

SKRIPSI

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DAN NAIVE BAYES CLASSIFIER **UNTUK MENDETEKSI KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

DWIKI CAHYONO

20160130155

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2020

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwiki Cahyono

Nomor Induk Mahasiswa : 20160130155

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini 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 disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 24 Okt 2020



Tanda Tangan & Nama Terang

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

يَا بَدِيَّ اذْهَبُوا فَتَحَسَّسُوا مِنْ يُوَسِّفِ وَأَخِيهِ وَلَا تَيْبَسُوا مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِنَّهُ لَا يَيْبَسُ
مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِلَّا الْقَوْمُ الْكَافِرُونَ

“... dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum yang kafir.”

مَنْ جَدَّ وَجَدَ

“ Barangsiapa yang bersungguh-sungguh maka dia akan mendapatkannya ”

Dengan menyebut asma Allah SWT, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

*“Saya mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan KaruniaNya,
sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik”*

Skripsi ini saya persembahkan untuk

Kedua orang tuaku tercinta Bapak Suwarno dan Ibu Yeti Martinah, kaka tercinta

Fitriyani dan adikku Anisa Anindita yang sudah memberikan segalanya baik

materi, doa, dan kasih sayang, serta Iva Kristanti selaku penyemangat ,

pendukung, motivasi dan sebagainya yang tidak dapat terbalaskan dengan

apapun.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga masih diberi kesehatan sampai saat ini. Shalawat serta salam tak luput kita curahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah hingga Islamiyah. *Alhamdulillah robbil 'alamin* atas kehendak-Nya saya dapat menyelesaikan **Tugas Akhir** yang berjudul ***Principal Component Analysis dan Naïve Bayes Classifier Untuk Mendeteksi Kavitas Pada Pompa Setrifugal***

Tugas akhir ini berisi tentang metode deteksi kavitas pada pompa sentrifugal dengan tipe pompa yang digunakan adalah KYODO. Metode penelitian ini menggunakan parameter statistik domain waktu untuk mengekstrak sinyal getaran, *naïve bayes* untuk mengklasifikasi kerusakan dan *principal component analysis* untuk mereduksi data *set* parameter statistik.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan Tugas Akhir ini masih jauh untuk dikatakan sempurna, dikarenakan kondisi saat ini yang menyebabkan keterbatasan waktu untuk menyusun penulisan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna membangun untuk penulisan Tugas Akhir di waktu yang akan datang.

Semoga dengan adanya laporan Tugas Akhir ini bisa digunakan untuk referensi penelitian selanjutnya. Atas waktu dan perhatiannya, saya ucapkan terimakasih.

Yogyakarta, 27 September 2020

Penulis

Dwiki Cahyono

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT.....	xvi
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 II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Pompa Sentrifugal	8
2.2.2 Komponen Pompa Sentrifugal.....	9
2.2.3 Kavitasi.....	11
2.2.4 <i>Maintenace</i>	13
2.2.5 Getaran	15
2.2.6 Amplitudo.....	18
2.2.7 Akuisisi Data	18
2.2.8 <i>Accelerometer</i>	19

2.2.9	<i>Sampling Rate</i>	20
2.2.10	Domain Waktu.....	21
2.2.11	<i>Machine Learning</i>	24
2.2.12	<i>Supervised Learning</i>	25
2.2.13	<i>Unsupervised Learning</i>	28
2.2.14	<i>Principal Component Analysis (Dimension Reduction)</i>	29
2.2.15	<i>Naïve Bayes Classifier</i>	32
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Alat dan Bahan	36
3.1.1	Alat Penelitian	36
3.1.2	Bahan Penelitian.....	39
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	43
3.2.1	Pelaksanaan Penelitian	46
3.2.2	Persiapan Alat Uji Simulasi Kavitasi	46
3.2.3	Pengambilan Data.....	46
3.2.4	Pengolahan data.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	<i>Naive Bayes Classifier</i>	49
4.1.1	Hasil Akuisisi Data.....	49
4.1.2	Analisis Parameter Statistik.....	51
4.1.3	<i>Naive Bayes Classifier</i>	57
4.2	Kombinasi <i>Principal Component Analysis</i> dan <i>Naïve Bayes Classifier</i>	63
4.2.1	<i>Principal Component Analysis</i>	63
4.2.2	<i>Naive Bayes Classifier</i> dan <i>Principal Component Analysis</i>	64
BAB V KESIMPULAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa sentrifugal (Nesbitt, 2006)	8
Gambar 2.2 Aliran fluida didalam pompa sentrifugal (Sularso & Tahara, 2000)....	9
Gambar 2.3 <i>Impeller</i> terbuka, <i>Impeller</i> semi-terbuka dan <i>Impeller</i> tertutup (Kamiel, 2015)	10
Gambar 2.4 Poros (Girdhar & Moniz, 2005)	10
Gambar 2.5 Bantalan (Harris & Kotzalas, 2006).....	11
Gambar 2.6 <i>Volute pump</i> (Sularso & Tahara, 2000).....	11
Gambar 2.7 Fenomena kavitasi (Kamiel, 2015)	12
Gambar 2.8 Ilustrasi getaran (Scheffer & Girdhar, 2004)	16
Gambar 2.9 Ilustrasi gelombang harmonik (Scheffer & Girdhar, 2004)	17
Gambar 2.10 Ilustrasi percepatan, kecepatan dan perpindahan massa gelombang harmonik (Scheffer & Girdhar, 2004).....	17
Gambar 2.11 Ilustrasi amplitudo (Putra, 2019).....	18
Gambar 2.12 <i>Accelerometer</i> (Scheffer & Girdhar, 2004).....	19
Gambar 2.13 Ilustrasi <i>undersampling</i> (Scheffer & Girdhar, 2004)	21
Gambar 2.14 <i>Supervised learning</i> (Putra, 2019).....	25
Gambar 2.15 <i>Supervised learning</i> – Penjelasan matematis (Putra, 2019)	26
Gambar 2.16 <i>Supervised learning</i> – Penjelasan matematis 2 (Putra, 2019)	26
Gambar 2.17 <i>Supervised learning</i> – Kerangka (Putra, 2019)	26
Gambar 2.18 Ilustrasi <i>binary classification</i> (Putra, 2019)	27
Gambar 2.19 Ilustrasi <i>multi-class classification</i> dan <i>multi-label</i> <i>classification</i> (Putra, 2019)	27
Gambar 2.20 Ilustrasi <i>clustering</i> (Putra, 2019).....	28
Gambar 2.21 <i>Unsupervised learning</i> – Kerangka (Putra, 2019).....	28
Gambar 2.22 Kesalahan generalisasi <i>unsupervised learning</i> (Putra, 2019)	29
Gambar 2.23 Ilustrasi dimensi data buatan, tidak berkorelasi dan berkorelasi (Kamiel, 2015)	31

Gambar 2.24 <i>Plotting principal component PC1 dan PC2</i> (Kamiel, 2015).....	32
Gambar 2.25 <i>Plotting principal component yang sudah ditransformasikan</i> (Kamiel, 2015)	32
Gambar 3.1 Alat uji simulasi kavitasi	36
Gambar 3.2 Modul NI 9234	37
Gambar 3.3 <i>Chassing</i>	37
Gambar 3.4 <i>Accelerometer</i>	38
Gambar 3.5 Kabel <i>connector</i>	38
Gambar 3.6 Komputer.....	38
Gambar 3.7 <i>Software NI MAX 2020</i>	39
Gambar 3.8 <i>Software Matlab 2020a</i>	39
Gambar 3.9 Pompa sentrifugal.....	40
Gambar 3.10 Instalasi pipa PVC.....	40
Gambar 3.11 Pipa PVC transparan	41
Gambar 3.12 <i>Valve</i>	41
Gambar 3.13 <i>Pressure gauge</i>	41
Gambar 3.14 <i>Vacuum gauge</i>	42
Gambar 3.15 <i>Flow meter digital</i>	42
Gambar 3.16 Tangki vakum.....	43
Gambar 3.17 Kompresor vakum	43
Gambar 3.18 Bagan Alir	45
Gambar 3.19 Alur pengambilan data	47
Gambar 3.20 Proses perekaman sinyal getaran.....	48
Gambar 3.21 Diagram alir pengolahan data	48
Gambar 4.1 Variasi kondisi kompa (a) normal, (b) kavitasi tingkat 1, (c) kavitasi tingkat 2, (d) kavitasi tingkat 3.....	49
Gambar 4.2 Sinyal getaran domain waktu	50
Gambar 4.3 <i>Root mean square (RMS)</i>	51
Gambar 4.4 <i>Standard deviation (SD)</i>	52
Gambar 4.5 <i>Kurtosis</i>	52
Gambar 4.6 <i>Variance</i>	53

Gambar 4.7 <i>Skewness</i>	54
Gambar 4.8 <i>Peak valuee</i>	54
Gambar 4.9 <i>Mean</i>	55
Gambar 4.10 <i>Crest factor</i>	55
Gambar 4.11 <i>Shape factor</i>	56
Gambar 4.12 Ilustrasi eliminasi parameter	58
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix</i> data set parameter ke satu	59
Gambar 4.14 <i>Confusion matrix</i> data set parameter ke dua	61
Gambar 4.15 Diagram <i>paretto</i> PC1, PC2, PC3 dan PC4.....	63
Gambar 4.16 <i>Confusion matrix</i> PC1, PC2, PC3 dan PC4	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Data Set Bermain Tenis (Putra, 2019)	34
Tabel 2.2 Frekuensi Setiap Nilai Atribut (Putra, 2019)	34
Tabel 2.3 Probabilitas Setiap Nilai Atribut (Putra, 2019)	34
Tabel 2.4 Contoh Data <i>Testing</i> (Putra, 2019)	34
Tabel 4.1 Hasil akuisisi data pompa sentrifugal	50
Tabel 4.2 Data <i>set</i> parameter	58
Tabel 4.3 <i>Misclassification</i> data <i>set</i> parameter ke satu	60
Tabel 4.4 <i>Misclassification</i> data <i>set</i> parameter ke dua	61
Tabel 4.5 Kontribusi parameter terhadap PC1, PC2, PC3 dan PC4	64
Tabel 4.6 <i>Misclassification</i> PC1, PC2, PC3 dan PC4	66

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HP	: <i>Horse Power</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
PC	: <i>Principal Component</i>
VMD	: <i>Varitional Mode Decomposition</i>
Ar	: <i>Auto regression</i>
NPSHA	: <i>Net Positive Suction Head available</i>
NPSHR	: <i>Net Positive Suction Head required</i>
CBM	: <i>Condition Based Monitoring</i>
CM	: <i>Condition Monitoring</i>
ML	: <i>Machine Learning</i>
NBC	: <i>Naïve Bayes Classifier</i>
σ	: <i>Standard Deviation</i>
M	: Massa
k	: Kekakuan
A	: Amplitudo
ω	: Kecepatan sudut
f	: Frekuensi
t	: Waktu
pC	: <i>Pico Coloumbs</i>
N	: Jumlah elemen
\bar{x}	: Rata-rata
Σ	: Jumlah
Max	: <i>Maximum</i>
Min	: <i>Minimum</i>
n	: Banyak sampel
x_{CF}	: Nilai <i>crest factor</i>
x_p	: Amplitudo puncak gelombang

x_{SF}	: Nilai <i>shape factor</i>
y	: <i>Desired input</i>
x	: <i>Desired output</i>
ϕ_i	: Rata-rata dari sebuah fitur
b_1, b_2, \dots, b_N	: Skalar
likelihood(c_i)	: Himpunan (kelas)
F	: Banyaknya fitur
X	: Sampel data yang memiliki kelas (label) yang tidak diketahui
H	: Hipotesa bahwa x merupakan data kelas (label)
P(H)	: Peluang dari <i>hipotesa</i> H
P(X)	: Peluang dari data sampel yang diamati
P(X H)	: Peluang dari data sampel X bila diasumsikan bahwa <i>hipotesa</i> benar
μ_k	: Nilai rata-rata dari k

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Script Perekaman Sinyal Getaran	71
Lampiran 2 Script Ploting Sinyal Getaran	72
Lampiran 3 Script Perhitungan Parameter	73
Lampiran 4 Script Split File Data	76
Lampiran 5 Script Ekstraksi PCA	77
Lampiran 6 Script Menghitung Akurasi	77
Lampiran 7 Pemilihan Parameter	78
Lampiran 8 Eliminasi 1 Parameter	79
Lampiran 9 Eliminasi 2 Parameter	79
Lampiran 10 Eliminasi 3 Parameter	80
Lampiran 11 Eliminasi 4 Parameter	81
Lampiran 12 Eliminasi 5 Parameter	84