

TUGAS AKHIR
ANALISIS DETEKSI KERUSAKAN PADA POROS MELALUI
PENDEKATAN *MACHINE LEARNING* BERBASIS GETARAN

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

Ahmad Habib Rizqi

20200130086

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Habib Rizqi
Nomor Induk Mahasiswa : 20200130086
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Analisis Deteksi Kerusakan Pada Poros Melalui Pendekatan *Machine Learning* Berbasis Getaran

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil karya penulis dan tidak ada penelitian lain yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik. Hasil yang diperoleh dari karya ini merupakan murni perkerjaan individu penulis.

Yogyakarta, 26 September 2024



Ahmad Habib Rizqi

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(B. J. Habibie)

“Pertumbuhanmu ditentukan oleh caramu merespon situasi”

(Hasanudin Abdurakhman)

Persembahan:

Karya ini saya persembahkan untuk keluarga saya, guru dan dosen saya, dan semua orang yang berjuang untuk mengejar tujuan yang ingin dicapai.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh

Segala puji hanya milik Allah *subhanawata'ala* yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul ” Analisis Deteksi Kerusakan Pada Poros Melalui Pendekatan *Machine Learning* Berbasis Getaran”. Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan skripsi ini yang menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyusunan skripsi. Bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sangatlah berharga dalam proses ini.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan tangan terbuka dan penuh kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Sebagai penutup, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, baik bagi penulis maupun pembaca, serta menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 26 September 2024



Ahmad Habib Rizqi

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini dapat terselesaikan dengan tuntas dan lancar semata-mata tidak hanya usaha penulis sendiri, melainkan bantuan tulus dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Nana Supriatna dan Ibu Jubaedah yang senantiasa mendidik, melimpahkan kasih sayang, memberikan nasehat dan dukungan baik secara moral maupun material.
2. Kakak saya Azki Syarifathul Azkiyah yang telah mengingatkan setiap tindakan yang dilakukan.
3. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng., Ph.D dan Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng., Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, bantuan, dan meluangkan waktunya dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah membagikan ilmu dan bantuan selama masa studi.
5. La Ode Rajen Toinda, selaku mentor di balik layar yang telah membagikan tips dan trik menjalani perkuliahan.
6. Nur, Faishal, dan Sony yang telah saling memberikan dukungan motivasi selama penyusunan skripsi.
7. Ikhsan, Crispo, Kokos, Ringgo, Tegar, Faruq, Pian, dan teman-teman kontrakan yang tidak bisa disebut satu per satu yang sudah memberikan semangat dan canda tawa sampai semester akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Poros (<i>Shaft</i>).....	7
2.2.2 Kerusakan Poros.....	7
2.2.3 <i>Structural Health Monitoring</i>	9
2.2.4 Getaran	11
2.2.5 Sistem Akuisisi Data	17
2.2.6 Akselerometer	19
2.2.7 <i>Impact Hammer</i>	20
2.2.8 <i>Frequency Response Function (FRF)</i>	21
2.2.9 <i>Damage Index (DI)</i>	22

2.2.10	<i>Standard Scaler</i>	23
2.2.11	<i>Machine Learning</i>	23
BAB III	METODE PENELITIAN.....	33
3.1	Alat dan Bahan.....	33
3.1.1	Alat.....	33
3.1.2	Bahan	37
3.2	Pelaksanaan Penelitian.....	39
3.2.1	Skema Penelitian.....	39
3.2.2	Diagram Alir	41
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1	Hasil Akusisi Data.....	46
4.2	Analisis Ekstraksi Fitur.....	49
4.3	Pembentukan Model <i>Machine Learning</i>	52
4.3.1	Model ANN dan SVM dengan Normalisasi DI.....	52
4.3.2	Model ANN dan SVM dengan Normalisasi <i>Standard Scaler</i>	54
BAB V	PENUTUP	58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran.....	59
DAFTAR	PUSTAKA	60
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Poros.....	7
Gambar 2.2 Klasifikasi <i>Crack</i> / Retakan.....	8
Gambar 2.3 Model Retak.....	8
Gambar 2.4 Jenis Retak.....	9
Gambar 2.5 Skema SHM.....	10
Gambar 2.6 Amplitudo.....	11
Gambar 2.7 Getaran Bebas Tanpa Peredam.....	13
Gambar 2.8 Getaran Bebas Dengan Peredam.....	14
Gambar 2.9 <i>Underdamped Solution</i>	15
Gambar 2.10 Perbandingan Gerakan Gelombang Dengan Berbagai Macam Kondisi Redaman.....	16
Gambar 2.11 Sistem Akuisisi Data.....	18
Gambar 2.12 Akselerometer Piezoelektrik.....	19
Gambar 2.13 <i>Impact Hammer</i>	20
Gambar 2.14 Respon Eksitasi <i>Impact Hammer</i>	20
Gambar 2.15 <i>Single Degree of Freedom</i>	21
Gambar 2.16 Algoritma <i>Machine Learning</i>	24
Gambar 2.17 <i>Unsupervised Learning</i>	25
Gambar 2.18 Model <i>Artificial Neural Networks</i>	27
Gambar 2.19 Perbandingan Jarak Margin A dan Margin B.....	29
Gambar 2.20 Model Support Vector Machine.....	29
Gambar 2.21 Klasifikasi Data Menggunakan Polynominal Kernel.....	31
Gambar 2.22 Klaisfikasi Data Menggunakan RBF Kernel.....	32
Gambar 3.1 Rig Uji.....	33
Gambar 3.2 Akselerometer.....	34
Gambar 3.3 <i>Impact Hammer</i>	35
Gambar 3.4 <i>Data Acquisition (DAQ)</i>	35
Gambar 3.5 Laptop.....	36
Gambar 3.6 Poros AISI 1045.....	38

Gambar 3.7 Skema Alat Uji	39
Gambar 3.8 Pemodelan Kerusakan pada Poros	40
Gambar 3.9 Diagram Alir Pengambilan Data	41
Gambar 3.10 Diagram Alir Pengolahan Data	43
Gambar 4.1 Poros dengan Kondisi (a) Normal (b) Kerusakan 10% (c) Kerusakan 25%	46
Gambar 4.2 Domain Waktu (a) Poros Normal (b) Poros Kerusakan 10% (c) Poros Kerusakan 25%	47
Gambar 4.3 Spektrum (a) Poros Normal (b) Poros Kerusakan 10% (c) Poros Kerusakan 25%	48
Gambar 4.4 FRF (a) Poros Normal (b) Poros Kerusakan 10% (c) Poros Kerusakan 25%	49
Gambar 4.5 Sebaran Dataset berdasarkan Frekuensi Natural	51
Gambar 4.6 <i>Confusion matrix</i> berdasarkan DI (a) Model ANN (b) Model SVM	53
Gambar 4.7 <i>Confusion matrix</i> dengan Normalisasi <i>Standard Scaler</i> (a) Model ANN (b) Model SVM	55
Gambar 4.8 Perbandingan Akurasi Model ANN dan SVM dengan Normalisasi <i>Damage Index</i> dengan <i>Standard Scaler</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Batas Umum untuk Getaran Transversal	17
Tabel 3. 1 Properti Material Poros AISI 1045	38
Tabel 4.1 Penggunaan Fitur Respon Dinamis Getaran	50
Tabel 4.2 Frekuensi Natural dan DI pada Poros	52
Tabel 4.3 <i>Hyper-parameters</i> model ML	52
Tabel 4.4 Performa model ANN dan SVM dengan Normalisasi DI	53
Tabel 4.5 Performa model ANN dan SVM dengan Normalisasi <i>Standard Scaler</i>	54
Tabel 4.6 Perbandingan Performa Model ML Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Saat Ini	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Script</i> Matlab Pengambilan Data.....	65
Lampiran 2: <i>Script</i> Matlab Spektrum.....	65
Lampiran 3: <i>Script</i> Matlab FRF	66
Lampiran 4: <i>Script</i> Python <i>Pre-Processing</i> dan Normalisasi Data.....	67
Lampiran 5: Pembuatan Model ANN	68
Lampiran 6: Pembuatan Model SVM	70

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

f = frekuensi (Hz)

T = Periode (s)

A = Amplitudo (m)

m = Massa (kg)

t = waktu (s)

x = Perpindahan (m)

\dot{x} = Kecepatan (m/s)

\ddot{x} = Percepatan (m/s²)

k = Konstanta kekakuan (kg/s²)

f_n = Frekuensi natural (Hz)

ω_n = Frekuensi natural (Rad/s)

ζ = Rasio redaman

c = Koefisien redaman (kg/s)

D = Diameter (m)

μ = Tingkat kerusakan (%)

ρ = Massa jenis (kg/cm³)

A = Luas penampang (m²)

I = Inersia (m⁴)

l = Panjang (m)

β = Konstanta redaman mode alami

ANN = *Artificial Neural Network*

DAQ = *Data Acquisition System*

DI = *Damage Index*

FFT = *Fast Fourier Transform*

FRF = *Frequency Response Function*

RPM = *Revolution Per Minute*

RBF = *Radial Basis Function*

SVM = *Support Vector Machine*