

# **SKRIPSI**

## **APLIKASI *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* DAN *K-NEAREST NEIGHBORS* UNTUK DIAGNOSIS KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**GEOVANNI ERLAN PRAYUDHA**

**20160130170**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2020**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Geovanni Erlan Prayudha

Nomor Mahasiswa : 20160130170

Saya menyatakan dengan ssesungguhnya 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, 24 Oktober 2020



Geovanni Erlan Prayudha

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan dia memberi kamu pendengaran dan hati agar kamu bersyukur”

(QS. An-Nahl : 78)

“Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang diberi ilmu beberapa derajat...”

(QS. Al Mujadalah : 11)

“Setiap kalian akan memasuki pagi dan petang dalam takaran usia kalian. Bila engkau bisa untuk tidak melewati setiap jenak usia itu dengan amalan kebajikan, maka lakukanlah. Tetapi kalian tidak bisa melakukan tanpa pertolongan Allah. Maka bergegaslah, menyusuri rentang-rentang kesempatan yang diberikan jatah usia itu, sebelum ia datang memupus segala pekerjaan”

(Abu Bakar As-Syiddiq, dalam Tarikh Thabari)

Persembahan:

Tugas akhir ini kupersembahkan buat:

Bapak Sariyo dan Ibu Rr. Budi Stiyowati yang sangat aku cintai dan sayangi. Terimakasih atas segala dukungan kalian yang telah tulus ikhlas berkorban secara materi dan moril serta iringan doanya yang selalu menerangiku dalam kegelapan.

Adikku tersayang Fadhila Zhaki Arkhan Rafi dan Faishal Reza Surya Saputra yang selalu memberi inspirasi dan dukungannya. Kakak dan Adik Sepupu, Nanda

Arika Sari dan Fitroh Nur Cahyo yang selalu memberi dukungan dan inspirasi dalam hidupku. Sahabat dan teman – teman di kampus UMY tercinta yang selalu memberi dukungan dan supportnya.

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *alhamdulillah* 'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala kenikmatan, kesehatan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Aplikasi *Principal Component Analysis* dan *K-Nearest Neighbors* Untuk Diagnosis Kavitas Pada Pompa Sentrifugal**”. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi akhir zaman yaitu Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita dari zaman kegelapan sampai zaman terang benderang ini. Pada tugas akhir ini penulis melakukan sebuah penelitian tentang tingkat keakurasiannya dari metode *K Nearest Neighbors* untuk diagnosis kavitas pada pompa sentrifugal tanpa maupun dengan seleksi parameter statistik menggunakan *Principal Component Analysis*.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang menjadi syarat untuk mencapai derajat 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 masih banyak kekurangan serta kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan bagi penulis untuk dapat memperbaiki dan menyempurnakan penulisan lain yang akan datang.

Yogyakarta, Oktober 2020

Penulis

Geovanni Erlan Prayudha

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>INTISARI</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Dasar Teori .....	9
2.2.1 Pompa Sentrifugal.....	9
2.2.2 Komponen Pompa Sentrifugal .....	11
2.2.3 Kavitasi .....	13
2.2.4 <i>Maintenance</i> .....	15
2.2.5 <i>Condition Monitoring</i> .....	18
2.2.6 Getaran.....	19

2.2.7	Akuisisi Data.....	22
2.2.8	Domain Waktu .....	25
2.2.9	<i>Machine Learning</i> .....	30
2.2.10	<i>K-Nearest Neighbors</i> .....	35
2.2.11	<i>Principal Component Analysis</i> .....	37
2.2.12	<i>Binomial Coefficient</i> .....	41
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>42</b>
3.1.	Alat dan Bahan .....	42
3.2.1	Alat.....	42
3.2.2	Bahan .....	45
3.2.	Metode Penelitian.....	49
3.2.1	Persiapan Alat Uji Simulasi Kavitasi.....	51
3.2.2	Pengambilan Data Sinyal Getaran .....	51
3.2.3	Pengolahan Data Sinyal Getaran.....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>55</b>
4.1.	<i>K-Nearest Neighbors</i> .....	55
4.1.1.	Hasil Perekaman Sinyal Getaran.....	55
4.1.2.	Analisis Parameter Statistik .....	58
4.1.3.	Pembentukan Model <i>Classifier K-Nearest Neighbors</i> .....	67
4.2.	Pemilihan Parameter Statistik.....	69
4.3.	<i>K-Nearest Neighbors</i> dan <i>Principal Component Analysis</i> .....	75
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>81</b>
5.1.	Kesimpulan.....	81
5.2.	Saran .....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>83</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Pompa Sentrifugal (Al Thobiani, 2011) .....	10
Gambar 2.2 Prinsip kerja pompa sentrifugal (Sularso & Tahara, 2000) .....	10
Gambar 2.3 Komponen utama pompa sentrifugal (Kamiel, 2015).....	11
Gambar 2.4 <i>Impeller</i> terbuka, <i>impeller</i> semi-terbuka, dan <i>impeller</i> tertutup (Kamiel, 2015) .....	12
Gambar 2.5 <i>Shaft</i> dan <i>Bearing</i> (Al Thobiani, 2011).....	12
Gambar 2.6 <i>Volute</i> pompa (Sularso & Tahara, 2000).....	13
Gambar 2.7 Kavitasi (Kamiel., dkk 2019).....	13
Gambar 2.8 Kerusakan akibat kavitasi (Al Thobiani, 2011) .....	14
Gambar 2.9 Getaran pada sistem pegas- <i>massa</i> sederhana (Scheffer & Girdhar, 2004) .....	19
Gambar 2.10 Gelombang <i>Amplitude</i> (Scheffer & Girdhar, 2004).....	22
Gambar 2.11 <i>Accelerometer</i> (Scheffer & Girdhar, 2004).....	23
Gambar 2.12 Contoh <i>undersampling</i> (Scheffer & Girdhar, 2004) .....	25
Gambar 2.13 <i>Supervised learning</i> (Putra, 2019).....	32
Gambar 2.14 <i>Supervised learning</i> (Sharma & Kaur, 2013).....	32
Gambar 2.15 <i>Binary classification</i> (Putra, 2019).....	33
Gambar 2.16 <i>Multi-table</i> dan <i>multi classification</i> (Putra, 2019) .....	33
Gambar 2.17 Contoh <i>clustering</i> (Putra, 2019).....	34
Gambar 2.18 Contoh klasifikasi menggunakan <i>K-Nearest Neighbors</i> (Sharma dkk., 2018) .....	36
Gambar 2.19 Plot data yang masih berkorelasi (McKee dkk., 2015) .....	39
Gambar 2.20 Hasil plot menggunakan <i>Principal Component Analysis</i> (McKee dkk., 2015) .....	40
Gambar 3.1 <i>Test Rig</i> Uji Simulasi Kavitasi .....	42
Gambar 3.2 Ilustrasi modul data akuisisi.....	43
Gambar 3.3 Ilustrasi Chassis.....	43

Gambar 3.4 Ilustrasi <i>Accelerometer</i> .....	44
Gambar 3.5 Ilustrasi Kable <i>Connector Accelerometer</i> .....	44
Gambar 3.6 Ilustrasi Kabel USB.....	44
Gambar 3.7 Laptop.....	45
Gambar 3.8 Pompa Sentrifugal .....	46
Gambar 3.9 Ilustrasi Kompresor <i>Vacuum</i> .....	46
Gambar 3.10 Pipa PVC .....	46
Gambar 3.11 Tangki <i>Vacuum</i> .....	47
Gambar 3.12 <i>Vacuum Gauge</i> .....	47
Gambar 3.13. <i>Pressure Gauge</i> .....	48
Gambar 3.14 <i>Flow Meter</i> .....	48
Gambar 3.15 <i>Valve</i> .....	48
Gambar 3.16 Diagram Alir Penelitian .....	50
Gambar 3.17 Ilustrasi Proses Pengambilan Data Sinyal Getaran .....	53
Gambar 3.18 Proses Perekaman Sinyal Getaran.....	53
Gambar 4.1 (a) Kondisi Normal, (b) Kondisi Kavitasi Awal, (c) Kondisi Kavitasi Tengah, (d) Kondisi Kavitasi Lanjut .....	56
Gambar 4.2 Ploting Grafik Akselerasi Sinyal Getaran Pada data ke-150.....	57
Gambar 4.3 <i>Mean</i> .....	60
Gambar 4.5 <i>Standar Deviasi</i> .....	61
Gambar 4.6 <i>Kurtosis</i> .....	61
Gambar 4.7 <i>Root Mean Square</i> .....	62
Gambar 4.8 <i>Crest Factor</i> .....	63
Gambar 4.9 <i>Peak Value</i> .....	63
Gambar 4.10 <i>Shape Factor</i> .....	64
Gambar 4.11 <i>Skewness</i> .....	65
Gambar 4.12 <i>Clearance Factor</i> .....	65
Gambar 4.13 <i>Impulse Factor</i> .....	66
Gambar 4.14 <i>Confusion Matrix Training Model</i> .....	68
Gambar 4.15 Diagram Pareto.....	76
Gambar 4.16 <i>Confusion Matrix Dengan Input PCA</i> .....	77



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Akuisis Data.....	57
Tabel 4.2 Penggunaan Pemilihan Parameter Statistik Domain Waktu .....	59
Tabel 4.3 Hasil <i>Testing Model</i> .....	69
Tabel 4.4 Sampel Kombinasi 9 Parameter Statistik.....	70
Tabel 4.5 Sampel Kombinasi 8 Parameter Statistik.....	70
Tabel 4.6 Sampel Kombinasi 7 Parameter Statistik.....	71
Tabel 4.7 Sampel Kombinasi 6 Parameter Statistik.....	72
Tabel 4.8 Sampel Kombinasi 5 Parameter Statistik.....	72
Tabel 4.9 Sampel Kombinasi 4 Parameter Statistik.....	73
Tabel 4.10 Kontribusi Parameter Pada Setiap PC.....	76
Tabel 4.11 <i>Confusion Matrix Testing Model Dengan Input PCA</i> .....	78
Tabel 4.12 Penambahan Jumlah PC Pada <i>Input Classifier</i> .....	79
Tabel 4.13 Kontribusi Parameter Pada PC 4 Sampai PC 8.....	79

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PCA	= <i>Principal Component Analysis</i>
PC	= <i>Principal Component</i>
KNN	= <i>K-Nearest Neighbors</i>
RPM	= Radian Per Menit
CBM	= <i>Condition Base Monitoring</i>
F	= Gaya Eksternal
K	= Konstanta Pegas
X	= Perpindahan
t	= waktu dalam s (detik)
$X_0$	= Perpindahan maksimum
$\omega$	= <i>Omega</i> (kecepatan sudut)
Hz	= <i>Hertz</i> (siklus per detik)
$f$	= Frekuensi
pC	= <i>Pico-coulombs</i>
g	= Percepatan Gravitasi
N	= Jumlah Sampel
$x_i$	= Sampel
$\bar{x}$	= <i>mean</i> (nilai rata-rata)
$max$	= Nilai maksimum
$min$	= Nilai minimum
$\sigma$	= Nilai Standar Deviasi
$x_{max}$	= Nilai maksimum dari x
$x_{Peak}$	= Nilai puncak dari x
$x_{RMS}$	= Nilai <i>Root Mean Square</i> dari x
$\emptyset$	= Nilai rata-rata dari sebuah fitur
$b_n$	= Jumlah scalar dari n
n	= Jumlah angka dari n

$r$  = Jumlah objek dari  $r$   
 $n!$  = *factorial* dari  $n$   
 $r!$  = *factorial* dari  $r$

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Script</i> Matlab Pengambilan Data .....	86
Lampiran 2: <i>Script</i> Matlab Plot Data Akselerasi Sinyal Getaran .....	87
Lampiran 3: <i>Script</i> Matlab Ekstraksi Parameter Domain Waktu.....	88
Lampiran 4: <i>Script</i> Matlab <i>Split</i> Data .....	91
Lampiran 5: <i>Script</i> Matlab <i>Binomial Coefficient</i> .....	92
Lampiran 6: Hasil Kombinasi 9 Parameter Statistik.....	93
Lampiran 7: Hasil Kombinasi 8 Parameter Statistik.....	94
Lampiran 8: Hasil Kombinasi 7 Parameter Statistik.....	96
Lampiran 9: Hasil Kombinasi 6 Parameter Statistik.....	101
Lampiran 10: Hasil Kombinasi 5 Parameter Statistik.....	110
Lampiran 11: Hasil Kombinasi 4 Parameter Statistik.....	121