

SKRIPSI
DIAGNOSIS KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL MENGGUNAKAN
NAÏVE-BAYES CLASSIFIER

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

MUHAMMAD FIKRI IKNAR WIJAYA

20160130146

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2020

SURAT PERNYATAAN

Saya bertandatangan di bawah ini:

Nama : **Muhammad Fikri Iknar Wijaya**

Nomor Mahasiswa : **20160130146**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya adalah asli hasil karya saya sendiri 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 tertulis diacu ataupun disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, Oktober 2020



Muhammad Fikri Iknar Wijaya

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

-Q.S. Al-Baqarah 2: 286-

“Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah kami memohon pertolongan”

-Q.S. Al-Fatihah 1: Ayat 5-

“It always seems impossible until it’s done”

-Nelson Mandela-

“It’s not about how much we lost, it’s about how much we have left”

-Captain America-

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

Ibu saya (Ibu Ropikoh)

Bapak saya (Bapak Sunarta)

Kakak saya (Afika Iknar Wijaya Putri)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kita selalu diberikan kesehatan sampai saat ini. Shalawat dan salam kita curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah hingga Islamiyah. *Alhamdulillah rabbil 'alamin* saya dapat menyelesaikan **Skripsi: Diagnosis Kavitasi Pompa Sentrifugal Menggunakan Naïve-Bayes Classifier.**

Penelitian ini tentang penggunaan *naïve-bayes classifier* untuk deteksi kavitasi pada pompa sentrifugal. Serta pemilihan parameter yang berpengaruh pada tingkat akurasi dalam klasifikasi kavitasi. Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran guna membangun tugas akhir ini yang lebih baik di masa yang akan datang.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan digunakan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya saya mengucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Oktober 2020

Penyusun,

Muhammd Fikri Iknar Wijaya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT 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	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSATAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Pompa Sentrifugal	8
2.2.2 Kavitasi.....	10
2.2.3 <i>Maintenance</i>	11
2.2.4 Getaran	13
2.2.5 Data Akuisisi	14
2.2.6 Parameter Statistik Domain Waktu	15
2.2.7 <i>Machine Learning</i>	18

2.2.8	<i>Naïve Bayes Classifier</i>	22
2.2.9	Teori Binomial	26
BAB III	METODOLOGI	27
3.1	Alat dan Bahan	27
3.2	Metode Penelitian	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Membangun Classifier	39
4.1.1	Akuisisi Data	39
4.1.2	Analisis Parameter Statistik Domain Waktu	41
4.1.3	Analisis <i>Naïve-Bayes Classifier</i>	48
4.2	Analisis Pengaruh Parameter	50
BAB V	PENUTUP	56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian pompa (Hariady, 2014)	8
Gambar 2.2 Fenomena kavitasi (Kamiel, 2015)	10
Gambar 2.3 Amplitudo dan frekuensi (Prastomo, 2018)	13
Gambar 2.4 Akselerometer (Scheffer & Girdhar, 2004).....	14
Gambar 2.5 Ilustrasi <i>undersampling</i> (Scheffer & Girdhar, 2004)	15
Gambar 2.6 <i>Supervised learning</i> (Putra, 2019).....	19
Gambar 2.7 <i>Supervised learning-mathematical explanation</i> (Putra, 2019).....	20
Gambar 2.8 <i>Supervised learning-mathematical explanation 2</i> (Putra, 2019).....	20
Gambar 2.9 <i>Supervised learning framework</i> (Putra, 2019)	21
Gambar 2.10 Ilustrasi <i>clustering</i> (Putra, 2019)	21
Gambar 2.11 <i>Unsupervised learning – Kerangka</i> (Putra, 2019).....	21
Gambar 2.12 <i>Generalization loss</i> (Putra, 2019).....	22
Gambar 2.13 Fase penyelesaian metode klasifikasi (Nofriansyah, 2014)	23
Gambar 2.14 Ilustrasi peluang (Nofriansyah, 2014)	23
Gambar 3.1 <i>Test-rig</i> kavitasi pompa sentrifugal.....	27
Gambar 3.2 Pompa sentrifugal.....	28
Gambar 3.3 Tabung <i>vacuum</i>	28
Gambar 3.4 Instalasi perpipaan.....	29
Gambar 3.5 <i>Pressure gauge</i>	29
Gambar 3.6 <i>Vacuum gauge</i>	29
Gambar 3.7 <i>Valve</i>	30
Gambar 3.8 <i>Flowmeter digital</i>	30
Gambar 3.9 Kompresor <i>vacuum</i>	31
Gambar 3.10 <i>Accelerometer</i>	31
Gambar 3.11 Kabel <i>connector</i>	31
Gambar 3.12 Perangkat akuisisi data	32
Gambar 3.13 Diagram alir penelitian.....	34

Gambar 3.14 Laptop	32
Gambar 3.15 Sketsa alat uji simulasi kavitasi.....	34
Gambar 4.1 <i>Casing</i> pompa yang dibuat transparan	39
Gambar 4.2 Hasil plotting data dalam bentuk domain waktu	41
Gambar 4.3 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>crest factor</i>	41
Gambar 4.4 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>kurtosis</i>	42
Gambar 4.5 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>mean</i>	43
Gambar 4.6 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>peak value</i>	43
Gambar 4.7 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>root mean square</i>	44
Gambar 4.8 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik standar deviasi	45
Gambar 4.9 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>variance</i>	45
Gambar 4.10 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>shape factor</i>	46
Gambar 4.11 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>skewness</i>	47
Gambar 4.12 <i>Plotting box plot</i> ekstraksi parameter statistik <i>impulse factor</i>	47
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix</i> data <i>training</i>	49
Gambar 4.14 <i>Confusion matrix</i> data <i>testing</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil akuisisi data	40
Tabel 4.2 Pembagian data <i>training</i> dan data <i>testing</i>	49
Tabel 4.3 Kombinasi 9 parameter	51
Tabel 4.4 Kombinasi 8 parameter	52
Tabel 4.5 Kombinasi 7 parameter	53
Tabel 4.6 Kombinasi 6 parameter	54
Tabel 4.7 Kombinasi 5 parameter	54
Tabel 4.8 Akurasi <i>naïve-bayes</i> untuk deteksi kerusakan pada pompa yang telah melewati proses <i>feature selection</i> (Sakthivel dkk., 2014).....	55

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CBM	: <i>Condition Based Maintenance</i>
ML	: <i>Machine Learning</i>
NBC	: <i>Naïve-Bayes Classifier</i>
NI	: <i>National Instrument</i>
PDF	: <i>Probability Density Function</i>
RMS	: <i>Root Mean Square</i>
STD	: Standar Deviasi
Max(x)	: Nilai <i>maximum</i> dari data x
Min(x)	: Nilai <i>minimum</i> dari data x
x_i	: Elemen x dari data ke-i
N	: Banyaknya data x
σ	: Standar deviasi
\bar{x}	: Nilai rata-rata dari data x
x_{peak}	: Nilai puncak dari data x
x_{rms}	: Nilai <i>root mean square</i> dari x
X	: Sampel data yang memiliki kelas (label) yang tidak diketahui
H	: Hipotesa bahwa x adalah data kelas (label)
P(H)	: Peluang dari hipotesa H
P(X)	: Peluang dari data sampel yang di amati
P(X H)	: Peluang dari data sampel X bila diasumsikan bahwa hipotesa benar
μ_k	: Nilai rata-rata dari k
n!	: Nilai faktorial dari n
r!	: Nilai faktorial dari r

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Script Matlab</i> Pengambilan Data.....	59
Lampiran 2: <i>Script Matlab Plot</i> Data Akselerasi Sinyal Getaran	60
Lampiran 3: <i>Script Matlab</i> Ekstrasi Parameter Domain Waktu	61
Lampiran 4: <i>Script Matlab Split</i> Data	64
Lampiran 5: <i>Script Matlab Binomial Coefficient</i>	65
Lampiran 6: Hasil Kombinasi 9 Parameter Statistik.....	66
Lampiran 7: Hasil Kombinasi 8 Parameter Statistik.....	67
Lampiran 8: Hasil Kombinasi 7 Parameter Statistik.....	69
Lampiran 9: Hasil Kombinasi 6 Parameter Statistik.....	74
Lampiran 10: Hasil Kombinasi 5 Parameter Statistik.....	83