 21 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
INTISARI.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Landasan Teori	7

2.2.1. <i>Fan</i> atau Kipas.....	7
2.2.2. Roda Gigi	8
2.2.3. Frekuensi Pada Pasangan Roda Gigi	11
2.2.4. <i>Maintenance</i>	14
2.2.5. <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i>	15
2.2.6. Teori Getaran.....	16
2.2.7. Karakteristik Getaran.....	17
2.2.8. Metode Analisis Getaran.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1. Skema Penelitian.....	24
3.2. Skema Alat Uji	26
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1. Roda Gigi Lurus (<i>Spur Gear</i>)	27
3.3.2. <i>Fan</i>	28
3.3.3. Motor Listrik	29
3.3.4. Sistem Transmisi Daya	29
3.3.5. Peralatan Data Akuisisi.....	30
3.4. Prosedur Penelitian	34
3.5. Skema Pengolahan Data.....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Data Penelitian.....	37
4.2. Plot Domain Waktu.....	38
4.3. Plot Domain Frekuensi.....	40
4.4. Plot <i>Spectrogram Continuous Wavelet Transform (CWT)</i>	43
4.5. Plot Domain Waktu Setelah <i>TSA</i>	45

4.6. Plot Domain Frekuensi Setelah <i>TSA</i>	47
4.7. Plot <i>Spectrogram Continuous Wavelet Transform (CWT)</i> Setelah <i>TSA</i>	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran.....	53
UCAPAN TERIMA KASIH	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fan</i> Aksial	8
Gambar 2. 2 <i>Fan</i> Sentrifugal	8
Gambar 2. 3 <i>Spur Gear</i>	9
Gambar 2. 4 <i>Helical Gear</i>	9
Gambar 2. 5 <i>Bevel Gear</i>	10
Gambar 2. 6 <i>Worm Gear</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Rack Gear</i>	11
Gambar 2. 8 <i>GMF Sidebands</i>	12
Gambar 2. 9 Prinsip Getaran	17
Gambar 2. 10 Amplitudo Gelombang	17
Gambar 2. 11 Siklus gelombang frekuensi	18
Gambar 2. 12 Beda fasa pada 2 gelombang sinusoidal	18
Gambar 2. 13 Harmonik	19
Gambar 2. 14 Konsep <i>TSA</i>	20
Gambar 2. 15 Proses transmisi sinyal getaran domain waktu ke domain frekuensi	21
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	24
Gambar 3. 2 Skema Alat Uji	26
Gambar 3. 3 (a) Roda Gigi Normal, (b) Roda Gigi Cacat Sebagian, (c) Roda Gigi Cacat Penuh	27
Gambar 3. 4 <i>Fan</i>	28
Gambar 3. 5 Kontruksi motor listrik	29
Gambar 3. 6 Spesifikasi Motor Listrik	29
Gambar 3. 7 Sistem Transmisi Daya	30
Gambar 3. 8 <i>Board</i> Arduino Uno R3	31
Gambar 3. 9 <i>Casing</i> dan Modul DAQ	32
Gambar 3. 10 Digital Tachometer	32

Gambar 3. 11 Kabel Konektor. (a) Kabel Coaxial BNC (b) USB Type B to A. (c) Kabel Power Modul DAQ.....	33
Gambar 3. 12 Laptop	34
Gambar 3. 13 <i>Software</i> MATLAB	34
Gambar 3. 14 Skema Pengolahan Data.....	35
Gambar 4. 1 Plot Domain Waktu. (a) Kondisi Normal (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.....	39
Gambar 4. 2 Plot Domain Frekuensi. (a) Kondisi Normal. (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.....	41
Gambar 4. 3 Plot <i>Spectrogram</i> CWT. (a) Kondisi Normal. (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.....	43
Gambar 4. 4 Plot Domain Waktu Setelah <i>TSA</i> . (a) Kondisi Normal. (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.	46
Gambar 4. 5 Plot Domain Frekuensi Setelah <i>TSA</i> . (a) Kondisi Normal. (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.	48
Gambar 4. 6 Plot <i>Spectrogram</i> CWT Setelah <i>TSA</i> . (a) Kondisi Normal. (b) Kondisi Cacat Level 1. (c) Kondisi Cacat Level 2.	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Ukuran Pasangan Roda Gigi <i>Spur Gear</i>	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Sensor Accelerometer	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi Sensor Proximity	31
Tabel 4. 1 Hasil perhitungan paramater frekuensi pasangan roda gigi.....	38
Tabel 4. 2 Nilai Frekuensi Tiga Kondisi Roda Gigi.....	41
Tabel 4. 3 Nilai Frekuensi Roda Gigi Setelah <i>TSA</i>	48

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 <i>Gear Rotational Frequency (fg)</i>	11
Persamaan 2. 2 <i>Pinion Rotational Frequency (fp)</i>	12
Persamaan 2. 3 <i>Gear Mesh Frequency (GMF)</i>	12
Persamaan 2. 4 <i>Hunting Tooth Frequency (HTF)</i>	13
Persamaan 2. 5 <i>Gear Assembly Phase Frequency (GAPF)</i>	13
Persamaan 2. 6 <i>Fungsi Wavelet Transform</i>	22
Persamaan 2. 7 <i>Continuous Wavelet Transform (CWT)</i>	22
Persamaan 2. 8 <i>Hubungan antara skala dan frekuensi</i>	22
Persamaan 2. 9 <i>Morlet Wavelet Transform</i>	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Script</i> akuisisi data	57
Lampiran 2. <i>Script</i> pemrosesan kondisi normal	59
Lampiran 3. <i>Script</i> pemrosesan kondisi cacat level 1	66
Lampiran 4. <i>Script</i> pemrosesan kondisi cacat level 2.....	73

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CWT : *Continuous Wavelet Transform*

TSA : *Time Synchronous Averaging*

FFT : *Fast Fourier Transform*

CBM : *Condition Based Maintenance*

mV : Millivolt

Hz : Hertz

rpm : *Rotation Per Minute*

fg : Frekuensi putar *gear* (Hz)

fp : Frekuensi putar *pinion* (Hz)

GMF : *Gear Mesh Frequency* (Hz)

Rg : *Gear Speed* (rpm)

Rp : *Pinion Speed* (rpm)

Ng : Jumlah gigi *gear*

Np : Jumlah gigi *pinion*

Na : *Number of Phases assembly*