

SKRIPSI
DETEKSI CACAT RODA GIGI PADA SISTEM TRANSMISI *FAN*
INDUSTRI MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)*

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun oleh:

KURNIAWAN BUDI WICAKSONO

20150130154

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : Kurniawan Budi Wicaksono
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130154
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Deteksi Cacat Roda Gigi Pada Sistem Transmisi *Fan* Industri Menggunakan *Support Vector Machine* (SVM)

Dengan ini saya menyatakan sesungguhnya tugas akhir ini bagian dari penelitian dosen pembimbing Berli Paripurna Kamei, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., dan tidak ada karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada karya yang pernah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang tertulis dan disebutkan dalam sumber naskah dan dalam daftar pustaka. Semua publikasi dari penelitian ini harus mendapat ijin dari dosen yang bersangkutan.

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, 5 Oktober 2019



Kurniawan Budi Wicaksono

20150130154

MOTTO

“Hakikat hidup bukanlah apa yang kita ketahui, bukan buku-buku yang kita baca atau kalimat-kalimat yang kita pidatokan, melainkan apa yang kita kerjakan, apa yang paling mengakar di hati, jiwa dan inti kehidupan kita”
(Emha Ainun Nadjib)

“Membangun sebuah bangsa adalah membangun sebuah peradaban”
(Munir)

“Jadi orang harus tau sebab-akibat dari sebuah perkara, jangan jadi orang yang ikut-ikutan tanpa tahu apa tujuannya”
(Ahmad Arif Budiman)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang...

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk

Ayahanda Daryadi terimakasih atas limpahan kasih sayang semasa hidupnya dan memberikan rasa rindu yang berarti.

Bunda Purwanti terimakasih atas limpahan do'a dan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan yang terbaik.

Adik tercinta Annisa Kurniasari atas semangat serta supportnya yang selalu menggema dan menghiasi dinding-dinding rumah.

Rekan seperjuangan Tugas Akhir Ari, Wildan, Irawan, Jack, Agus terimakasih atas dukungan moril dan materilnya, curahan hatinya, dan kerjasama yang baik.

Kalian adalah rekan seperjuangan saya dalam penelitian ini.

Teman-teman Teknik Mesin D 2015 senasib, seperjuangan dan sepenanggungan, terimakasih atas gelak tawa dan solidaritas yang luar biasa sehingga membuat hari-hari semasa kuliah lebih berarti. semoga tak ada lagi duka nestapa di dada tapi suka dan bahagia juga tawa dan canda.

Semoga Allah SWT membalas jasa budi kalian dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala hal, aaminn.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayat-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Tak lupa sholawat serta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, serta para sahabatnya, kepada ummatnya hingga akhir zaman. Semoga kita termasuk ummat yang mendapat syafa'atnya, Amin.

Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di Jurusan Teknik Mesin Strata-1 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan judul yang diajukan oleh penulis adalah **“DETEKSI CACAT RODA GIGI PADA SISTEM TRANSMISI *FAN* INDUSTRI MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)*”**. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mendeteksi kerusakan roda gigi pada kipas yang digunakan pada dunia industri, mengklasifikasikan beberapa tingkat kerusakannya ke dalam beberapa kelas menggunakan metode SVM.

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

Yogyakarta, 5 Oktober 2019

Penulis

Kurniawan Budi Wicaksono

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 <i>Fan</i> atau Kipas	8
2.2.2 Transmisi.....	10
2.2.3 Roda Gigi	12
2.2.4 Maintenance.....	14

2.2.5	Condition Based Maintenance (CBM).....	14
2.2.6	Pengertian Getaran.....	16
2.2.7	Karakteristik Getaran.....	17
2.2.8	Analisa Vibrasi.....	19
2.2.9	Sinyal Getaran.....	20
2.2.10	Analisa Spektrum (<i>Frequency Domain</i>).....	21
2.2.11	<i>Time Synchronous Averaging (TSA)</i>	22
2.2.12	Pencocokan Pola (<i>Pattern Recognition</i>).....	23
2.2.13	<i>Support Vector Machine (SVM)</i>	23
2.2.14	<i>Kernel Function</i>	25
2.2.15	Parameter Statistik Domain Waktu.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Prototipe <i>Fan</i> Industri.....	30
3.2	Metode Penelitian.....	31
3.3	Bahan Penelitian.....	33
3.4	Alat Yang Digunakan.....	34
3.5	Prosedur Penelitian.....	39
3.6	Pengaturan Akuisi Data Sinyal <i>Vibrasi</i>	40
3.7	Pengolahan Hasil Data Akuisisi.....	40
3.8	Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Hasil Akuisisi Data Sinyal <i>Vibrasi</i>	43
4.2	Hasil Ekstaksi Parameter Statistik Domain Waktu.....	44
4.3	Hasil Seleksi Parameter Statistik Domain Waktu.....	50
4.4	Klasifikasi <i>Binary SVM</i>	53
4.4.1	Hasil Klasifikasi Kondisi Normal dan Kondisi Cacat 1.....	53
4.4.2	Hasil Klasifikasi Kondisi Normal dan Kondisi Cacat 2.....	55
4.4.3	Hasil Klasifikasi Kondisi Normal dan Kondisi Cacat 1 setelah <i>TSA</i>	56
4.4.4	Hasil Klasifikasi Kondisi Normal dan Kondisi Cacat 2 setelah <i>TSA</i>	57

4.4.5	Performa Hasil Klasifikasi <i>Binary SVM</i>	58
4.5	Klasifikasi <i>Multi Class SVM</i>	59
4.5.1	Klasifikasi <i>Multi Class SVM</i> data tanpa <i>TSA</i>	59
4.5.2	Klasifikasi <i>Multi Class SVM</i> data setelah <i>TSA</i>	61
BAB V PENUTUP		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	64
UCAPAN TERIMAKASIH		65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fan</i> Aksial	9
Gambar 2.2 <i>Fan</i> Sentrifugal.....	10
Gambar 2.3 Transmisi gearbox	10
Gambar 2.4 Transmisi V-Belt	11
Gambar 2.5 Transmisi Sprocket.....	11
Gambar 2.6 Jenis roda gigi <i>Spur Gear</i>	12
Gambar 2.7 Jenis roda gigi <i>Helix Gear</i>	12
Gambar 2.8 Jenis roda gigi <i>Bevel Gear</i>	13
Gambar 2.9 Jenis roda gigi <i>Worm Gear</i>	13
Gambar 2.10 Jenis roda gigi <i>Pinion Gear</i>	14
Gambar 2.11 Getaran pegas	17
Gambar 2.12 Amplitudo getaran.....	18
Gambar 2.13 Harmonik.....	19
Gambar 2.14 Metode analisa sinyal <i>vibrasi</i> berbasis domain waktu	21
Gambar 2.15 <i>Time Synchronous Averaging (TSA)</i>	22
Gambar 2.16 Penentuan hyperplane terbaik yang memisahkan kedua kelas.....	24
Gambar 3.1 (a) Prototipe <i>Fan</i> Industri, (b) Skema alat uji	31
Gambar 3.2 Diagram alir metode penelitian	32
Gambar 3.3 Roda gigi normal.....	34
Gambar 3.4 Rusak satu buah gigi sebagian ($\frac{1}{2}$ diameter 1,5mm).....	34
Gambar 3.5 Rusak satu buah gigi keseluruhan	34
Gambar 3.6 Konstruksi motor.....	35
Gambar 3.7 Konstruksi motor.....	35
Gambar 3.8 Sensor <i>proximity</i>	35
Gambar 3.9 Arduino UNO	36
Gambar 3.10 Peralatan akuisisi data	36
Gambar 3.11 Sensor <i>accelerometer</i>	37
Gambar 3.12 Kabel <i>connector</i>	37
Gambar 3.13 Modul DAQ.....	38

Gambar 3.14 Kabel USB.....	38
Gambar 3.15 Kabel power	38
Gambar 3.16 Laptop dan <i>Software</i> MATLAB.....	39
Gambar 3.17 Skema pengambilan data tiap kondisi variasi	40
Gambar 3.18 Diagram alir pengolahan hasil data akuisisi.....	41
Gambar 4.1 Roda Gigi tanpa <i>TSA</i>	43
Gambar 4.2 Roda Gigi setelah <i>TSA</i>	44
Gambar 4.3 Karakteristik parameter statistik, (a) <i>Kurtosis</i> , (b) <i>Skewness</i> , (c) <i>Variance</i> , (d) <i>Mean</i> , (e) <i>RMS</i> , (f) <i>Crest Factor</i> , (g) <i>Peak Value</i>	48
Gambar 4.4 Karakteristik parameter statistik, (a) <i>Standard Deviation</i> , (b) <i>Maximum</i> , (c) <i>Median</i> , (d) <i>Entropy</i> , (e) <i>Minimum</i>	50
Gambar 4.5 Grafik <i>Ranked</i> (a) Data tanpa <i>TSA</i> dan (b) Data setelah <i>TSA</i>	51
Gambar 4.6 (a) <i>Training</i> data Normal dan Cacat 1, (b) <i>Tesing</i> data.....	54
Gambar 4.7 (a) <i>Training</i> data Normal dan Cacat 2, (b) <i>Testing</i> data.....	55
Gambar 4.8 (a) <i>Training</i> data Normal dan Cacat 1, (b) <i>Testing</i> Data.....	57
Gambar 4.9 (a) <i>Training</i> data Normal dan Cacat 2, (b) <i>Testing</i> Data.....	58
Gambar 4.10 Model <i>Training Multiclass SVM</i>	60
Gambar 4.11 Model <i>Testing Multiclass SVM</i>	60
Gambar 4.12 <i>Confusion Matrix Multiclass SVM</i>	61
Gambar 4.13 Model <i>Training Multiclass SVM</i>	62
Gambar 4.14 Model <i>Testing Multiclass SVM</i>	62
Gambar 4.15 <i>Confusion Matrix Multiclass SVM</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggunaan parameter statistik domain waktu	8
Tabel 4.1 Penggunaan parameter statistik domain waktu	45
Tabel 4.2 Hasil seleksi parameter statistik tanpa <i>TSA</i>	52
Tabel 4.3 Hasil seleksi parameter statistik setelah <i>TSA</i>	52
Tabel 4.4 Hasil Klasifikasi Binary <i>SVM</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Script MATLAB Data Akuisisi	69
Lampiran 2. Script MATLAB <i>Time Synchronous Averaging</i>	70
Lampiran 3. Script MATLAB Plot Domain Waktu.....	71
Lampiran 4. Script MATLAB Esktraksi Parameter Statistik Domain Waktu	72
Lampiran 5. Script MATLAB Seleksi Parameter Statistik	82
Lampiran 6. Script MATLAB Klasifikasi <i>Binary SVM</i>	83
Lampiran 7. Script MATLAB Klasifikasi <i>Multi-Class SVM</i>	84

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\sum_{i=1}^n x_i$	= Jumlah seluruh nilai data
P_j	= Probabilitas yang di dapat dari sum (Ya) dibagi total kasus
x_i	= Nilai x ke- i
x_j	= Kolom data
X_{max}	= Nilai maksimum
\bar{x}	= Rata - rata
k	= Banyaknya partisi S
Me	= Median
n	= Jumlah seluruh frekuensi
N	= Ukuran sampel
S	= Himpunan (dataset) kasus
X	= Datum ke-
x	= Vector dalam ruang input
σ	= Standar Deviasi