

SKRIPSI

DETEKSI DINI KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL MENGUNAKAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) – SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)*

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

Yudha Yanuar Pamungkas

20140130259

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA

2018



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

Deteksi Dini Kavitasasi Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan *Principal Component Analysis (PCA) – Support Vector Machine (SVM)*

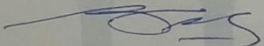
Cavitation Detection of Centrifugal Pump Using Principal Componen Analysis (PCA) – Support Vector Machine (SVM)

Dipersiapkan dan disusun oleh :


Yudha Yanuar Pamungkas
20140130259

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 31 Agustus 2018

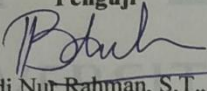
Pembimbing Utama


Berli P Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
NIK. 19740302 200104 123049

Pembimbing Pendamping


Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T
NIK. 19710124 199603 12305


Penguji


Muh Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng
NIK. 19790523 200501 1 001

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana
Tanggal, 3 September 2018**

Mengetahui,

Ketua Program Studi **S-1 Teknik Mesin FT UMY**


Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
NIK. 19740302 200104 123049

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Yudha Yanuar Pamungkas

Nomor Mahasiswa : 20140130259

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan 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, Agustus 2013

[Handwritten Signature]
Yudha Yanuar Pamungkas

MOTTO

“Barangsiapa ingin doanya terkabul dan dibebaskan dari kesulitannya hendaklah dia mengatasi (menyelesaikan) kesulitan orang lain.”

(HR. Ahmad)

“Siapa saja yang melazimkan istighfar, Allah pasti akan memberi dia jalan keluar atas segala kesempitan, menghapus segala kesedihan, dan memberi dia rezeki dari arah yang tidak dia duga.”

(HR Abu Dawud dan Ibnu Majah)

“Hatiku merasa lega, mengetahui bahwa apa yang telah ditakdirkan untukku tidak akan pernah luput dariku. Dan apa yang telah luput dariku berarti memang tidak pernah ditakdirkan untukku.”

(Imam Syafi’i)

“Ingatlah Allah diwaktu senang, pasti Allah akan mengenalimu di waktu sempit.”

(HR. Tirmidzi)

“Tanpa ilmu, amal itu tidak ada gunanya sedangkan ilmu tanpa amal adalah hal yang sia – sia.”

(Abu Bakar Al Shiddiq)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrabil'alamin

Tiada lain nikmat syukur yang selalu ku curahkan hanya kepada Allah SWT atas segala hidup dan mati yang telah menjadikanku hamba yang beriman, bertaqwa, berilmu, dan bersabar dalam menjalani hidup ini

Melalui sebuah karya kecil ini kupersembahkan untuk Mamah dan Papah orangtuaku tersayang telah memberikan doa, semangat, nasihat, cinta kasih, materi dan pengorbanan sejak kecil sampai dewasa ini tanpa meminta balasan apapun hingga saat ini. Terimalah bukti kecil ini sebagai tanda kebaktianku untuk membalas segala jerih payah dan pengorbananmu...

Kepada kakakku tercinta Mba Selvi, Mas Rendi, Mas Rizal, dan Adikku Rico Aprilliano, Citra Nadia yang selalu keselipkan dalam doaku. Terimakasih telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan senyum terindah kalian untuk keberhasilan kecil ini...

Sahabat dan teman seperjuanganku, tanpa doa dan dukungan kalian tak mungkin ku sampai ke titik keberhasilan study ini. Terimakasih untuk canda, tawa, tangis, dan semangat bangkit yang telah kita lalui bersama. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kita aamiin...

Segala kerendahan hati ini, ku ucapkan terimakasih sebesar – besarnya untuk kalian semua yang ku cintai dan kusayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan barokah untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa depan.
Aamiin Yaa Rabbal'alamin

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, Wasshollatu wassalamu'ala sayyidilmursalin Sayyidina wa Maulana Muhammadin wa'ala alihi wa shohbihi ajma'in. Puji syukur selalu kita panjatkan hanya kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabat, serta kepada seluruh umatnya hingga akhir zaman, aamiin. Penyusunan Tugas Akhir ini guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul "Deteksi Dini Kavitasi pada Pompa Sentrifugal Menggunakan *Principal Component Analysis (PCA) – Support Vector Machine (SVM)*".

Pompa sentrifugal sangat rentan terhadap kerusakan yang diakibatkan dari fenomena kavitasi. Oleh karena itu, sehingga diperlukan diagnosis sedini mungkin untuk menghindari permasalahan tersebut. Jika gangguan kavitasi tidak segera diatasi maka akan berdampak pada kerusakan komponen yang ada di dalam pompa dan mengalami kerugian perawatan yang besar. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian untuk mendeteksi dan mengembangkan sebuah metode yang dapat mengatasi permasalahan kerusakan akibat kavitasi pada pompa sentrifugal. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi fenomena kavitasi dini pada pompa sentrifugal menggunakan sinyal *vibrasi* berbasis *Principal Components Analysis (PCA) – Support Vector Machine (SVM)*. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan *Principal Components Analysis (PCA)* mampu menyeleksi data dengan hasil yang optimal. *Support Vector Machine (SVM)* berhasil mengklasifikasikan data hasil seleksi PCA dalam kondisi normal, kavitasi 1, kavitasi 2, dan kavitasi 3 dengan baik.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dikarenakan keterbatasan waktu dan referensi yang tersedia untuk penyusunannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran guna membantu Tugas Akhir yang lebih baik untuk kedepannya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk referensi dalam penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya saya mengucapkan terimakasih.

Yogyakarta, Agustus 2018

Penyusun,

(Yudha Yanuar Pamungkas)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 atar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Pompa Sentrifugal.....	9
2.2.2 Klasifikasi Pompa Sentrifugal	10
2.2.3 Bagian Pompa Sentrifugal dan Fungsinya.....	11
2.2.4 Kavitasi	13
2.2.5 Jenis-Jenis Kavitasi.....	14
2.2.6 Faktor Penyebab Kavitasi	14

2.2.7 Pencegahan Kavitasi	16
2.2.8 <i>Net Positive Suction Head</i> (NPSH)	16
2.2.9 <i>Maintenance</i>	18
2.2.10 <i>Condition Based Maintenance</i>	18
2.2.11 <i>Vibration</i> (Getaran).....	20
2.2.12 Sensor Getaran	22
2.2.13 Analisis Sinyal Getaran	26
2.2.14 Parameter Statistik	27
2.2.15 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	29
2.2.16 <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	35
2.2.17 <i>Kernel Function</i>	37
BAB III TEST-RIG KAVITASI DAN METODE AKUISISI DATA.....	40
3.1 <i>Test-Rig</i> Kavitasi Pompa Sentrifugal	40
3.2 Komponen <i>Test-Rig</i> Kavitasi Pompa Sentrifugal	40
3.2.1 Pompa Sentrifugal <i>Monoblock</i>	41
3.2.2 Pipa PVC.....	41
3.2.3 Pressure Gauge	42
3.2.4 Vacuum Gauge	42
3.2.5 Flow Meter.....	42
3.2.6 <i>Valve</i> (Katup).....	43
3.2.7 Accelerometer	43
3.2.8 Kabel Connector	44
3.2.9 Perangkat Akuisisi Data.....	44
3.2.10 Software NI MAX	45
3.2.11 Software MATLAB	45
3.2.12 Tangki	45
3.3 Metode Penelitian.....	46
3.4 Persiapan <i>Test Rig</i> Kavitasi.....	47
3.5 Akuisisi Data Sinyal Vibrasi	48
3.6 Pengolahan Hasil Data Akuisisi.....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Analisis Parameter Statistik	56

4.2 Analisis <i>Principal Component Analysis</i>	61
4.3 Klasifikasi <i>Binery SVM</i>	63
2.2.17 Hasil Klasifikasi Data Normal dan Kavitasi 1	64
2.2.18 Hasil Klasifikasi Data Normal dan Kavitasi 2.....	65
2.2.19 Hasil Klasifikasi Data Normal dan Kavitasi 3.....	66
2.2.20 Performa Hasil Klasifikasi Binary SVM	67
2.3 Klasifikasi Multi Class SVM	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
UCAPAN TERIMAKASIH.....	74
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pompa Sentrifugal (www.indonetwork.co.id).....	10
Gambar 2.2 Bagian pompa sentrifugal (Sularso, 2000).....	11
Gambar 2.3 Proses Kavitasi (Sitorus,2010)	13
Gambar 2.4 Kerusakan sudu <i>impeller</i> akibat kavitasi.....	14
Gambar 2.5 Hubungan koefisiensi kavitasi dengan kecepatan spesifik (Sularso,2000)	18
Gambar 2.6 Gerak Osilasi suatu Sistem Pegas Massa (Hamid,2012).....	21
Gambar 2.7 Kurva Kecepatan, Percepatan, dan Displasemen (Hamid,2012)	22
Gambar 2.8 <i>Accelerometer</i> (Scheffer dan Girdhar 2004)	23
Gambar 2.9 Fenomena undersampling (Scheffer dan Ghirdar, 2004)	25
Gambar 2.9 Plot Domain Waktu	26
Gambar 2.10 Contoh analisis spektrum kavitasi yang mengalami <i>noise</i> dengan <i>broadband</i> (Luo dkk, 2015)	27
Gambar 2.11 Dua dimensi data buatan, (a) tidak berkorelasi, (b) berkorelasi PC2 (Kamiel, 2015)	34
Gambar 2.12 <i>Plotting principal component</i> , PC1 dan PC2 (Kamiel, 2015).....	34
Gambar 2.13 Data yang ditransformasikan pada dua <i>principal component</i> PC2 (Kamiel, 2015)	35
Gambar 2.14 <i>Penentuan hyperplane terbaik yang memisahkan kedua kelas</i>	36
Gambar 3. 1 Test-rig kavitasi pompa sentrifugal.....	40
Gambar 3.3 Pompa sentrifugal <i>monoblock</i>	41
Gambar 3.4 Pipa <i>PVC</i>	41
Gambar 3.5 <i>Pressure gauge</i>	42
Gambar 3.6 <i>Vacuum gauge</i>	42
Gambar 3.7 <i>Flow meter</i>	42
Gambar 3.8 <i>Valve</i>	43

Gambar 3.9 <i>Accelerometer</i>	43
Gambar 3.10 Kabel <i>Connector</i>	44
Gambar 3.11 (a) Perangkat data akuisisi (b) Perangkat akuisisi <i>NI 9234</i> pada <i>chassis NI Compact DAQ-9174</i>	45
Gambar 3.12 Tangki.....	46
Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 3.14 Skematik Tes Rig Pompa Sentrifugal	49
Gambar 3.15 Skema Perekaman <i>File Data Sinyal Getaran</i>	49
Gambar 3.16 Diagram alir akuisisi data sinyal <i>vibrasi</i>	50
Gambar 3.17 Diagram alir pengolahan hasil data akuisisi.....	55
Gambar 4. 1 Karakteristik parameter statistik <i>RMS</i>	56
Gambar 4.2 Karakteristik parameter statistik <i>SD</i>	57
Gambar 4.3 Karakteristik parameter statistik <i>peak value</i>	58
Gambar 4.4 Karakteristik parameter statistik <i>kurtosis</i>	59
Gambar 4.5 Karakteristik parameter statistik <i>variance</i>	58
Gambar 4.6 Karakteristik parameter statistik <i>crest factor</i>	60
Gambar 4.7 Karakteristik parameter statistik <i>mean</i>	60
Gambar 4.8 Karakteristik parameter statistik <i>skewness</i>	61
Gambar 4.9 Grafik Pareto <i>Principal Component</i>	62
Gambar 4.10 <i>Training Data Normal dan Kavitas 1</i>	64
Gambar 4.11 <i>Testing Data Normal dan Kavitas 1</i>	65
Gambar 4.12 <i>Training Data Normal dan Kavitas 2</i>	65
Gambar 4.13 <i>Testing Data Normal dan Kavitas 2</i>	66
Gambar 4.14 <i>Training Data Normal dan Kavitas 3</i>	67
Gambar 4.15 <i>Testing Data Normal dan Kavitas 3</i>	67
Gambar 4.16 Model <i>Training Multiclass SVM</i>	69
Gambar 4.17 Model <i>Testing Multiclass SVM</i>	69
Gambar 4.18 <i>Confusion matrix multi class SVM</i>	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggunaan parameter statistik domain waktu.....	9
Tabel 3 1 Jumlah Parameter Statistik Domain Waktu.....	51
Tabel 4.1 Kontribusi Paramater Pada Principal Component	63
Tabel 4.2 Hasil Klasifikasi Binary SVM	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1: Script Matlab Pengambilan Akuisisi Data.....	76
Lampiran 1.2: Script Matlab Pengolahan Data Mentah Menjadi Plot Domain Waktu.....	77
Lampiran 1.3: Script Matlab Ekstraksi Parameter Statistik.....	79
Lampiran 1.4: Script Matlab Principal Component Analysis (PCA)	84
Lampiran 1.5: Script Matlab Klasifikasi Binary SVM	85
Lampiran 1.6: Script Matlab Klasifikasi Multiclass SVM	86