

MOTTO

فَاذْكُرُونِي أَذْكُرْكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُونِ

Maka ingatlah kamu kepada-Ku, niscaya Aku ingat pula kepadamu, dan bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu mengingkari nikmat-Ku.
(*Q.S Al-Baqarah: 152*)

إِنَّ اللَّهَ لَا يَنْظُرُ إِلَى صُورِكُمْ وَلَا إِلَى أَمْوَالِكُمْ وَلَكِنْ يَنْظُرُ إِلَى قُلُوبِكُمْ وَأَعْمَالِكُمْ

Sesungguhnya Allah tidak melihat bentuk rupa kalian dan juga harta benda kalian, tetapi Dia melihat hati dan perbuatan kalian
(*Shahih Muslim Juz 4 Hal. 1987 No. 2564*)

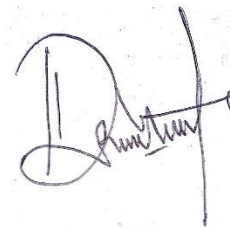
Kata Pengantar

Puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya. Shalawat serta salam selalu tercurah pada Nabi Muhammad SAW, sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “DETEKSI KEBOCORAN AIR BERSIH MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA *LINEAR SUPPORT VECTOR MACHINE*” ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Strata-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam menuliskan tugas akhir atau skripsi ini, kritik dan saran yang bersifat membangun menjadi masukan bagi penulis untuk menyempurnakannya. Akhir kata saya mengharapkan semoga laporan tugas akhir saya ini bermanfaat bagi penulis maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 17 Januari 2021

Penyusun



Diyan Rizki Agung Pamungkas

NIM: 20180130180

Daftar Isi

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
Intisari.....	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar teori	8
2.2.1 Sistem Akuisisi Data	8
2.2.2 Getaran.....	11
2.2.2.1 Frekuensi	12

2.2.2.4 <u>Getaran Pada Pipa</u>	14
2.2.2.5 <u>Analisis Getaran</u>	16
2.2.3 <u>SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)</u>	17
2.2.4.1 <u>Linear Support Vector Machine</u>	18
2.2.4.2 <u>Non-Linear Support Vector Machine</u>	20
2.2.5 <u>Parameter Statistik</u>	22
2.2.6 <u>Principal Componen Analysis</u>	25
<u>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</u>	30
3.1 <u>Skema Alat Uji</u>	30
3.2 <u>Diagram Alir Penelitian</u>	31
3.3 <u>Bahan Penelitian</u>	36
3.4 <u>Alat Yang Digunakan</u>	37
3.4 <u>Prosedur Penelitian</u>	41
3.5 <u>Pengaturan Parameter Akuisisi Data dan Struktur Data</u>	42
3.7 <u>Tempat dan Waktu Penelitian</u>	43
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	44
4.1 <u>Hasil Akuisisi Data</u>	44
4.2 <u>Analisis Parameter Statistik</u>	44
4.2.1 <u>Hasil Ekstraksi Parameter Statistik Domain Waktu</u>	44
4.2.2 <u>Hasil Ekstraksi Parameter Statistik Domain Frekuensi</u>	51
4.3 <u>Principal Component Analysis</u>	55
4.4 <u>Klasifikasi Linear SVM</u>	56
4.4.1 <u>Hasil Klasifikasi Data Domain Waktu Dengan Metode Binary Linear SVM</u>	57

4.4.2 Hasil Klasifikasi Data Domain Frekuensi Dengan Metode <i>Binary Linear SVM</i>	59
4.4.3 Hasil Klasifikasi Data Domain Waktu Dengan Metode <i>Multiclass Linear SVM</i>	61
4.4.4 Hasil Klasifikasi Data Domain Frekuensi Dengan Metode <i>Multiclass Linear SVM</i>	63
4.4.5 Analisa Hasil Penerapan Fungsi Kernal Linier SVM.....	65
<u>BAB V PENUTUP</u>	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
<u>Daftar Pustaka</u>	71
<u>Lampiran</u>	74

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Parameter Statistik.	35
Tabel 4.1 Hasil Akuisisi Data	44
Tabel 4.2 Hasil Analisa Parameter Ststistik Domain Waktu.	50
Tabel 4.3 Hasil Analisa Parameter Ststistik Domain Frekuensi.	54
Tabel 4.4 Tingkat Akurasi Klasifikasi Penerapan Fungsi Kernel Linear Pada Metode Binary dan Multiclass.	65

Daftar Gambar

Gambar 2.1. Diagram Blok Sistem Akuisisi Data.....	8
Gambar 2.2 Komputer Digital Untuk Kebutuhan Data.....	9
Gambar 2.3 Sistem Akuisisi Data Kanal Tunggal.	9
Gambar 2.4. Sistem Kanal Banyak dengan Cara Ketiga.....	10
Gambar 2.5 (a) Pegas yang Diberi Beban. (b) Benda yang Digantung dan Diberi Gaya.	11
Gambar 2.6 Frekuensi.	12
Gambar 2.7 Amplitudo.....	13
Gambar 2.8 Periode.....	13
Gambar 2.9 Domain Waktu.....	16
Gambar 2.10 Domain Frekuensi	17
Gambar 2.11 Algoritma Support Vector Machine.	17
Gambar 2.12 Fungsi Φ memetakan data ke ruang vektor yang berdimensi lebih tinggi yang dipisahkan secara linear oleh sebuah hyperplane	21
Gambar 3.1 Skema Alat Uji.	30
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).....	32
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengklasifikasian Hasil.	33
Gambar 3.5 (a) Normal (b) Bocor 3mm (c) Bocor 10mm	36
Gambar 3.6 Rig Uji Instalasi Pipa Air	37
Gambar 3.7 Pompa Sentrifugal.	38
Gambar 3.8 Flow Meter.	38
Gambar 3.9 Karet Peredam.	39
Gambar 3.10 Pipa PVC.	39
Gambar 3.11 Alat Akuisisi Data.	40
Gambar 3.12 Sensor Akselerometer 4507-B Bruel & Kjaer.....	40
Gambar 3.13 Modul DAQ.....	41
Gambar 3.14 Posisi Letak Sensor Akselerometer.	42
Gambar 4.1 Karakteristik Parameter Statistik RMS.	45

<u>Gambar 4.3</u> Karakteristik Parameter Statistik Variance.	46
<u>Gambar 4.4</u> Karakteristik Parameter Statistik SD.	46
<u>Gambar 4.5</u> Karakteristik Parameter Statistik Kurtosis.	47
<u>Gambar 4.6</u> Karakteristik Parameter Statistik Crest Factor.	48
<u>Gambar 4.7</u> Karakteristik Parameter Statistik Mean.	48
<u>Gambar 4.8</u> Karakteristik Parameter Statistik Skewness.	49
<u>Gambar 4.9</u> Karakteristik Parameter Statistik Clearance Factor.	49
<u>Gambar 4.10</u> Plot Ekstraksi Parameter Statistik Mean Frequency.	51
<u>Gambar 4.11</u> Plot Ekstraksi Parameter Statistik Median Frequency.	52
<u>Gambar 4.12</u> Plot Ekstraksi Parameter Statistik RMS Frequency.	52
<u>Gambar 4.13</u> Plot Ekstraksi Parameter Statistik SNR.	53
<u>Gambar 4.14</u> Plot Ekstraksi Parameter Statistik SINAD.	54
<u>Gambar 4.15</u> Plot Pareto 3 Principal Component Domain Waktu.	55
<u>Gambar 4.16</u> Plot Pareto 2 Principal Component Domain Frekuensi.	56
<u>Gambar 4.17</u> (a) Confution Matric Binary Linear SVM Data Domain Waktu Tanpa PCA (b) Confution Matric Binary Linear SVM Data Domain Waktu Dengan PCA.	58
<u>Gambar 4.18</u> (a) Confution Matric Binary Linear SVM Data Domain Frekuensi Tanpa PCA (b) Confution Matric Binary Linear SVM Data Domain Frekuensi Dengan PCA.	60
<u>Gambar 4.19</u> (a) Confution Matric Multiclass Linear SVM Data Domain Frekuensi Tanpa PCA (b) Confution Matric Multiclass Linear SVM Data Domain Frekuensi Dengan PCA.	62
<u>Gambar 4.20</u> (a) Confution Matric Multiclass Linear SVM Data Domain Frekuensi Tanpa PCA (b) Confution Matric Multiclass Linear SVM Data Domain Frekuensi Dengan PCA.	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup di dunia, terlebih bagi manusia. Dalam usaha untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya, manusia selalu mengupayakan ketersediaan air yang cukup untuk kebutuhan sehari-hari, sehingga dibutuhkan upaya-upaya yang dapat mempermudah manusia untuk mendapatkan pasokan air. Dalam pelaksanaan di wilayah Indonesia, terdapat badan usaha daerah yaitu PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) yang bergerak dalam pendistribusian air bersih bagi masyarakat umum dengan menggunakan jaringan saluran pipa.

Pada penggunaan jaringan saluran pipa, biasanya pipa-pipa tersebut diletakan di dalam tanah yang jangkauannya relatif luas, sehingga dapat menyulitkan operator dalam memantau/memonitoring aliran air dan kondisi pipa karena keterbatasan alat dan sumber daya manusianya. Di lapangan, sering ditemukan permasalahan-permasalahan yang dapat menghambat penyaluran air kepada masyarakat diantaranya yaitu masalah kebocoran pada pipa. Apabila terjadi kerusakan atau kebocoran pada pipa, operator dituntut untuk segera menyelesaikan permasalahan tersebut, akan tetapi kenyataannya untuk mencari masalah sumber kebocoran pada sistem jaringan pipa, operator mengalami banyak kendala/kesulitan dikarenakan belum menemukan metode yang relatif akurat dan efektif.

Selama ini terdapat dua tahapan metode yang dilakukan oleh PDAM untuk mendeteksi kebocoran pipa yaitu dengan metode *step test* dan *sounding* (Ghazaly dkk., 2013). Tahap *Step test* merupakan metode yang diterapkan sebagai langkah penjangkauan (*scoping*) jaringan untuk mempersempit area pipa aliran air agar dapat mengidentifikasi dan memperkirakan prioritas pengawasan lokasi terjadinya kebocoran pada jaringan pipa. Tahap selanjutnya, dilakukannya metode *sounding* untuk menentukan posisi titik

kebocoran secara pasti dengan menggunakan alat *portable* yang dapat mendeteksi gelombang suara yang timbul dari jaringan saluran pipa yang mengindikasikan adanya lubang kebocoran pada pipa. Namun, kedua metode tersebut terbukti kurang efektif dalam menangani permasalahan kebocoran pada pipa karena masih membutuhkan waktu yang relatif lama pada pelaksanaannya. Hal ini disebabkan oleh kurangnya tenaga kerja, metode yang kurang tepat, dan alat pendeteksi yang terbatas.

Aliran fluida yang terdapat pada saluran pipa akan menghasilkan suatu getaran yang disebabkan adanya tekanan yang tidak beraturan pada pipa. Dengan adanya fenomena tersebut, maka penggunaan metode kecerdasan buatan dapat dimanfaatkan untuk mengenali pola getaran berdasarkan data-data hasil pengukuran pada saluran pipa (Mashford dkk., 2009).

Dalam pendeteksian kebocoran pada pipa dengan cara mengklasifikasikan data dapat dilakukan dengan metode *Support Vector Machine* karena berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode tersebut sangat baik dalam pengklasifikasian data, menurut Shalev. (2011) *Linear SVM* merupakan metode yang sering digunakan dalam proses mengklasifikasikan dan meregresikan data karena lebih sederhana dan cepat jika dibandingkan dengan *non-linear*.

Metode yang biasa digunakan untuk mendeteksi kebocoran pada pipa umumnya menggunakan parameter tekanan, seperti yang telah dilakukan oleh Rahmadani dkk. (2014) dalam penelitian mereka tentang sistem deteksi kebocoran pada jaringan pipa menggunakan analisis tekanan dengan metode Algoritma *Non-Linear Support Vector Machine* menghasilkan akurasi 81,97% dan 67,83% namun penggunaan parameter dalam metode tersebut dirasa kurang efektif karena belum menunjukkan hasil yang maksimal, sehingga diperlukan metode analisis dengan parameter lain yang berbeda seperti pemanfaatan sinyal getaran karena menurut Latuny. (2013) strategi *predictive maintenance* yang paling sering digunakan dalam mengidentifikasi potensi kerusakan adalah dengan menggunakan metode analisis getaran.

Penelitian terdahulu tentang analisa kerusakan dengan pemanfaatan sinyal getaran salah satunya dilakukan oleh Kamiel & Ramadhan. (2017) dalam mengembangkan metode deteksi kavitasi berbasis parameter statistik domain waktu, diantaranya *Peak Value*, *Root Mean Square (RMS)*, *Standard Deviation*, *Crest Factor*, *variance*, *kurtosis*, dan *Probability Density Function (PDF)* untuk diagnosis kerusakan kavitasi pada pompa namun pada percobaannya belum menghasilkan hasil yang optimal dan dari penelitian tersebut diperlukan beberapa langkah yang harus dilakukan diantaranya seleksi parameter statistik dan klasifikasi data/parameter salah satunya seperti teknik PCA. PCA atau metode seleksi parameter merupakan teknik penyederhanaan data dengan mentransformasi secara linear sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum (Miranda., 2008).

Berdasarkan beberapa uraian diatas yang menyatakan bahwa metode pendeteksi kebocoran pipa dengan menggunakan parameter tekanan dengan metode Algoritma *Non-Linear Support Vector Machine* kurang maksimal, maka penelitian ini ingin mengembangkan suatu metode pendeteksian kebocoran pipa menggunakan metode Algoritma *Linear Support Vector Machine* dengan memanfaatkan data parameter getaran yang terjadi pada saluran pipa air bersih.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi kebocoran pipa air bersih menggunakan algoritma *linear Support Vector Machine (SVM)*?
2. Bagaimana seleksi data parameter statistik untuk deteksi kebocoran pipa menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*?
3. Berapa tingkat Akurasi algoritma *linear Support Vector Machine (SVM)* dalam mendeteksi kebocoran pipa air bersih?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, maka perlu adanya batasan-batasan permasalahan, antara lain:

1. Tekanan pada pipa diatur dan dijaga secara konstan.
2. Sinyal getaran tidak diambil dari jaringan pipa air sebenarnya namun dari rig uji skala laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendeteksi kebocoran pipa air bersih menggunakan algoritma *linear Support Vector Machine* (SVM).
2. Menyeleksi data parameter statistik untuk deteksi kebocoran pipa menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA)
3. Menghitung tingkat akurasi algoritma *linear Support Vector Machine* (SVM) dalam mendeteksi kebocoran pipa air bersih.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi siapapun, diantaranya:

1. Bagi ilmu pengetahuan teknologi yaitu tersedianya data-base tentang metode algoritma *linear SVM* dalam hal mendeteksi kebocoran pipa air bersih.
2. Bagi peneliti yaitu sebagai salah satu acuan dalam penelitian selanjutnya tentang mendeteksi kebocoran pipa air bersih.