



SKRIPSI

OPTIMASI RANDOM FOREST UNTUK PREDICTIVE MAINTENANCE DENGAN RANDOM SEARCH DAN MULTICLASS ONE- VS-REST

DANIEL MANALU
NPM 21081010189

DOSEN PEMBIMBING

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

OPTIMASI RANDOM FOREST UNTUK PREDICTIVE MAINTENANCE DENGAN RANDOM SEARCH DAN MULTICLASS ONE- VS-REST

DANIEL MANALU
NPM 21081010189

DOSEN PEMBIMBING

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI RANDOM FOREST UNTUK PREDICTIVE MAINTENANCE DENGAN RANDOM SEARCH DAN MULTICLASS ONE-VS-REST

Oleh :
DANIEL MANALU
NPM. 21081010189

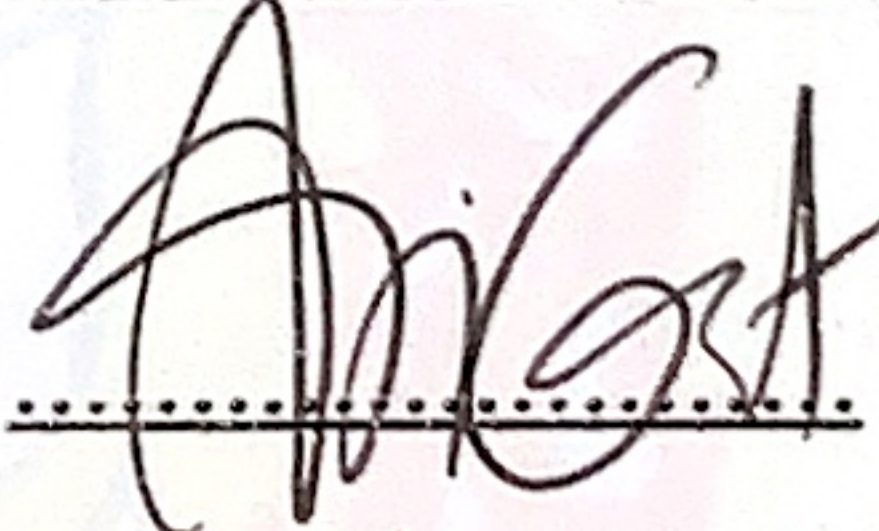
Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 4 Juni 2025

Menyetujui

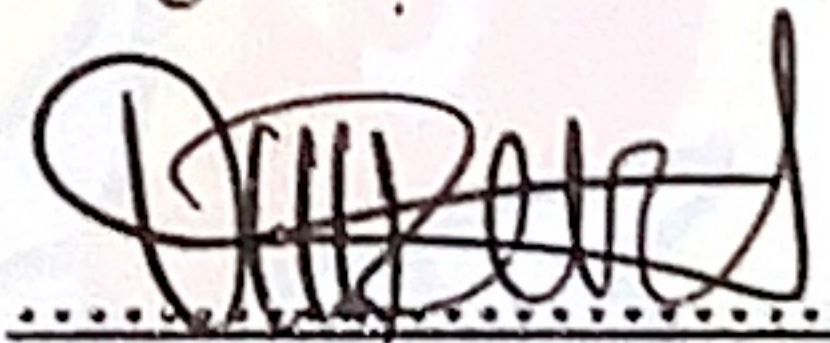
Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19890705 2021212 002


..... (Pembimbing I)

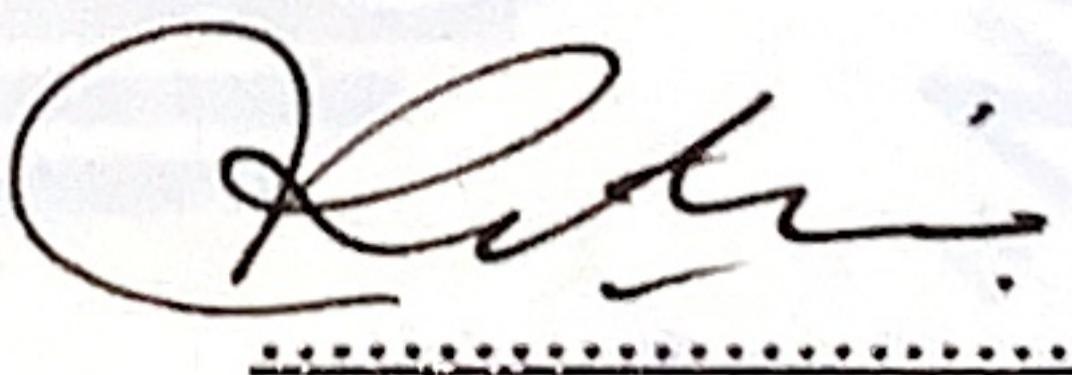
Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.
NIP. 19861008 2021211 001


..... (Pembimbing II)

Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom.
NIP. 19780922 2021212 005


..... (Ketua Penguji)

Retno Mumpuni, S.Kom, M.Sc.
NPT. 172198 70 716054


..... (Anggota Penguji)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer




Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI RANDOM FOREST UNTUK PREDICTIVE MAINTENANCE DENGAN RANDOM SEARCH DAN MULTICLASS ONE-VS-REST

Gleh :

DANIEL MANALU

NPM. 21081010189

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer**



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19820211 202121 2 005

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

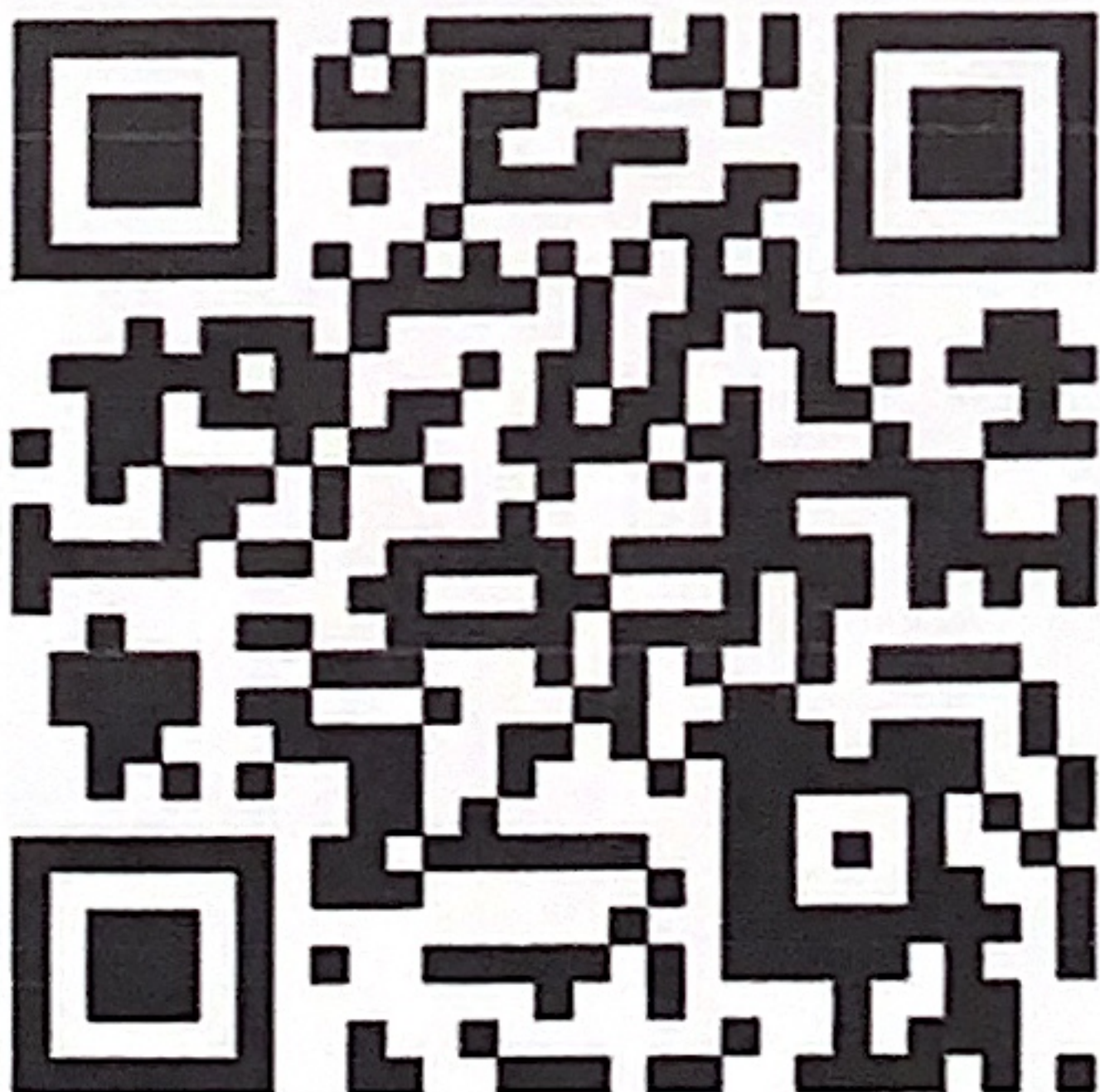
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DANIEL MANALU
NPM : 21081010189
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Informatika
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerimasanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 4 Juni 2025
Yang Membuat Pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 10,000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPULUH RIBU RUPIAH', '10000', 'TEL', 'METERAI', and 'TRAPPEL'. A unique code 'CB7FALX221746676' is printed at the bottom of the stamp.

DANIEL MANALU
NPM. 21081010189

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Daniel Manalu / 21081010189.
Judul Skripsi : Optimasi *Random Forest* Untuk *Predictive Maintenance* Dengan *Random Search* Dan *Multiclass One-Vs-Rest*.
Dosen Pembimbing : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
2. Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model *Random Forest* yang dioptimasi untuk *predictive maintenance* dengan menggabungkan *Random Search* (*tuning hyperparameter*) dan pendekatan klasifikasi *multiclass One-vs-Rest (OvR)*. Fokus penelitian adalah memprediksi enam jenis kegagalan mesin (*Tool Wear Failure*, *Heat Dissipation Failure*, *Power Failure*, *Overstrain Failure*, *Random Failure*, dan *No Failure*) menggunakan data sensor kendaraan sintetis dari *Predictive Maintenance Dataset (AI4I 2020)*. Metode meliputi pra-pemrosesan data (normalisasi, rekayasa fitur), *Random Search* untuk mengoptimasi *hyperparameter* (misal: *n_estimators*, *max_depth*), dan *OvR* untuk menangani ketidakseimbangan kelas. Evaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, *ROC-AUC*, dan *Matthews Correlation Coefficient (MCC)*. Hasil menunjukkan model teroptimasi mencapai akurasi 99,1% dengan MCC 0,86, mengungguli model baseline. Tantangan utama terletak pada deteksi kelas minoritas (misal: *Random Failure*). Penelitian ini berkontribusi pada industri dengan meningkatkan efisiensi pemeliharaan melalui prediksi kegagalan berbasis data.

Kata kunci : *Predictive Maintenance, Random Forest, Random Search, One-vs-Rest, Optimasi Hyperparameter, Machine Learning*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Daniel Manalu / 21081010189
Thesis Title : *Random Forest Optimization for Predictive Maintenance Using Random Search and Multiclass One-vs-Rest*
Advisor : 1. Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom.
2. Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T.

This study aims to develop an optimized Random Forest model for predictive maintenance by integrating Random Search for hyperparameter tuning and a multiclass One-vs-Rest (OvR) classification approach. The research focuses on predicting six types of machine failures (Tool Wear Failure, Heat Dissipation Failure, Power Failure, Overstrain Failure, Random Failure, and No Failure) using synthetic vehicle sensor data from the Predictive Maintenance Dataset (AI4I 2020). The methodology includes data preprocessing (normalization, feature engineering), Random Search for optimizing hyperparameters (e.g., `n_estimators`, `max_depth`), and OvR to handle class imbalance. Evaluation metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, ROC-AUC, and Matthews Correlation Coefficient (MCC) were used. Results show that the optimized model achieved 99.1% accuracy with MCC 0.86, outperforming the baseline. However, challenges remain in detecting minority classes (e.g., Random Failure). This research contributes to industrial applications by enhancing maintenance efficiency through data-driven failure prediction.

Keywords : *Predictive Maintenance, Random Forest, Random Search, One-vs-Rest, Hyperparameter Optimization, Machine Learning*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan setiap kesempatan yang ada sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Optimasi Random Forest Untuk Predictive Maintenance Dengan Random Search Dan Multiclass One-Vs-Rest”**.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada beberapa pihak yang berperan dalam membantu penyelesaian skripsi:

1. Kedua orang tua dan abang serta adik, selaku keluarga yang selalu mendukung melalui fisik, emosional, maupun spiritual selama penulis menjalani program ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT., IPU. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Prof Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Fetty Anggraeny, S.Kom, M.Kom. selaku Koordinator Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom. selaku koordinator skripsi yang membantu dalam proses administrasi serta selalu memberikan arahan, nasehat, serta bimbingan dalam masa skripsi berlangsung.
6. Bapak Fawwaz Ali Akbar, Kom., M.Kom. selaku dosen wali yang membantu proses perkuliahan serta keberlangsungan perwalian di saat perkuliahan.
7. Ibu Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom., M.Kom. dan Bapak Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing pertama dan kedua yang selalu memberikan dukungan selama proses pengerjaan laporan skripsi.

8. Ibu Henni Endah Wahanani, S.T., M.Kom. dan Ibu Retno Mumpuni, S.Kom, M.Sc. selaku tim dosen penguji skripsi.
9. Seluruh Karyawan dan Staff bagian Tata Usaha Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dalam mengurus administrasi dan kebutuhan surat-menyerat saat pelaksanaan skripsi.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan agar terlaksananya penelitian ini.

Dengan ditulisnya skripsi ini, penulis berharap pembaca bisa mendapatkan pengetahuan dan pelajaran yang bisa diambil. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk menyempurnakan laporan ini.

Surabaya, 4 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Pengolahan Data Tabular.....	8
2.2.1. <i>Data Imputation</i>	9
2.2.2. <i>Data Normalization</i>	9
2.3. <i>Feature Engineering</i>	10
2.4. <i>Machine Learning</i>	10
2.5. <i>Random Forest</i>	11
2.5.1. <i>Bootstrap Sampling</i>	13
2.5.2. <i>Decision Tree</i>	14
2.5.3. Voting Mayoritas	15
2.6. <i>Random Search</i>	15
2.7. <i>Hyperparameter Random Search</i> pada <i>Random Forest</i>	16
2.8. <i>One-vs-Rest Classification</i>	17

2.9.	<i>Multiclass One-vs-Rest Classification pada Random Forest</i>	18
2.10.	<i>Confusion Matrix</i>	18
2.11.	<i>ROC Curve AUC</i>	20
2.12.	<i>Matthews Correlation Coefficient</i>	20
2.13.	Data Sensor Mobil	21
2.13.1.	Parameter Sensor Mobil	21
2.13.2.	Hasil <i>Predictive Maintenance</i>	24
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM		27
3.1.	Tahapan Penelitian.....	27
3.2.	Pengumpulan Data.....	29
3.3.	Pra-pengolahan Data.....	31
3.3.1.	Pemuatan Data	31
3.3.2.	Pembersihan Data	32
3.3.3.	Normalisasi Data	33
3.4.	<i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i>	34
3.5.	<i>Feature Engineering</i>	36
3.5.1.	Pembuatan Fitur Baru	37
3.5.2.	<i>One-Hot Encoding</i> untuk Variabel Kategorikal.....	38
3.5.3.	Penghapusan Fitur yang Kurang Relevan (<i>Feature Importance</i>).....	38
3.6.	<i>Feature Selection</i>	38
3.7.	Pemodelan <i>Random Forest</i>	42
3.7.1.	<i>Random Search</i> untuk <i>Hyperparameter Optimization</i>	44
3.7.2.	Pendekatan <i>Multiclass One-vs-Rest (OvR) Classification</i>	47
3.8.	Evaluasi Model	47
3.9.	Skenario Pengujian	49
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA		51
4.1.	Analisa Keseimbangan Data.....	51
4.2.	Pengujian <i>Hyperparameter Random Search</i>	52
4.3.	Pengujian dengan Perbedaan Pendekatan.....	56
4.4.	Evaluasi Akhir	58
4.4.1.	Perbandingan Kinerja Model.....	59

4.4.2.	Analisis Kinerja per Kelas.....	60
4.4.3.	Evaluasi Metrik Utama.....	61
4.4.4.	Analisis <i>Confusion Matrix</i>	61
4.4.5.	Implikasi untuk <i>Predictive Maintenance</i>	63
4.4.6.	Keterbatasan dan Tantangan.....	63
BAB V PENUTUP.....		65
5.1.	Kesimpulan.....	65
5.2.	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Machine Learning</i>	11
Gambar 2.1 <i>Random Forest</i>	12
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Laman Sumber <i>Predictive Maintenance</i> Dataset	29
Gambar 3.3 Proses Pemuatan Data ke Dalam <i>Jupyter Notebook</i>	31
Gambar 3.4 <i>Pairplot Analysis</i>	35
Gambar 3.5 <i>Correlation Heatmap</i>	36
Gambar 3.6 <i>Feature Importance</i>	42
Gambar 3.7 Algoritma <i>Random Forest</i>	43
Gambar 3.8 <i>Precision; Recall; F-1 Score</i>	48
Gambar 3.9 <i>ROC Curve AUC</i>	48
Gambar 3.10 <i>Matthews Correlation Coefficient</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perolehan Data Failure Kendaraan Mobil.....	29
Tabel 3.2 Persebaran Data <i>Failure Pairplot</i>	34
Tabel 3.3 <i>Features Score and pvalue</i>	41
Tabel 3.4 Parameter dan Skenario <i>Tuning</i>	45
Tabel 4.1 Keseimbangan Data	51
Tabel 4.2 Skenario Uji Coba <i>Random Search</i>	54
Tabel 4.3 Hasil Akurasi Skenario Pengujian <i>Hyperparameter</i>	54
Tabel 4.4 Pengujian Perbedaan Pendekatan Model	58
Tabel 4.5 Hasil ke-3 Konfigurasi Model	59
Tabel 4.6 <i>Confusion Matrix</i> Perbedaan Rasio Split Data	62