

**APLIKASI *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM) BERBASIS
SINYAL GETARAN UNTUK MENDIAGNOSIS KERUSAKAN
BANTALAN GELINDING**

SKRIPSI

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

AFRIAN DWI LUTHFIANTO

20180130134

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Afrian Dwi Luthfianto

Nomor Mahasiswa : 20180130134

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya 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 diacu ataupun disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 10 Juni 2022



(Afrian Dwi Luthfianto)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan agar mereka beribadah kepada-Ku”

-Q.S. Az-Zariyat : 56-

“Apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

-Umar bin Khattab-

“Ada hal-hal di bawah kendali (tergantung pada) kita, ada hal-hal yang tidak di bawah kendali (tidak tergantung pada) kita”

-Epictetus-

Persembahan :

Skripsi ini saya niatkan sebagai bagian dari ibadahku kepada Allah SWT. Semoga Allah meridhoi perjuanganku dalam menyelesaikan skripsi ini dan semoga lelahnya menjadi lillah dan berkah. Sekaligus saya ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada : Bapak Rohmadi dan Ibu Siti Masrifah yang selalu memberikan motivasi dan inspirasi dalam hidupku, serta kakak Septiyani Roifatun yang selalu memberikan dukungan dalam langkahku.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, kenikmatan dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Alhamdulillahirobbil'alamin penulis telah menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**Aplikasi *Support Vector Machine* (SVM) Berbasis Sinyal Getaran Untuk Mendiagnosis Kerusakan Bantalan Gelinding**". Tugas akhir ini berisi tentang metode diagnosis kerusakan bantalan gelinding menggunakan metode pendekatan *machine learning* dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM).

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang menjadi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana dan sebagai bukti bahwa penulis telah menyelesaikan kuliah jenjang Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih ada kekurangan dan masih jauh dari bentuk sempurna, seperti pepatah yang mengatakan "Tiada gading yang tak retak". Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan memotivasi dari semua pihak untuk memperbaiki tugas akhir ini agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

Yogyakarta, 10 Juni 2022

Penulis



(Afrian Dwi Luthfianto)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I 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 II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Bantalan (<i>Bearing</i>)	7
2.2.2 Bantalan Gelinding (<i>Roller Bearing</i>)	9
2.2.3 Kerusakan Bantalan	10
2.2.4 <i>Maintenance</i>	11
2.2.5 <i>Condition Based Monitoring (CBM)</i>	12
2.2.6 Getaran	13
2.2.7 Analisis Sinyal Getaran	14
2.2.8 Sensor Getaran	15
2.2.9 Sistem Akuisisi Data atau <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	17
2.2.10 <i>Machine Learning</i>	18

2.2.11	<i>Support Vector Machine (SVM)</i>	20
2.2.12	Parameter Statistik	24
2.2.13	Parameter Statistik Domain Waktu.....	24
2.2.14	Parameter Statistik Domain Frekuensi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Alat dan Bahan	28
3.1.1	Alat.....	28
3.1.2	Bahan.....	32
3.2	Pelaksanaan Penelitian	34
3.2.1	Diagram Alir	34
3.2.2	Persiapan Alat Uji Simulasi	36
3.2.3	Pengambilan Data	36
3.2.4	Pengolahan Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Pembentukan Model <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	40
4.1.1	Hasil Akuisisi Data	40
4.1.2	Analisis Hasil Ekstraksi Parameter Statistik	42
4.1.3	Model SVM.....	47
4.2	Analisis Hasil Akurasi Model Uji <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	51
4.2.1	Model Uji SVM Parameter Statistik Domain Waktu.....	51
4.2.2	Model Uji SVM Parameter Statistik Domain Frekuensi.....	53
BAB V PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran	58
5.3	Ucapan Terima Kasih	58
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bantalan axial dan radial (https://www.SKF.com)	8
Gambar 2.2 Bantalan luncur (https://www.SKF.com).....	8
Gambar 2.3 Bantalan gelinding (https://www.SKF.com).....	9
Gambar 2.4 Komponen bantalan (https://www.SKF.com).....	10
Gambar 2.5 (a) Cacat lintasan dalam, (b) cacat lintasan luar, (c) cacat sangkar, (d) cacat <i>rolling element</i> (https://www.SKF.com).....	11
Gambar 2.6 Getaran pada sistem pegas-massa sederhana (Scheffer & Girdhar, 2004)...	13
Gambar 2.7 Amplitudo, periode, frekuensi pada getaran (Scheffer & Girdhar, 2004)....	14
Gambar 2.8 Domain waktu (Kamiel, 2019).....	15
Gambar 2.9 Domain Frekuensi (Kamiel, 2019).....	15
Gambar 2.10 <i>Cross-section piezoelectric accelerometer</i> (Correa & Guzman, 2020)	16
Gambar 2.11 Klasifikasi <i>Machine Learning</i> (https://www.Mathworks.com)	19
Gambar 2.12 Bentuk pembatas untuk data satu dimensi (Kowalczyk, 2017).....	20
Gambar 2.13 Bentuk pembatas untuk data dua dimensi (Kowalczyk, 2017)	20
Gambar 2.14 Perbandingan jarak <i>margin A</i> dan <i>margin B</i> (Kowalczyk, 2017).....	21
Gambar 2.15 Model <i>Support Vector Machine</i> (Putra, 2019).....	21
Gambar 2.16 <i>Polynomial kernel</i> dengan nilai derajat = 2 (Kowalczyk, 2017).....	23
Gambar 2.17 <i>Polynomial kernel</i> dengan nilai derajat = 1 (Kowalczyk, 2017).....	23
Gambar 2.18 <i>RBF kernel</i> dengan nilai $\gamma = 0.1$ (Kowalczyk, 2017)	24
Gambar 2.19 <i>RBF kernel</i> dengan nilai $\gamma = 1e-5$ (Kowalczyk, 2017).....	24
Gambar 3.1 Alat uji simulasi	28
Gambar 3.2 Modul NI 9234.....	28
Gambar 3.3 <i>Chasis NI compact DAQ-9174</i>	29
Gambar 3.4 Kabel USB	29
Gambar 3.5 <i>Accelerometer</i>	30
Gambar 3.6 Kabel <i>connector accelerometer</i>	30
Gambar 3.7 <i>Tachometer digital</i>	30
Gambar 3.8 <i>Software Matlab 2021a</i>	31
Gambar 3.9 <i>Software NI MAX</i>	31
Gambar 3.10 Fan.....	32
Gambar 3.11 Poros (<i>shaft</i>)	32

Gambar 3.12 Bantalan (<i>bearing</i>)	32
Gambar 3.13 <i>Belt</i>	33
Gambar 3.14 <i>Pulley</i>	33
Gambar 3.15 Motor listrik	33
Gambar 3.16 Diagram alir	34
Gambar 3.17 Skema <i>test-rig</i>	37
Gambar 4.1 (a) Bantalan normal, (b) Bantalan cacat lintasan dalam, (c) Bantalan cacat lintasan luar	40
Gambar 4.2 Plot sinyal getaran pada domain waktu.....	41
Gambar 4.3 Plot sinyal getaran pada domain frekuensi.....	41
Gambar 4.4 <i>Scatter plot</i> data ekstraksi dari sembilan parameter statistik domain waktu. Data warna biru menunjukkan kelas bantalan normal, cacat lintasan dalam (hijau) dan cacat lintasan luar (merah)	45
Gambar 4.5 <i>Scatter plot</i> data ekstraksi dari lima parameter statistik domain frekuensi. Data warna biru menunjukkan kelas bantalan normal, cacat lintasan dalam (hijau) dan cacat lintasan luar (merah)	46
Gambar 4.6 <i>Confusion matrix</i> model latih SVM kasus 1 dengan parameter statistik domain waktu.....	48
Gambar 4.7 <i>Confusion matrix</i> model latih SVM kasus 2 dengan parameter statistik domain waktu.....	48
Gambar 4.8 <i>Confusion matrix</i> model latih SVM kasus 1 dengan parameter statistik domain frekuensi.....	50
Gambar 4.9 <i>Confusion matrix</i> model latih SVM kasus 2 dengan parameter statistik domain frekuensi.....	50
Gambar 4.10 <i>Confusion matrix</i> model uji SVM kasus 1 dengan parameter statistik domain waktu.....	51
Gambar 4.11 <i>Confusion matrix</i> model uji SVM kasus 2 dengan parameter statistik domain waktu.....	52
Gambar 4.12 <i>Confusion matrix</i> model uji SVM kasus 1 dengan parameter statistik domain frekuensi.....	54
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix</i> model uji SVM kasus 2 dengan parameter statistik domain frekuensi.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Penggunaan parameter statistik domain waktu	43
Tabel 4.2 Hasil nilai akurasi model latih <i>Support Vector Machine (SVM)</i> domain waktu berdasarkan fungsi kernel	47
Tabel 4.3 Hasil nilai akurasi model latih <i>Support Vector Machine (SVM)</i> domain frekuensi berdasarkan fungsi kernel	49
Tabel 4.4 Hasil nilai akurasi model uji <i>Support Vector Machine (SVM)</i> domain waktu berdasarkan fungsi kernel	52
Tabel 4.5 Hasil nilai akurasi model uji <i>Support Vector Machine (SVM)</i> domain frekuensi berdasarkan fungsi kernel	55
Tabel 4.6 Hasil beberapa penelitian sebelumnya.....	56

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CBM	=	<i>Condition Based Monitoring</i>
DAQ	=	<i>Data Acquisition System</i>
F	=	Gaya eksternal
f	=	Frekuensi
FFT	=	<i>Fast Fourier Transform</i>
g	=	Percepatan gravitasi
Hz	=	<i>Hertz</i>
M	=	Massa
RPM	=	<i>Revolution Per Minute</i>
RBF	=	<i>Radial Basis Function</i>
SVM	=	<i>Support Vector Machine</i>
T	=	Periode

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Script matlab pengambilan data sinyal getaran	62
Lampiran 2 : Script matlab plot sinyal getaran domain waktu	62
Lampiran 3 : Script matlab ekstraksi parameter statistik domain waktu	63
Lampiran 4 : Script matlab scatter plot parameter statistik domain waktu	64
Lampiran 5 : Script matlan transformasi domain frekuensi dengan <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	65
Lampiran 6 : Script matlab plot sinyal getaran domain frekuensi	66
Lampiran 7 : Script matlab ekstraksi parameter statistik domain frekuensi	67
Lampiran 8 : Script matlab scatter plot parameter statistik domain frekuensi.....	68
Lampiran 9 : Script matlab partisi data.....	68
Lampiran 10 : Lembar pengesahan naskah publikasi	70