

**DEVELOPMENT OF A PROCESSING TIME PREDICTION MODEL
TO PREDICTION PARTIAL COMPONENT REPLACEMENT OF
KOMATSU PC2000-8**

By

MUHAMMAD ARIFIN
12407029

BACHELOR'S DEGREE
in

INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY



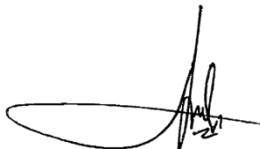
SWISS GERMAN UNIVERSITY
The Prominence Tower
Jalan Jalur Sutera Barat No. 15, Alam Sutera
Tangerang, Banten 15143 - Indonesia

Revision after Thesis Defense on January 28, 2026

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan kepada Orang tua tercinta, istri terkasih, dan anak-anak tersayang, atas doa, kasih sayang, kesabaran, serta dukungan yang tiada henti.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada teman-teman, para dosen, serta Perusahaan tercinta PT. United Tractors Tbk. yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan kesempatan sehingga studi ini dapat diselesaikan dengan baik.



Muhammad Arifin

Student

Januari 28, 2026

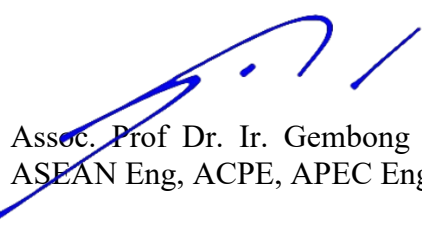
Approved by:



Eduardo Saputra, M.T.

Thesis Advisor

Januari 28, 2026



Assoc. Prof Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc., IPU,
ASEAN Eng, ACPE, APEC Eng

Thesis Co-Advisor

Januari 28, 2026

Dr. Maulahikmah Galinium S.Kom M.Sc

Dean

Januari 28, 2026

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A PROCESSING TIME PREDICTION MODEL TO PREDICTION PARTIAL COMPONENT REPLACEMENT OF KOMATSU PC2000-8

By

Muhammad Arifin

Eduardo Saputra, M.T., Advisor

Assoc. Prof. Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc., IPU, ASEAN Eng, ACPE, APEC Eng,
Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

The low Physical Availability (PA) of heavy equipment fleets is frequently attributed to the implementation of reactive maintenance strategies. This study aims to develop a Predictive Maintenance (PdM) model for forecasting Partial Component Replacement (PCR) requirements, classified into PCR and NON-PCR categories.

The research methodology is based on the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) framework, integrating a Random Forest algorithm implemented using the RapidMiner platform. The dataset consists of 839 records derived from the integration of Vehicle Health Monitoring System (VHMS) sensor data and laboratory oil analysis results.

The experimental results demonstrate that the proposed Random Forest model delivers exceptional predictive performance, achieving an accuracy of 99.72% and a correlation coefficient of 0.991. These results indicate that input variables such as engine speed, blowby pressure, oil temperature, and metal particle concentration effectively identify component degradation prior to catastrophic failure.

The implementation of this model establishes a robust foundation for data-driven maintenance decision standardization, ultimately enhancing equipment availability and improving overall mining operational efficiency.

Keywords: Prediction Maintenance, Random Forest, DMAIC, VHMS, Oil Analysis, PCR.

ABSTRAK

DEVELOPMENT OF A PROCESSING TIME PREDICTION MODEL FOR PARTIAL COMPONENT REPLACEMENT OF KOMATSU PC2000

By

Muhammad Arifin

Eduardo Saputra, M.T., Advisor

Assoc. Prof. Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc., IPU, ASEAN Eng, ACPE, APEC Eng,
Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

Rendahnya Physical Availability (PA) pada armada alat berat sering kali dikaitkan dengan penerapan strategi pemeliharaan yang bersifat reaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model Predictive Maintenance (PdM) guna memprediksi kebutuhan *Partial Component Replacement* (PCR) yang diklasifikasikan ke dalam kategori PCR dan TIDAK PCR.

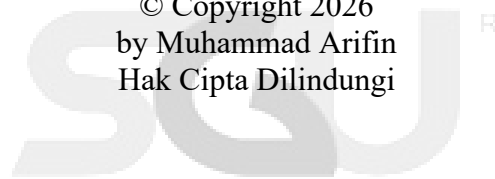
Metodologi penelitian ini menggunakan kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dengan mengintegrasikan algoritma *Random Forest* yang diimplementasikan melalui platform *RapidMiner*. Dataset penelitian terdiri dari 839 data yang diperoleh dari hasil integrasi data sensor *Vehicle Health Monitoring System* (VHMS) dan hasil analisis oli di laboratorium.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *Random Forest* yang diusulkan memiliki kinerja prediktif yang sangat baik, dengan tingkat akurasi sebesar 99,72% dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,991. Temuan ini mengindikasikan bahwa variabel masukan seperti kecepatan mesin (*engine speed*), tekanan *blowby*, suhu oli, serta konsentrasi partikel logam mampu mengidentifikasi degradasi komponen secara efektif sebelum terjadinya kegagalan yang bersifat fatal.

Implementasi model ini memberikan landasan yang kuat bagi standarisasi pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis data, yang pada akhirnya dapat meningkatkan ketersediaan alat berat serta efisiensi operasional pertambangan secara keseluruhan.

Kata kunci: Prediction Maintenance, Random Forest, DMAIC, VHMS, Oil Analysis, PCR.

© Copyright 2026
by Muhammad Arifin
Hak Cipta Dilindungi



PENGHARGAAN

Dengan mengucapkan rasa syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh komite tesis atas dukungan, arahan, serta interaksi yang terjalin selama proses penyusunan tesis ini. Bimbingan, masukan, dan motivasi yang diberikan sangat berarti dan patut untuk dihargai sebagai bagian penting dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Bapak Eduardo Saputra, M.T., selaku *Thesis Advisor*, atas bimbingan, arahan, serta kesediaannya dalam membimbing penulis secara intensif sehingga tesis ini dapat tersusun dengan baik dan layak untuk disajikan.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Assoc. Prof. Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc., IPU, ASEAN Eng., ACPE, APEC Eng., selaku Thesis Co-Advisor, atas arahan, masukan, dan petunjuk yang sangat berharga dalam pengembangan dan pendalaman substansi materi tesis ini.

Selama mengikuti perkuliahan *Bridging Program*, penulis memperoleh pengalaman pembelajaran yang sangat bermanfaat dan bermakna melalui kurikulum serta program akademik yang berkualitas dan bertaraf internasional.

Penulis berharap ilmu pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh selama masa studi ini dapat menjadi bekal dalam meningkatkan potensi diri, serta memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi keluarga, perusahaan, bangsa, dan negara.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSEMBAHAN	2
ABSTRACT.....	3
ABSTRAK.....	4
PENGHARGAAN	6
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR GAMBAR	10
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR RUMUS	12
BAB 1 - PENDAHULUAN.....	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Rumusan Masalah	20
1.3 Tujuan Penelitian	20
1.4 Manfaat Penelitian	20
1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan	20
1.4.2 Manfaat Bagi Akademis	21
1.5 Pertanyaan Penelitian	21
1.6 Hipotesis.....	21
BAB 2 - KAJIAN PUSTAKA	23
4.1 Kajian Teori	23
4.2 Overhaul atau PCR pada Alat Berat.....	25
4.3 Kondisi Mesin (Machine Condition) pada Unit Alat Berat	27
4.4 Predictive Maintenance	28
4.5 RapidMiner	28
4.6 Random Forest	29
4.7 XG Boost.....	30
4.8 Full Maintenance Contract (FMC).....	32
4.9 Ketersediaan Unit (Machine Availability)	33
4.10 Downtime atau Waktu henti.....	33
4.11 Physical Availability (PA)	34
4.12 Mean Time Between Failures (MTBF).....	34

4.13 Komtrax Plus & Maintenance Management 4.0	34
4.14 Penelitian Terdahulu	35
BAB 3 – METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1 Desain dan Kerangka Penelitian	38
3.2 Lokasi dan Subject Penelitian	39
3.3 Jenis dan Sumber Data	39
3.4 Pengolahan Data.....	39
3.5 Pengembangan Model Machiner Learning	40
3.5.1 Random Forest (RF)	40
3.5.2 Gradient Boosted Trees (GBT).....	41
3.6 Definisi Operasional Variabel.....	42
3.7 Teknik Analisa dan Validasi	42
BAB 4 - HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Jumlah Data.....	43
4.2 Jenis Data	45
4.2.1 Data Numerik	45
4.2.2 Data Kategorikal	46
4.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	47
4.4 Praproses dan Pembersihan Data	47
4.5 Tahap Transformasi dan Klasifikasi Data.....	49
4.6 Data Mining	52
4.7 Fase Analisa	53
4.8 Model Development.....	53
4.9 Hasil Machine Learning.....	54
4.10 Analisis Karakteristik Atribut Dataset	56
4.11 Hasil Pengujian dengan Model XGBoost	57
4.12 Perbandingan Hasil Algoritma Random Forest dan XGBoost	58
4.15 Data Manual Historis	59
4.13 Perancangan Standar Operasional Prosedur (SOP) Baru.....	60
4.14 Audit Standarisasi dan Keberlanjutan Sistem	61
BAB 5 – KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	65
GLOSSARY	66
REFERENCES	68

CURICULUM VITAE.....	72
LAMPIRAN.....	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Indonesia's Thermal Coal Export by Country	13
Gambar 1.2 Grafik PCR customer PT. VWX.....	17
Gambar 1.3 Performance unit PC2000	18
Gambar 2.1 Klasifikasi Maintenance Strategies	24
Gambar 2.2 Aplikasi RapidMiner Altair AI Studio	29
Gambar 2.3 Konsep Kerja Random Forest	30
Gambar 2.4 Diagram Skema dari Algoritma XGBoost	31
Gambar 2.5 Maintenance Management 4.0 website	35
Gambar 4.1 Gambar Data VHMS (Vehicle Health Monitoring System)	44
Gambar 4.2 Gambar Data Oil sampel analisis	44
Gambar 4.3 Data Daily Breakdown	47
Gambar 4.4 Seleksi data VHMS dan data cleaning	48
Gambar 4.5 Data seleksi data oil sampel dan data cleaning	49
Gambar 4.6 Sample (Data Training) after preprocessing and cleaning	49
Gambar 4.7 Proses modeling dengan Rapid miners	54
Gambar 4.8 Data Training	54
Gambar 4.9 Akurasi pada <i>Rapid miner</i>	55
Gambar 4.10 <i>Performa Vector</i>	55
Gambar 4.11 Hasil statistik model.....	56
Gambar 4.12 Hasil machine learning dengan algoritma XGBoost.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1.3 Table historis penggantian komponen	60
Tabel 1.4 Table SOP	60
Tabel 1.5 Tabel Matrik tanggung jawab	61
Tabel 2.1 Tabel Referensi Buku dan Jurnal	37
Tabel 4.1 Table Nama Variasi	46
Tabel 4.2 Tabel Checklist Audit	63



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Nilai Prediksi	32
Rumus 2.2 Rumus Additive Training Gradient Boosting.....	32
Rumus 2.3 Rumus mencari UA	34
Rumus 2.4 Rumus mencari MTBF	34
Rumus 2.5 Rumus mencari MTTR.....	34
Rumus 3.1 Rumus Random Forest	40
Rumus 3.2 Rumus Gradient Boosted Trees	41

