

SKRIPSI

**MONITORING KEBOCORAN JALUR PIPA AIR MENGGUNAKAN
SENSOR GETARAN DAN *NAÏVE BAYES CLASSIFIER***

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

ANDRI PURNOMO

20160130106

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTASI TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir 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, 28 Januari 2021



Andri Purnomo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah kupanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan juga kesempatan dalam menyelesaikan tugas akhir saya dengan segala kekurangannya. Untuk karya yang sederhana ini saya persembahkan untuk Bapak dan Ibu tercinta dan tersayang. Apa yang saya dapatkan hari ini, belum mampu membayar semua kebaikan, keringat, dan air mata bagi saya. Terimakasih atas segala dukungan kalian baik dalam bentuk materi maupun moril. Karya sederhana ini saya persembahkan untuk kalian sebagai wujud rasa terimakasih atas pengorbanan dan jerih payah kalian sehingga saya dapat menggapai cita-cita.

Untuk kakak saya , terimakasih atas motivasi dan semangat yang diberikan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga saya bisa membanggakan keluarga.

Kepada bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M.,M.Eng.Sc.,Ph.D dan bapak Rela Adi Himarosa, S.T.,M.Eng selaku dosen pembimbing saya yang selalu membantu kesulitan dalam penulisan tugas akhir saya. Terimakasih atas bantuan, nasehat dan ilmunya yang dilimpahkan pada saya dengan rasa tulus dan ikhlas.

Untuk sahabat dan seluruh teman di kampus tercinta, tanpa kalian mungkin masa-masa kuliah saya akan biasa saja, maaf jika banyak salah. Terimakasih untuk support sampai saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil‘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 “*Monitoring Kebocoran Jalur Pipa Air menggunakan Sensor Getaran dan Naïve Bayes Classifier*”. 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 *Naïve Bayes Classifier* untuk mendeteksi kebocoran pipa dengan seleksi parameter statistik.

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, 28 Januari 2021

Penulis



Andri Purnomo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	10
2.2.1. Pipa.....	10
2.2.2. Kebocoran Pipa	10
2.2.3. <i>Maintenance</i>	11
2.2.4. Getaran	13
2.2.5. Amplitudo	16
2.2.6. Sinyal getaran.....	16

2.2.7.	Getaran Pada Jaringan Pipa.....	17
2.2.8.	Akuisisi Data.....	17
2.2.9.	<i>Accelerometer</i>	18
2.2.10.	<i>Sampling Rate</i>	19
2.2.11.	Analisa Domain Waktu	20
2.2.12.	<i>Machine Learning</i>	24
2.2.13.	<i>Naïve Bayes Classifier</i>	26
2.2.14.	<i>Binomial Coefficient</i>	28
BAB III	METODE PENELITIAN	29
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Alat.....	33
3.2.2	Bahan.....	35
3.3	Pelaksanaan Penelitian	41
3.3.1	Persiapan Alat Uji Simulasi Kebocoran Pipa	41
3.3.2	Pengambilan Data	42
3.3.3	Pengolahan Data.....	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Proses Hasil Data Sinyal Getaran.....	46
4.2	Analisis Ekstraksi Parameter Domain Waktu	48
4.3	Analisis <i>Naïve Bayes Classifier</i> (NBC).....	50
BAB V	PENUTUP	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkaian pipa <i>intake</i>	10
Gambar 2. 2 Kebocoran pipa	11
Gambar 2. 3 Ilustrasi getaran	14
Gambar 2. 4 Ilustrasi gelombang harmonik.....	15
Gambar 2. 5 Ilustrasi percepatan, kecepatan dan perpindahan massa gelombang harmonik	15
Gambar 2. 6 Ilustrasi amplitudo.....	16
Gambar 2. 7 <i>Accelerometer</i>	18
Gambar 2. 8 Ilustrasi <i>undersampling</i>	20
Gambar 2. 9 Contoh <i>supervised learning</i>	26
Gambar 2. 10 Contoh <i>unsupervised learning</i>	26
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Alat uji simulasi kebocoran pipa.....	32
Gambar 3. 3 Skema alat uji dan keterangan (a) tampak samping, (b) tampak atas	33
Gambar 3. 4 Modul data akuisisi	33
Gambar 3. 5 <i>Chassis</i> data akuisisi	34
Gambar 3. 6 Sensor <i>accelerometer</i>	35
Gambar 3. 7 Pompa sentrifugal.....	35
Gambar 3. 8 <i>Reservoir</i>	36
Gambar 3. 9 Pipa uji kondisi Normal.....	36
Gambar 3. 10 Pipa uji kondisi bocor kecil (diameter 2 mm).....	37
Gambar 3. 11 Pipa uji kondisi bocor sedang (diameter 5 mm).....	37
Gambar 3. 12 Pipa uji kondisi bocor besar (diameter 8).....	37
Gambar 3. 13 <i>Flow meter</i>	38
Gambar 3. 14 <i>Pressure gauge</i>	38
Gambar 3. 15 <i>Ball valve</i>	39
Gambar 3. 16 <i>Check valve</i>	39

Gambar 3. 17 Pipa PVC	40
Gambar 3. 18 <i>Corrugated rubber hose</i>	40
Gambar 3. 19 Klem	40
Gambar 3. 20 Ilustrasi proses pengambilan data sinyal getaran	43
Gambar 3. 21 Proses perekaman sinyal getaran.....	43
Gambar 3. 22 Diagram alir pengolahan data	45
Gambar 4. 1 Kondisi Pipa (a) Normal, (b) Bocor Kecil, (c) Bocor Sedang, (d) Bocor Besar.....	46
Gambar 4. 2 Ploting Domain Waktu.....	47
Gambar 4. 3 Scatter Plot 4 kelas data dengan variasi 10 parameter statistik.....	49
Gambar 4. 4 <i>Confusion Matrix Training Model</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Parameter	8
Tabel 4. 1 Kondisi Setiap Pipa	47
Tabel 4. 2 Hasil <i>Testing</i> Model	52
Tabel 4. 3 Kombinasi 9 Parameter Statistik	53
Tabel 4. 4 Kombinasi 8 Parameter Statistik	54

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

NBC	= <i>Naïve Bayes Classifier</i>
CSD	= <i>Cros Spectral Density</i>
DAQ	= <i>Data Aquisition</i>
CBM	= <i>Condition Based Maintenance</i>
CM	= <i>Condition Monitoring</i>
M	= Massa
K	= Kekakuan
X	= Perpindahan
t	= waktu (detik)
f	= Frekuensi
pC	= <i>Pico Cloumbs</i>
x_{RMS}	= <i>Root Mean Square</i>
σ	= <i>Standar Deviation</i>
x_{KURT}	= <i>Kurtosis</i>
x_{SK}	= <i>Skewness</i>
\bar{x}	= <i>Mean</i>
C_f	= <i>Crest Factor</i>
x_{IF}	= <i>Impulse Factor</i>
x_{SF}	= <i>Shape Factor</i>
P	= <i>Probabilitas</i>
P(H X)	= <i>Probabilitas bersyarat</i>
(H)	= <i>Peluang berdasarkan (X)</i>
(X)	= <i>Data Sampel</i>
n	= <i>Jumlah angka dari n</i>
r	= <i>Jumlah objek dari r</i>
n!	= <i>Factorial dari n</i>
r!	= <i>Factorial dari r</i>
x_i	= <i>Sampel</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : <i>Script</i> Matlab Pengambilan Data.....	61
Lampiran 2 : <i>Script</i> Domain Waktu.....	62
Lampiran 3 : <i>Script</i> Matlab Ekstraksi Parameter.....	63
Lampiran 4 : <i>Script</i> Matlab Split Data.....	66
Lampiran 5 : <i>Script</i> Matlab Gplot Parameter.....	66
Lampiran 6 : <i>Script</i> Matlab Binomial.....	66
Lampiran 7 : Kombinasi 9 Parameter Statistik.....	67
Lampiran 8 : Kombinasi 8 Parameter Statistik.....	68