

# **SKRIPSI**

## ***DECISION TREES CLASSIFIER* UNTUK MENDETEKSI KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD NADZIFUL MALIK**

**20160130145**

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

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Nadziful Malik

Nomor Mahasiswa : 20160130145

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 seumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, Oktober 2020



(Muhammad Nadziful Malik)

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

Motto:

“Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang yang beriman”

**-Q.S Ali'Imran:139-**

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

**-Imam Syafi'i-**

“Jadilah seperti mata air yang jernih yang bisa memberikan kehidupan kepada lingkungan sekitarnya”

**-Prof. Dr. Ing. H. BJ Habibie-**

Persembahan:

Skripsi ini adalah bagian dari ibadahku kepada Allah SWT, karena kepadaNya lah kami menyembah dan kepadaNya lah kami memohon pertolongan.

Sekaligus sebagai ungkapan terimakasih kepada:

Bapak Aminurosid dan Ibu Tri Rahayu yang selalu memberikan motivasi dalam hidupku, Adik-adikku Muhammad Amran Ulwan dan Muhammad Achfa Ghofar yang selalu memberikan inspirasi dalam hidupku.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, kenikmatan, dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam selalu tucurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita dari zaman yang penuh kegelapan menuju zaman yang terang benderang ini. Alhamdulillahirobbil'alamin penulis telah menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Decision Trees Classifier Untuk Mendeteksi Kavitas Pada Pompa Sentrifugal”**. Tugas akhir ini berisi tentang metode deteksi level kavitasi menggunakan salah satu algoritma *machine learning* yaitu *Decision Trees Classifier*.

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, Oktober 2020  
Penulis

(Muhammad Nadziful Malik)

## 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> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>INTISARI</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 Tinjauan pustaka.....	5
2.2 Dasar teori .....	7
2.2.1 Pompa sentrifugal.....	7
2.2.1.1 Klasifikasi pompa sentrifugal .....	9
2.2.1.2 Komponen pompa .....	10
2.2.2 Kavitasi .....	12
2.2.2.1 Jenis-jenis kavitasi .....	13
2.2.3 Perawatan mesin ( <i>Maintenance</i> ).....	13

2.2.3.1	<i>Condition monitoring</i> .....	16
2.2.4	Getaran .....	17
2.2.5	Akuisisi data.....	19
2.2.5.1	<i>Accelerometer</i> .....	20
2.2.5.2	<i>Sampling rate</i> .....	21
2.2.6	Domain waktu .....	22
2.2.7	Seleksi parameter statistik getaran .....	25
2.2.8	<i>Machine learning</i> .....	26
2.2.9	<i>Decision trees</i> .....	31
2.2.9.1	<i>Splitting criteria</i> .....	32
2.2.9.2	<i>Tree pruning methods</i> .....	36
2.2.9.3	<i>Decision trees inducer</i> .....	40
2.2.9.4	Keuntungan dan kerugian decision trees.....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		43
3.1	Alat dan bahan.....	43
3.1.1	Alat.....	43
3.1.2	Bahan.....	47
3.2	Pelaksanaan penelitian .....	50
3.2.1	Diagram alir .....	50
3.2.2	Persiapan alat uji simulasi kavitasi .....	53
3.2.3	Pengambilan data .....	54
3.2.4	Pengolahan data .....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		57
4.1	Pembentukan <i>decision trees classifier</i> .....	57
4.1.1	Proses akuisisi data .....	57
4.1.2	Analisis hasil ekstraksi parameter statistik domain waktu.....	59
4.1.3	<i>Decision trees</i> .....	67
4.2	Analisis akurasi <i>decision trees classifier</i> .....	72
4.2.1	Analisis menggunakan metode <i>pruning</i> .....	72
4.2.2	Analisis menggunakan metode <i>binomial coefficient</i> .....	78
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		86
5.1	Kesimpulan.....	86

5.2	Saran.....	86
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>87</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>90</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa sentrifugal (Kamiel, 2015) .....	8
Gambar 2.2 Aliran fluida pada pompa sentrifugal (Sularso & Tahara, 2000).....	8
Gambar 2.3 Klasifikasi pompa sentrifugal (Sularso & Tahara, 2000).....	9
Gambar 2.4 Pompa <i>volute</i> (Sularso & Tahara, 2000) .....	9
Gambar 2.5 Pompa <i>difuser</i> (Sularso & Tahara, 2000).....	10
Gambar 2.6 <i>Impeller</i> terbuka, <i>impeller</i> semi terbuka, <i>impeller</i> tertutup (Kamiel, 2015) .....	10
Gambar 2.7 Poros dan bantalan (Kamiel, 2015) .....	11
Gambar 2.8 <i>Volute</i> (Sularso dan Tahara, 2000).....	11
Gambar 2.9 Kavitasi pada pompa sentrifugal: tidak mengalami kavitasi (kiri), mengalami kavitasi (kanan) (Kamiel, 2015) .....	12
Gambar 2.10 Getaran pada sistem massa-pegas sederhana (Scheffer & Girdhar 2004) .....	17
Gambar 2.11 Perbandingan gelombang dengan amplitudo yang berbeda (Scheffer & Girdhar, 2004) .....	19
Gambar 2.12 <i>Accelerometer</i> (Scheffer & Girdhar, 2004).....	20
Gambar 2.13 Ilustrasi <i>undersampling</i> (Scheffer & Girdhar, 2004) .....	22
Gambar 2.14 Ilustrasi <i>supervised learning</i> (Putra, 2019) .....	27
Gambar 2.15 <i>Supervised learning</i> – penjelasan matematis (Putra, 2019) .....	27
Gambar 2.16 <i>Supervised learning</i> – penjelasan matematis 2 (Putra, 2019) .....	28
Gambar 2.17 <i>Supervised learning</i> – kerangka (Putra, 2019).....	28
Gambar 2.18 Ilustrasi <i>binary classification</i> (Putra, 2019).....	28
Gambar 2.19 Ilustrasi <i>multi-class classification</i> dan <i>multi-label classification</i> (Putra, 2019).....	29
Gambar 2.20 Ilustrasi <i>clustering</i> (Putra, 2019).....	30

Gambar 2.21 Kerangka <i>unsupervised learning</i> (Putra, 2019) .....	30
Gambar 3.1 Alat uji simulasi kavitasi pompa sentrifugal .....	43
Gambar 3.2 Ilustrasi modul data akuisisi .....	44
Gambar 3.3 Ilustrasi <i>chasis</i> .....	44
Gambar 3.4 Ilustrasi <i>accelerometer</i> .....	45
Gambar 3.5 Ilustrasi kabel <i>connector accelerometer</i> .....	45
Gambar 3.6 Ilustrasi kabel USB .....	45
Gambar 3.7 Laptop ASUS A555L i5-5200U .....	46
Gambar 3.8 <i>Software</i> Matlab 2018a .....	46
Gambar 3.9 <i>Software</i> NI MAX .....	47
Gambar 3.10 Pompa sentrifugal .....	47
Gambar 3.11 Ilustrasi kompresor vakum .....	48
Gambar 3.12 Pipa PVC .....	48
Gambar 3.13 Tangki vakum .....	48
Gambar 3.14 <i>Pressure gauge</i> .....	49
Gambar 3.15 <i>Flowmeter</i> .....	49
Gambar 3.16 <i>Valve</i> .....	49
Gambar 3.17 Diagram alir penelitian .....	52
Gambar 3.18 Skema alat uji simulasi kavitasi .....	55
Gambar 3.19 Proses perekaman sinyal getaran .....	55
Gambar 4.1 Kondisi pompa: (a) Normal, (b) Kavitasi awal, (c) Kavitasi menengah, (d) Kavitasi akhir .....	58
Gambar 4.2 Grafik akselerasi sinyal getaran file ke 50 .....	59
Gambar 4.3 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik standar deviasi .....	61
Gambar 4.4 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik kurtosis .....	61
Gambar 4.5 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>skewness</i> .....	62
Gambar 4.6 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>standard error</i> .....	63
Gambar 4.7 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>mean</i> .....	63

Gambar 4.8 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>minimum</i> .....	64
Gambar 4.9 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>maximum</i> .....	64
Gambar 4.10 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>sum</i> .....	65
Gambar 4.11 <i>Plot</i> hasil ekstraksi dengan parameter statistik <i>range</i> .....	66
Gambar 4.12 <i>Confusion matrix training</i> 9 parameter .....	67
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix testing</i> 9 parameter .....	68
Gambar 4.14 <i>Decision trees classifier</i> .....	70
Gambar 4.15 <i>Level pemangkasan terbaik</i> .....	71
Gambar 4.16 <i>Decision trees classifier</i> .....	74
Gambar 4.17 <i>Subtree 1</i> .....	75
Gambar 4.18 <i>Subtree 2</i> .....	76
Gambar 4.19 <i>Subtree 3</i> .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode yang sering digunakan untuk pemisahan <i>multivariate</i> (Ahmed & Nandi 2019). .....	35
Tabel 4.1 Hasil akuisisi data .....	57
Tabel 4.2 Penggunaan parameter statistik domain waktu .....	60
Tabel 4.3 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 8 parameter statistik .....	78
Tabel 4.4 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 7 parameter statistik .....	79
Tabel 4.5 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 6 parameter statistik .....	80
Tabel 4.6 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 5 parameter statistik .....	81
Tabel 4.7 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 4 parameter statistik .....	82
Tabel 4.8 Hasil akurasi <i>classifier</i> kombinasi 3 parameter statistik .....	83
Tabel 4.9 Hasil penelitian sebelumnya .....	84

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CBM = Condition Based Monitoring

HP = *Horse power*

F = Gaya eksternal

M = Massa

K = Konstanta pegas

Hz = *Hertz*

$\sigma$  = Standar deviasi

N = Jumlah elemen

pC = *Pico-coulombs*

g = Percepatan gravitasi

DT = *Decision trees*

$\zeta$  = Simpul

S<sub>r</sub> = Aturan pemisahan

C = Jumlah kelas

$a$  = Parameter kompleksitas

T<sub>1</sub> = Pohon asli

T<sub>i</sub> = *Subtree*

n = Jumlah *instance*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Script</i> matlab pengambilan data sinyal getaran .....	90
Lampiran 2: <i>Script</i> matlab ekstraksi parameter statistik domain waktu .....	92
Lampiran 3: <i>Script</i> matlab <i>split</i> data .....	95
Lampiran 4: <i>Script</i> matlab <i>pruning trees</i> .....	96
Lampiran 5: <i>Script</i> matlab <i>binomial coefficient</i> .....	97
Lampiran 6: Kombinasi 8 parameter statistik .....	98
Lampiran 7: Kombinasi 7 parameter statistik .....	99
Lampiran 8: Kombinasi 6 parameter statistik .....	101
Lampiran 9: Kombinasi 5 parameter statistik .....	105
Lampiran 10: Kombinasi 4 parameter statistik .....	111
Lampiran 11: Kombinasi 3 parameter statistik .....	117