



**ANALISA PENGARUH *CONDITION-BASED
MAINTENANCE* (CBM) TERHADAP KINERJA ALAT
BERAT DENGAN MODERASI KONDISI
LINGKUNGAN OPERASIONAL DAN KOMPETENSI
SUMBER DAYA MANUSIA PADA INDUSTRI
PERTAMBANGAN BATUBARA DI INDONESIA**

TESIS

ANDREA SIGIT SULAKSONO

55323120002

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

2025



**ANALISA PENGARUH *CONDITION-BASED
MAINTENANCE* (CBM) TERHADAP KINERJA ALAT
BERAT DENGAN MODERASI KONDISI
LINGKUNGAN OPERASIONAL DAN KOMPETENSI
SUMBER DAYA MANUSIA PADA INDUSTRI
PERTAMBANGAN BATUBARA DI INDONESIA**

TESIS

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

ANDREA SIGIT SULAKSONO

55323120002

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2025**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Pengaruh *Condition-Based Maintenance* (CBM) terhadap Kinerja Alat Berat dengan Moderasi Kondisi Lingkungan Operasional dan Kompetensi Sumber Daya Manusia pada Industri Pertambangan Batubara di Indonesia

Nama Lengkap : Andrea Sigit Sulaksono

NIM : 55323120002

Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Industri

Tanggal : 2 September 2025

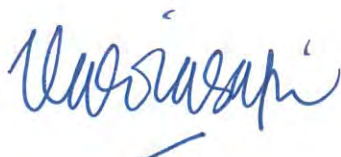
Mengesahkan,

Pembimbing



(Prof. Dr. Herry A. Prabowo, M.Sc, PhD.)

Dekan
Fakultas Teknik



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

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri



(Dr. Sawarni Hasibuan, S.T, M.T., IPU.)

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Judul : Analisa Pengaruh Condition-Based Maintenance (CBM) terhadap Kinerja Alat Berat dengan Moderasi Kondisi Lingkungan Operasional dan Kompetensi Sumber Daya Manusia pada Industri Pertambangan Batubara di Indonesia.

Nama Lengkap : Andrea Sigit Sulaksono

NIM : 55323120002

Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Industri

Tanggal : 2 September 2025

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian, dan karya saya sendiri dengan arahan pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, 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.

Jakarta, 2 September 2025



(Andrea Sigit Sulaksono)

SURAT KETERANGAN HASIL SIMILARITY

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Andrea Sigit Sulaksono
NIM : 55323120002
Program Studi : Magister Teknik Industri
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : Analisa Pengaruh *Condition-Based Maintenance* (CBM) terhadap Kinerja Alat Berat dengan Moderasi Kondisi Lingkungan Operasional dan Kompetensi Sumber Daya Manusia pada Industri Pertambangan Batubara di Indonesia.

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada Kamis, 4 September 2025 dengan hasil presentase sebesar 14 % dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 4 September 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Menteng/Meruya, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul "Analisa Pengaruh *Condition-Based Maintenance* (CBM) terhadap Kinerja Alat Berat dengan Moderasi Kondisi Lingkungan Operasional dan Kompetensi Sumber Daya Manusia pada Industri Pertambangan Batubara di Indonesia" ini dengan baik. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercu Buana. Dalam penelitian ini, penulis berfokus pada pentingnya *Condition-Based Maintenance* (CBM) sebagai strategi pemeliharaan alat berat yang berbasis kondisi nyata. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Ibu Dr. Sawarni Hasibuan, S.T, M.T. IPU, selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Prof. Dr. Herry Agung Prabowo, M.Sc, PhD. IPM. CLSSGB, selaku pembimbing tesis, atas bimbingannya membuat penelitian ini bisa terlaksana dengan baik.
5. Bapak Dr.Ir. Erry Rimawan, M.T, selaku penelaah tesis.
6. Istri, Anak, Ibunda, tercinta serta segenap keluarga atas segala dukungan moril dan doa yang selalu diberikan selama ini.
7. Seluruh Staff, Manager, General Manager dan Direksi perusahaan kontraktor pertambangan di Indonesia dan teman-teman yang telah menjadi responden penelitian dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini memberikan kontribusi positif bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Jakarta, 2 September 2025

Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *Condition-Based Maintenance* (CBM) terhadap kinerja alat berat pada industri pertambangan batubara, serta menilai peran moderasi dari kondisi lingkungan operasional dan kompetensi sumber daya manusia (SDM). Latar belakang penelitian ini berangkat dari tingginya tingkat downtime alat berat yang berdampak langsung terhadap efisiensi operasional dan potensi kerugian finansial yang signifikan di sektor pertambangan. CBM dipandang sebagai strategi pemeliharaan prediktif yang menggunakan sensor dan teknologi IoT untuk mendeteksi potensi kerusakan secara *real-time*, sehingga dapat meminimalisir *downtime* tidak terduga. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode **Structural Equation Modeling – Partial Least Squares (SEM-PLS)** yang melibatkan 207 responden dari industri kontraktor pertambangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CBM berpengaruh positif signifikan terhadap kinerja alat berat. Selain itu, kondisi lingkungan operasional dan kompetensi SDM terbukti memperkuat pengaruh CBM terhadap peningkatan kinerja. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis berupa pengembangan model integratif CBM dan faktor moderasi serta rekomendasi praktis untuk optimalisasi strategi pemeliharaan berbasis kondisi pada lingkungan operasional ekstrem. Variabel endogen *Heavy Equipment Performance* yang menunjukkan variabilitas *Predictive Data Analysis, Maintenance Actions Proactive, Supporting Technology, Operational Environment Conditions* dan *Human Resource Competency* memiliki dampak sebesar 0.723 atau setara 72.3% pada *Heavy Equipment Performance*. Dan nilai SRMR (*Standardized Root Mean Square Residual*) adalah 0.033 menunjukkan kecocokan model yang sangat baik.

Kata Kunci: Condition-Based Maintenance (CBM), Kinerja Alat Berat, Kondisi Lingkungan Operasional, Kompetensi Sumber Daya Manusia, Industri Pertambangan, SEM-PLS.

ABSTRACT

This study aims to analyze the influence of *Condition-Based Maintenance* (CBM) on the performance of heavy equipment in the coal mining industry, while also assessing the moderating roles of operational environmental conditions and human resource (HR) competencies. The research is motivated by the high level of equipment downtime, which directly impacts operational efficiency and leads to substantial financial losses in mining operations. CBM is considered a predictive maintenance strategy that utilizes sensors and IoT technology to detect potential failures in real-time, thereby minimizing unexpected downtime. A quantitative approach was employed using Structural Equation Modeling – **Partial Least Squares (SEM-PLS)** with 207 respondents from mining contractor companies. The results indicate that CBM has a significant positive effect on equipment performance. Furthermore, operational environmental conditions and HR competencies were proven to strengthen the effect of CBM on performance improvement. This research contributes theoretically by developing an integrative model of CBM and moderating factors, and offers practical recommendations for optimizing condition-based maintenance strategies in extreme operational environments. Endogenous variables of Heavy Equipment Performance that show the variability of Predictive Data Analysis, Proactive Maintenance Actions, Supporting Technology, Operational Environment Conditions and Human Resource Competence have an impact of 0.723 or equivalent to 72.3% on Heavy Equipment Performance. And the SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) value is 0.033 indicating a very good model fit.

Keywords: Condition-Based Maintenance (CBM), Heavy Equipment Performance, Operational Environmental Conditions, Human Resource Competency, Mining Industry, SEM-PLS.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	7
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
1.3.1. Tujuan Penelitian.....	7
1.3.2. Manfaat Penelitian.....	8
1.4. Asumsi dan Pembatasan Penelitian	9
1.4.1. Asumsi Penelitian.....	9
1.4.2. Pembatasan Penelitian	10
BAB II.....	11
KAJIAN PUSTAKA.....	11
2.1. Landasan Teori	11
2.1.1 Pengertian Maintenance.....	11

2.1.2 <i>Grand Theory</i>	13
2.1.3 Pengertian SEM.....	16
2.2. Penelitian Terdahulu dan <i>State of The Art</i>	19
2.2.1. Penelitian Terdahulu.....	19
2.2.2. State of The Arts.....	22
2.3. Kerangka Pemikiran	24
2.3.1. Variabel Penelitian	26
2.3.2. Hubungan Antar Variabel	27
2.4. Hipotesis Penelitian	29
BAB III.....	33
METODE PENELITIAN	33
3.1. Jenis dan Desain Penelitian.....	33
3.1.1. Jenis Penelitian	33
3.1.2. Desain Penelitian	33
3.2. Data dan Informasi	34
3.2.1. Jenis Data	34
3.2.2. Sumber Data.....	34
3.2.3. Informasi yang Relevan	34
3.2.4. Variabel, Dimensi dan Indikator	35
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.4. Populasi dan Sampel.....	36
3.5. Teknik Analisis Data	37
3.5.1. Tahapan Analisis Data.....	37
3.5.2. Analisis Deskriptif.....	37
3.5.3. Uji Validitas dan Reliabilitas	38
3.5.4. Analisis Inferensial Menggunakan SEM-PLS	38

3.5.5. Analisa IPA dan IPMA.....	40
3.5.6. Pengujian Hipotesis	40
3.5.7. Analisis Moderasi	40
3.6. Langkah-Langkah Penelitian	42
BAB IV.....	46
PEMBAHASAN HASIL.....	46
4.1 Hasil Pengolahan Data dan Analisis.....	46
4.1.1. Deskripsi Responden	46
4.1.2. Analisis Model Pengukuran (Outer Model).....	47
4.1.3. Evaluasi Model Struktural (Inner Model).....	50
4.2 Pembahasan.....	56
4.2.1. Temuan Utama	57
4.2.2. Importance-Performance Analysis (IPA)	61
4.2.3. Importance-Performance Map Analysis (IPMA).....	61
4.2.4. Keterkaitan dengan peneliti sebelumnya	62
4.2.5. Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian Selanjutnya	64
BAB V	67
KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN.....	74
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 <i>Summary of Event Breakdown time</i>	5
Tabel 1.2 <i>Overburden & Coal - Loss Production Calculation</i>	6
Tabel 2.1 <i>State of The Arts (1 of 2)</i>	22
Tabel 2.2 <i>State of The Arts (2 of 2)</i>	23
Tabel 2.3 <i>Forums of Group Discussion</i>	24
Tabel 2.4 <i>Kesimpulan FGD</i>	25
Tabel 2.5 <i>Hipotesis Penelitian</i>	29
Tabel 3.1 <i>Variabel, Dimensi dan Indikator</i>	35
Tabel 3.2 <i>Parameter dan Batasan Data dalam SmartPLS Versi 3</i>	41
Tabel 4.1 <i>Construct Realibility and Validity</i>	48
Tabel 4.2 <i>Outer Loadings</i>	49
Tabel 4.3 <i>Fornell-Larcker Criterion</i>	50
Tabel 4.4 <i>Meterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)</i>	50
Tabel 4.5 <i>R-Square</i>	52
Tabel 4.6 <i>F-Square</i>	52
Tabel 4.7 <i>Uji Fit Model</i>	53
Tabel 4.8 <i>Uji Hipotesis</i>	53
Tabel 4.9 <i>Hasil Uji Pengaruh Langsung dan Moderasi</i>	56
Tabel 4.10 <i>Hasil IPA</i>	60
Tabel 4.11 <i>Hasil IPMA</i>	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Model Konseptual Penelitian. Sumber: (Quatrini et al., 2020).....	28
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Langkah-Langkah Penelitian.....	42
Gambar 4.1. Deskripsi Responden.....	46
Gambar 4.2. Hasil SEMPLS Versi 3 - <i>ALS Algorithm Research Model</i>	47
Gambar 4.3. Hasil SEMPLS Versi 3 - <i>Bootstrapping Reasearch Model</i>	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner Penelitian.....	77
Lampiran 2. Rekapitulasi Data & Hasil Pengujian Statistik.....	82
Lampiran 3. Hasil Turnitin dari Jurnal JOSI.....	93
Lampiran 4. Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	115
Lampiran 5. Berita Acara Kegiatan Penelitian.....	116
Lampiran 5. Berita Acara Revisi Sempro, Semhas dan Sidang Akhir.....	117