

SKRIPSI
DETEKSI KAVITASI MENGGUNAKAN *LINIER DISCRIMINANT*
***ANALYSIS* PADA POMPA SENTRIFUGAL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

YUSUF AHMAD

20160130163

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2020

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Yusuf Ahmad

NIM : 20160130163

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir saya adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam tugas akhir ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 Oktober 2020



(Yusuf Ahmad)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.” (QS. 94 : 5-6)

“Maka barang siapa yang mengerjakan kebaikan seberat zarah, niscaya dia akan melihat (balasan)nya.” (QS. 99 : 7)

PERSEMBAHAN

Untuk orang tua, ayahanda dan ibunda tercinta

Untuk adik tersayang

Dan untuk keluarga besar

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tanpa halangan apapun. Shalawat dan salam tak lupa penulis curahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita keluar dari zaman jahiliyah menuju zaman islamiyah.

Pada tugas akhir ini penulis melakukan penelitian dengan judul “DETEKSI KAVITASI MENGGUNAKAN *LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS* PADA POMPA SENTRIFUGAL”. Tugas akhir ini berisikan tentang penggunaan *classifier Linear Discriminant Analysis* untuk mendeteksi kavitasi pada pompa sentrifugal dan parameter yang paling berpengaruh terhadap tingkat akurasi dalam mengkasifikasi kavitasi.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan demikian, diperlukan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan penulisan tugas akhir dimasa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Wassalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, ... Oktober 2020

Penulis

(Yusuf Ahmad)

DAFTAR ISI

JUDUL SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
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	9
2.2.1 Pompa sentrifugal.....	9
2.2.2 Kavitasi	12
2.2.3 <i>Condition Based Maintenance (CBM)</i>	13
2.2.4 Getaran	14
2.2.5 Analisis getaran.....	16
2.2.6 <i>Machine learning</i>	22

2.2.7	<i>Linear Discriminant Analysis</i>	25
2.2.8	<i>Binomial coefficient</i>	29
BAB III	METODE PENELITIAN	30
3.1	Alat dan Bahan	30
3.2	Pelaksanaan Penelitian	36
3.2.1	Diagram alir	36
3.2.2	Persiapan pengujian	38
3.2.3	Pengambilan data	38
3.2.4	Pengolahan data	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	<i>Linear Discriminant Analysis</i>	41
4.1.1	Hasil akuisisi data	41
4.1.2	Hasil ekstraksi data	43
4.1.3	Pembentukan <i>Classifier</i> LDA	50
4.2	Analisis Parameter yang Berpengaruh	53
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip kerja pompa sentrifugal (Sularso & Tahara, 2000).....	9
Gambar 2.2	Komponen umum pompa sentrifugal (Kamiel, 2015).....	10
Gambar 2.3	<i>Casing</i> jenis (a) <i>volute</i> dan (b) <i>circular</i> (Sahdev, 2012)	11
Gambar 2.4	Konfigurasi <i>suction</i> dan <i>discharge nozzle</i> (Sahdev, 2012)	11
Gambar 2.5	Efek kavitasi pada <i>impeller</i> (Kamiel, 2015).....	12
Gambar 2.6	Getaran sederhana sistem massa-pegas (Scheffer & Gidhar, 2004)...	15
Gambar 2.7	<i>Plotting</i> sistem massa-pegas (Scheffer & Gidhar, 2004)	15
Gambar 2.8	<i>Accelerometer</i> (a) jenis kompresi (b) jenis geser (Randall, 2011) 17	
Gambar 2.9	Fenomena <i>aliasing</i> (Scheffer dan Gidhar, 2004)	18
Gambar 2.10	Model prediksi harga mobil (Theobald, 2017).....	23
Gambar 2.11	Contoh <i>clustering</i> (Putra, 2019)	24
Gambar 2.12	Visualisasi langkah perhitungan pada LDA (Tharwat et al., 2017) ...	26
Gambar 3.1	Alat uji simulasi kavitasi	30
Gambar 3.2	Pompa sentrifugal	30
Gambar 3.3	Kompresor vakum	31
Gambar 3.4	Pipa PVC	31
Gambar 3.5	Tangki vakum	32
Gambar 3.6	<i>Pressure gauge</i>	32
Gambar 3.7	<i>Flowmeter</i>	32
Gambar 3.8	Katup	33
Gambar 3.9	<i>Accelerometer</i>	33
Gambar 3.10	Modul data akuisisi.....	34
Gambar 3.11	<i>Chassis</i>	34
Gambar 3.12	Kabel <i>connector accelerometer</i>	34
Gambar 3.13	Laptop.....	35

Gambar 3.14	Diagram alir.....	37
Gambar 3.15	Ilustrasi peletakan komponen dan arah aliran air.....	40
Gambar 3.16	Proses perekaman data per variasi.....	40
Gambar 4.1	Visualisasi kondisi (a) normal, (b) kavitasi awal, (c) kavitasi menengah, (d) kavitasi lanjut	42
Gambar 4.2	<i>Plotting</i> data domain waktu ke-250.....	43
Gambar 4.3	<i>Box plot</i> parameter <i>mean</i>	45
Gambar 4.4	<i>Box plot</i> parameter RMS	45
Gambar 4.5	<i>Box plot</i> parameter standar deviasi.....	46
Gambar 4.6	<i>Box plot</i> parameter <i>kurtosis</i>	46
Gambar 4.7	<i>Box plot</i> parameter <i>skewness</i>	47
Gambar 4.8	<i>Box plot</i> parameter <i>crest factor</i>	47
Gambar 4.9	<i>Box plot</i> parameter <i>clearance factor</i>	48
Gambar 4.10	<i>Box plot</i> parameter <i>shape factor</i>	48
Gambar 4.11	<i>Box plot</i> parameter <i>variance</i>	49
Gambar 4.12	<i>Box plot</i> parameter <i>peak value</i>	49
Gambar 4.13	<i>Confusion matrix training model</i>	51
Gambar 4.14	<i>Confusion matrix testing</i>	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Akuisisi Data	42
Tabel 4.2	Daftar Parameter Penelitian Terdahulu	43
Tabel 4.3	Jumlah Data <i>Training</i>	50
Tabel 4.4	Jumlah Data <i>Testing</i>	51
Tabel 4.5	Hasil Akurasi Kombinasi 9 Parameter	53
Tabel 4.6	Hasil Akurasi Kombinasi 8 Parameter	54
Tabel 4.7	Hasil Akurasi Kombinasi 7 Parameter	55
Tabel 4.8	Hasil Akurasi Kombinasi 6 Parameter	56
Tabel 4.9	Hasil Akurasi Kombinasi 5 Parameter	56
Tabel 4.10	Hasil Akurasi Kombinasi 4 Parameter	57

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

LDA	: <i>Linear Discriminant Analysis</i>
FFT	: <i>Fast Fourier Transpose</i>
PDF	: <i>Probabilty Density Function</i>
RMS	: <i>Root Mean Square</i>
CBM	: <i>Condition Based Maintenance</i>
NPSHa	: <i>Net Positive Suction Head available</i>
NPSHr	: <i>Net Positive Suction Head required</i>
P_a	: Tekanan atmosfer (Pa)
P_v	: Tekanan uap jenuh (saturasi) (Pa)
h_s	: Head statis (m)
h_{ls}	: Rugi-rugi aliran (m)
X	: Simpangan (m)
X_0	: Maksimum simpangan (amplitudo) (m)
ω	: kecepatan sudut (rad/s)
t	: Waktu (detik)
N	: Jumlah elemen sinyal
x_i	: Nilai dari elemen sinyal
\bar{x}	: Rata-rata dari elemen sinyal
x_{RMS}	: Nilai RMS
σ_x	: Nilai standar deviasi
x_{KURT}	: Nilai <i>kurtosis</i>
x_{SK}	: Nilai <i>skewness</i>
x_{CF}	: Nilai <i>crest factor</i>
x_p	: Nilai <i>peak value</i>
x_{CLF}	: Nilai <i>clearance factor</i>
x_{SF}	: Nilai <i>shape factor</i>
x_{max}	: Nilai maksimal dari elemen sinyal

x_{min}	: Nilai minimum dari elemen sinyal
μ_i	: Rata-rata dari kelas-i
μ	: Rata-rata total keseluruhan kelas
S_B	: Varian antar kelas
S_W	: Varian dalam kelas
W	: Matriks transformasi LDA
λ	: Nilai eigen

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Script</i> Akuisisi Data Getaran	63
Lampiran 2	<i>Script Plotting</i> Akselerasi Getaran	64
Lampiran 3	<i>Script</i> Matlab Ekstraksi Parameter Statistik	65
Lampiran 4	<i>Script</i> Matlab Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i>	67
Lampiran 5	<i>Script</i> Matlab Kombinasi Parameter (<i>Binomial Coefficient</i>)	68
Lampiran 6	Kombinasi 9 Parameter	69
Lampiran 7	Kombinasi 8 Parameter	70
Lampiran 8	Kombinasi 7 Parameter	72
Lampiran 9	Kombinasi 6 Parameter	78
Lampiran 10	Kombinasi 5 Parameter	89
Lampiran 11	Kombinasi 4 Parameter	102