



**ANALISIS PREDIKSI WAKTU PERBAIKAN MESIN MENGGUNAKAN
MACHINE LEARNING PADA MANUFAKTUR ALAS KAKI
DI INDONESIA**



TESIS

**OLEH
YULIO AGEFA PURMALA
55319110023**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2022**



**ANALISIS PREDIKSI WAKTU PERBAIKAN MESIN MENGGUNAKAN
MACHINE LEARNING PADA MANUFAKTUR ALAS KAKI
DI INDONESIA**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Industri**

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
OLEH

YULIO AGEFA PURMALA

55319110023

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2022**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisis Prediksi Waktu Perbaikan Mesin Menggunakan
Machine Learning Pada Manufaktur Alas Kaki Di Indonesia

Nama : Yulio Agefa Purmala

NIM : 55319110023

Program Studi : Magister Teknik Industri

Tanggal : 26 Agustus 2022

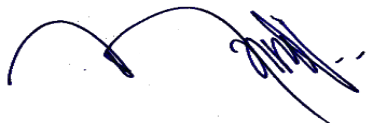
Mengesahkan
Pembimbing



UNIVERSITAS
MERCUBUANA

(Dr. Eng. Sumarsono, M.T.)

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T.)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri



(Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Yulio Agefa Purmala
NIM : 55319110010
Program Studi : Magister Teknik Industri

dengan judul

“Optimizing Machine Breakdown Prediction By Machine Learning At One Of Indonesia Leading Footwear Manufacturing”, telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 18/08/2022 didapatkan nilai persentase sebesar 24%.

Jakarta, 18 Agustus 2022

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Arie Pangudi, A.Md

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Prediksi Waktu Perbaikan Mesin Menggunakan
Machine Learning pada Manufaktur Alas Kaki di Indonesia
Nama : Yulio Agefa Purmala
NIM : 55319110023
Program : Pascasarjana – Program Studi Magister Teknik Industri
Tanggal : 26 Agustus 2022

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian, dan karya saya sendiri dengan arahan pembimbing yang ditetapkan dengan surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister (S2) pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, serta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

MERCU BUANA



Jakarta, Agustus 2022

(Yulio Agefa Purmala)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wata'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian tesis yang berjudul "Analisis Prediksi Waktu Perbaikan Mesin Menggunakan *Machine Learning* pada Manufaktur Alas Kaki di Indonesia". Tesis ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknik Industri Universitas Mercu Buana.

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini telah memperoleh bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini peneliti menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ngadiono, MS selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan dan fasilitas pada Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana
3. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan, arahan, dan membagi ilmu yang bermanfaat dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Dr. Eng. Sumarsono Sudarto sebagai Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan memberi motivasi dalam penyusunan Tesis ini.
5. Para Guru Besar Universitas Mercu Buana selaku dosen yang telah memberikan kuliah dan tugas lain guna memperdalam materi kuliah; dan rekan-rekan mahasiswa sebagai pendamping diskusi dalam belajar
6. Orangtua Bapak Eko Budiarto dan Istri serta kedua buah hati atas segala dukungan dan motivasi dalam penyelesaian laporan tesis ini.
7. Seluruh Rekan Magister Teknik Industri angkatan 25 yang telah menjadi teman, pembimbing dan pembina selama kuliah di Universitas Mercu Buana.

8. Rekan-rekan kerja (yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu) yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian laporan ini.

Penelitian ini sudah dibuat dengan sungguh-sungguh untuk mengikuti kaidah-kaidah penelitian ilmiah sebagaimana telah diatur dalam buku pedoman yang merupakan kebijakan Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana. Di sisi lain adanya keterbatasan kemampuan teknis maupun metodologis, tentu di dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan. Semoga semua pihak dapat membantu penyempurnaannya.

Jakarta, Agustus 2022



(Yulio Agefa Purmala)



DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan & Manfaat Penelitian	7
1.3.1 Tujuan Penelitian	7
1.3.2 Manfaat Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kajian Teori.....	9
2.1.1 Industri Manufaktur Alas kaki	9
2.1.2 Pemeliharaan	10
2.1.3 Metrik Keandalan (<i>Reliability</i>)	12
2.1.4 <i>Data Mining</i>	13
2.1.5 <i>Machine Learning</i>	17
2.1.6 Algoritma <i>Machine Learning</i>	20
2.1.7 Metrik evaluasi.....	25
2.2 Penelitian Terdahulu.....	28
2.3 Kerangka Pemikiran	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Jenis dan Desain Penelitian	32

3.2	Jenis dan Sumber Data	33
3.3	Teknik Pengumpulan Data	33
3.4	Populasi dan Sampel	34
3.5	Teknik Analisis Data	34
3.6	Langkah – Langkah Penelitian	37
BAB IV HASIL PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS		38
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	38
4.1.1	Profil Perusahaan	38
4.1.2	<i>Operation Process Chart</i>	38
4.1.3	Susunan Organisasi Operasional Engineering	39
4.2	Pra Analisis Data	40
4.2.1	Diagram Pareto.....	40
4.2.2	Analisa <i>Six Big Losses</i>	41
4.2.3	Perhitungan MTTR	42
4.3	Pengumpulan Data	42
4.4	Persiapan Data	44
4.3.1	Pra-pemrosesan Data.....	44
4.3.2	Penggabungan Data.....	45
4.3.3	Pemilihan atribut atau variabel data.....	46
4.5	Pemodelan dan Analisa Data.....	49
4.4.1	Memilih Algoritma <i>Machine Learning</i>	49
4.4.2	Evaluasi Pemodelan <i>Machine Learning</i>	50
4.4.3	Hasil Pemodelan Data Latih.....	51
4.4.4	Hasil Pemodelan Data Uji.....	53
BAB V PEMBAHASAN		56
5.1	Temuan utama	56
5.1.1	Tingkat akurasi prediksi pada model algoritma <i>machine learning</i>	56
5.1.2	Hasil kualitas pemodelan	57
5.2	Keterkaitan dengan penelitian sebelumnya	57
5.3	Implikasi Penelitian	58
5.4	Keterbatasan masalah	59

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan.....	60
6.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Perkembangan Nilai Ekspor Indonesia, 2019–2020	1
Gambar 1. 2 Peranan Ekspor Migas dan Nonmigas, 2019-2020	2
Gambar 1. 3 Tiga Negara eksportir alas kaki teratas pada tahun 2020.....	2
Gambar 1. 4 Alur proses produksi alas kaki	3
Gambar 1. 5 Jumlah mesin di proses CSA.....	3
Gambar 1. 6 Distribusi waktu kerusakan mesin per bulan.....	4
Gambar 1. 7 Lima mesin dengan kerusakan tertinggi pada tahun 2021	4
Gambar 1. 8 Rata – rata waktu perbaikan pada lima mesin kerusakan tertinggi....	5
Gambar 2. 1 Proses manufaktur alas kaki pada umumnya	10
Gambar 2. 2 <i>Cross-industry standard process for data mining</i> (CRISP-DM)	14
Gambar 2. 3 <i>Machine learning</i> metodologi	18
Gambar 2. 4 Perbandingan logistic regression dan linear regression	20
Gambar 2. 5 klasifikasi naïve bayes.....	22
Gambar 2. 6 <i>Support vector machine hyperplane</i>	23
Gambar 2. 7 Diagram <i>random forest</i> klasifikasi.....	24
Gambar 2. 8 Diagram <i>k-nearest neighbor</i>	25
Gambar 2. 9 Diagram <i>confusion matrix</i>	26
Gambar 2. 10 contoh kurva ROC dengan nilai AUC dan skalanya.....	28
Gambar 2. 11 Kerangka pemikiran penelitian	31
Gambar 3. 1 Diagram alur pengolahan dan analisis data.....	37
Gambar 3. 2 Diagram alur langkah – langkah penelitian.....	37
Gambar 4. 1 <i>Operation Process Chart (OPC)</i> PT. VCI Sumber: PT. VCI, 2021	39
Gambar 4. 2 Susunan organisasi operasional Engineering Sumber: PT. VCI, 2021	40
Gambar 4. 3 Diagram pareto kerusakan mesin pada proses CSA Sumber: (Data diolah, 2021)	40
Gambar 4. 4 Diagram alir data di salah satu industri manufaktur alas kaki Sumber: PT. VCI, 2021	42

Gambar 4. 5 Diagram Alir mengintegrasikan dan memformat data menggunakan orange data mining.....	46
Gambar 4. 6 Diagram untuk imputasi data kosong dan outlier baru hasil penggabungan data.....	46
Gambar 4. 7 <i>Focus Group Discussion</i> (FGD)	47
Gambar 4. 8 Variabel waktu kerusakan (menit) dalam statistik	49
Gambar 4. 9 Variabel waktu kerusakan (menit) distribusi miring positif.....	49
Gambar 4. 10 Algoritma supervised machine learning.....	50
Gambar 4. 11 Pembagian distribusi data untuk evaluasi model	51
Gambar 4. 12 Grafik nilai AUC pada data latih.....	52
Gambar 4. 13 <i>Confusion metrics</i> data latih	52
Gambar 4. 14 Grafik nilai AUC pada data uji	53
Gambar 4. 15 <i>Confusion metrics</i> data uji	54
Gambar 4. 16 Sampel nilai probabilitas pada data uji	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kebijakan pemeliharaan.....	10
Tabel 2. 2 Kebijakan pemeliharaan (lanjutan)	11
Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu.....	29
Tabel 2. 4 <i>State of The Art (SOTA)</i>	30
Tabel 3. 1 Variabel operasional penelitian.....	33
Tabel 4. 1 Data waktu kerusakan lima mesin teratas	41
Tabel 4. 2 Menggambarkan variabel, atribut, dan data yang hilang	43
Tabel 4. 3 Hasil data setelah pra-pemrosesan (Rekayasa fitur, data yang hilang, dan imputasi <i>outlier</i>)	44
Tabel 4. 4 Uji Korelasi – Hasil <i>Chi-Squared</i>	48
Tabel 4. 5 Atribut dan indikator untuk pemodelan <i>machine learning</i>	48
Tabel 4. 6 Distribusi data untuk evaluasi pemodelan <i>machine learning</i>	51
Tabel 4. 7 Nilai hasil pemodelan data latih.....	52
Tabel 4. 8 Nilai hasil pemodelan data uji.....	53
Tabel 4. 9 Perbandingan hasil evaluasi model antara data latih dan data uji.....	55
Tabel 5. 1 Selisih hasil metrik evaluasi antara data latih dan data uji	56
Tabel 5. 2 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya	57