

SKRIPSI

PENGEMBANGAN METODE DETEKSI KEBOCORAN PIPA AIR BERBASIS SINYAL GETARAN MENGGUNAKAN *DECISION-TREES* *CLASSIFIER*

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

DIDI KURNIAWAN

20160130115

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 29 Januari 2021



LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrobbil'alamin

Tiada lain nikmat syukur yang selalu kita curah-kan hanya kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya yang telah menjadikanku hamba yang beriman, bertaqwa, berilmu, dan bersabar dalam menjalani hidup.

Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Bapak dan Ibuku tersayang yang telah memberikan doa, semangat, dan pengorbanan sejak kecil sampai saat ini tanpa meminta balasan apapun. Terimalah karya tulis kecilku ini untuk membalas jerih payah dan pengorbananmu.

Sahabat dan teman seperjuanganku di kampus UMY, tanpa doa dan dukungan kalian tak mungkin sampai titik keberhasilan ini. Terimakasih telah memberikan semangat serta bantuan kalian untuk keberhasilan kecilku ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengembangan Metode Deteksi Kebocoran Pipa Air Berbasis Sinyal Getaran Menggunakan *Decision-Trees Classifier*”**.

Skripsi ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai metode deteksi kebocoran pipa air berbasis sinyal getaran menggunakan algoritma *Decision-Trees Classifier*.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna karena adanya keterbatasan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Yogyakarta, 29 Januari 2021

Penulis



Didi Kurniawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	11
2.2.1 Sistem Perpipaan	11
2.2.2 Kebocoran Pipa	12
2.2.3 <i>Maintenance</i>	13
2.2.4 Getaran.....	15

2.2.5	Karakteristik Getaran Pada Pipa.....	17
2.2.6	Sinyal Getaran	18
2.2.7	Domain Waktu	18
2.2.8	Akuisisi Data	19
2.2.9	<i>Sampling Rate</i>	19
2.2.10	Sensor <i>Accelerometer</i>	20
2.2.11	Parameter Statistik Domain Waktu	21
2.2.12	<i>Machine Learning</i>	24
2.2.13	<i>Decision Tree</i>	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Diagram Alir Penelitian	37
3.2	Alat dan Bahan	39
3.2.1	Alat yang digunakan	40
3.2.2	Bahan yang digunakan.....	42
3.3	Pelaksanaan Penelitian.....	47
3.3.1	Persiapan Alat Uji Simulasi Kebocoran Pipa.....	47
3.3.2	Pengambilan Data.....	48
3.3.3	Pengolahan Data.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Akuisisi Data	51
4.2	Ekstraksi Parameter Statistik Domain Waktu	53
4.3	<i>Decision Trees Classifier</i>	55
4.3.1	<i>Building phase</i>	55
4.3.2	<i>Pruning Phase</i>	60
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan Pipa Air	11
Gambar 2.2 Kebocoran Pada Pipa air	12
Gambar 2.3 Getaran Pada Sistem Pegas	15
Gambar 2.4 Frekuensi Getaran.....	16
Gambar 2.5 Amplitudo Getaran	17
Gambar 2.6 Grafik Domain Waktu.....	19
Gambar 2.7 <i>Sampling Rate</i>	20
Gambar 2.8 Sensor <i>Accelerometer</i>	20
Gambar 2.9 <i>Supervised Learning</i>	25
Gambar 2.10 <i>Unsupervised Learning</i>	26
Gambar 2.11 Pohon Keputusan.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2 Alat Uji Simulasi Jaringan Pipa Air	39
Gambar 3.3 Skema Alat Uji Simulasi Jaringan Pipa Air	40
Gambar 3.4 Ilustrasi Modul Data Akuisisi.....	40
Gambar 3.5 Ilustrasi <i>Chassis</i>	41
Gambar 3.6 Sensor <i>Accelerometer</i>	41
Gambar 3.7 Pompa Sentrifugal	42
Gambar 3.8 <i>Flow Meter</i>	42
Gambar 3.9 Pipa Uji	43
Gambar 3.10 <i>Pressure Gauge</i>	43
Gambar 3.11 <i>Ball Valve</i>	44
Gambar 3.12 <i>Check Valve</i>	44
Gambar 3.13 <i>Reservoir</i>	45
Gambar 3.14 Pipa PVC	45
Gambar 3.15 <i>Corrugated Rubber Hose</i>	46
Gambar 3.16 Klem.....	46
Gambar 3.17 <i>Union Socket</i>	46

Gambar 3.18 Skema Proses Perekaman Sinyal Getaran.....	48
Gambar 3.19 Diagram Alir Pengolahan Data	50
Gambar 4.1 Grafik Domain Waktu.....	52
Gambar 4.2 Penyebaran Data.....	54
Gambar 4.3 Hasil Pohon Klasifikasi Pelatihan Model	57
Gambar 4.4 <i>Confusion Matrix</i> Pelatihan Model.....	58
Gambar 4.5 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Klasifikasi	59
Gambar 4.6 <i>Subtree 1</i>	60
Gambar 4.7 <i>Subtree 2</i>	61
Gambar 4.8 <i>Subtree 3</i>	61
Gambar 4.9 <i>Subtree 4</i>	62
Gambar 4.10 <i>Subtree 5</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggunaan algoritma <i>Decision Tree</i> dengan Parameter Statistik Domain Waktu.....	9
Tabel 4.1 Data Akuisisi Kebocoran Pipa	51

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Bar	= Satuan metrik untuk pengukuran tekanan
BB	= Pipa bocor besar
BK	= Pipa bocor kecil
BS	= Pipa bocor sedang
C	= Jumlah kelas
CART	= <i>Classification and Regression Tree</i>
CBM	= <i>Condition Based Maintenance</i>
CHAID	= <i>Chi-Square Automatic Interaction Detection</i>
cm	= Centimeter
$e(\zeta)$	= Jumlah instance kesalahan klasifikasi
F	= Gaya
HP	= <i>Horse Power</i>
Hz	= <i>Hertz</i> (Siklus per detik)
i	= Nilai kemungkinan
ID3	= <i>Iterative Dichotomizer 3</i>
IG	= <i>Information Gain</i>
K	= <i>Kurtosis</i>
LDI	= <i>Leak Detection Index</i>
L/min	= Liter per menit
M	= <i>Mean</i>
Max	= <i>Maximum</i>
MDL	= <i>Minimum Description Length</i>
Min	= <i>Minimum</i>
mm	= Millimeter
Mo	= <i>Mode</i>
n	= Banyaknya sampel sinyal
N	= Pipa normal
NI MAX	= <i>NI Measurement & Automation Explorer</i>

ORT	= <i>Orthogonal Criterion</i>
PSVM	= <i>Proximal Support Vector Machine</i>
PVC	= <i>Polyvinyl Chloride</i>
R	= <i>Range</i>
REP	= <i>Reduced Error Pruning</i>
S	= <i>Skewness</i>
SD	= <i>Standard Deviation</i>
SE	= <i>Standard Error</i>
Sr	= Aturan pemisahan
Su	= <i>Sum</i>
SVM	= <i>Support Vector Machine</i>
T ₁	= Pohon asli
x	= Sampel sinyal
\bar{x}	= Rata-rata sinyal
x_i	= Jumlah keseluruhan sinyal
σ	= Nilai <i>Standard Deviation</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Script</i> MATLAB Data Akuisisi	70
Lampiran 2 <i>Script</i> MATLAB Plot Domain Waktu	72
Lampiran 3 <i>Script</i> MATLAB Ekstraksi Parameter Statistik.....	73
Lampiran 4 <i>Script</i> MATLAB <i>Split</i> Data Ekstraksi.....	76
Lampiran 5 <i>Script</i> MATLAB <i>Confusion Matrix Testing</i>	78
Lampiran 6 <i>Script</i> MATLAB <i>Gplotmatrix</i>	79
Lampiran 7 <i>Script</i> MATLAB <i>Building Phase</i>	80