



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**PENGUKURAN *AVAILABILITY* DAN MTBF UNTUK
PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *CERTIFIED*
MACHINE REBUILD DENGAN METODE FMEA**

TESIS

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**CANDRA PUROWENANG
55317120003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2021**



**PENGUKURAN *AVAILABILITY* DAN MTBF UNTUK
PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *CERTIFIED*
MACHINE REBUILD DENGAN METODE FMEA**

TESIS

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

**CANDRA PUROWENANG
55317120003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2021**

PENGESAHAN TESIS

Judul Tesis : Pengukuran *Availability* Dan MTBF Untuk Peningkatan
Kualitas Produk *Certified Machine Rebuild* Dengan Metode
FMEA

Nama Lengkap : Candra Purowenang

NIM : 55317120003

Program : Pascasarjana – Program Studi Magister Teknik Industri

Tanggal : 23 Februari 2021



Direktur
Program Pascasarjana

(Prof. Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri

(Dr. Ir. Sawarni Hasibuan, 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 : Pengukuran *Availability* Dan MTBF Untuk Peningkatan Kualitas *Certified Machine Rebuild* Dengan Metode FMEA
Nama : Candra Purowenang
NIM : 55317120003
Fakultas / Program Studi : Pasca Sarjana / Magister Teknik Industri
Tanggal : 20 Februari 2021

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 ditulis pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Februari 2021



(Candra Purowenang)

NIM : 55317120003

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

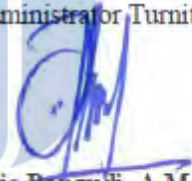
Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Candra Purowenang
NIM : 55317120003
Program Studi : Magister Teknik Industri

dengan judul

“PENGUKURAN *AVAILABILITY* DAN MTBF UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PRODUK *CERTIFIED MACHINE REBUILD* DENGAN METODE FMEA”, telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 20/02/2021, didapatkan nilai persentase sebesar 15 %.

Jakarta, 20 Februari 2021
Administrator Turnitin


Arie Pangudi, A.Md

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Menteng, 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 Direktur Program Pascasarjana UMB.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul "Pengukuran *Availability* Dan MTBF Untuk Peningkatan Kualitas Produk *Certified Machine Rebuild* Dengan Metode FMEA" ini dengan baik.

Didalam penyusunan Laporan Tesis ini, penulis mendapatkan arahan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Hernadewita, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan kesempatan, arahan dan bimbingan serta saran dalam penyusunan laporan Tesis ini.
2. Ibu Dr. Ir. Sawarni Hasibuan, MT., IPU selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Pasca Sarjana Universitas Mercu Buana.
3. Dosen pengajar dan seluruh staff sekretariat Program Studi Magister Teknik Industri atas bantuan dan supportnya selama mengikuti proses perkuliahan.
4. Rekan-rekan mahasiswa/i jurusan Magister Teknik Industri Angkatan 22 yang telah membantu, memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis selama perkuliahan, hingga pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis.
5. Rekan-rekan di perusahaan, khususnya di *Equipment Management* HO dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Ucapan terimakasih secara khusus penulis sampaikan kepada kedua orang tua Dr. Surjono, M. Phil dan Prof. Dr. Sri Wening, M. Pd yang selalu mendorong dan memotivasi agar jangan pernah meninggalkan dunia akademis disaat mengejar karir

dan pencapaian di dunia profesional; bapak dan ibu mertua Djimin Hardjito Utomo dan Sudaryanti untuk doa restunya; kepada istri terkasih Emmy Kusumawati, SP atas pengertian dan kesabarannya serta terutama untuk kedua anakku tersayang Kenyadewi dan Hastutyo semoga pencapaian ini dapat menjadi motivasi bagi dirimu kelak di kemudian hari.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada Bapak/Ibu dan rekan-rekan sekalian.

Jakarta, 11 Februari 2021

(Candra Purowenang)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Diperlukan upaya terus menerus untuk mengidentifikasi kualitas produk dengan berbagai metode untuk mencapai perbaikan yang berkelanjutan. Salah satu metode untuk mengidentifikasi kualitas produk peralatan pertambangan adalah dengan pengukuran *availability* dan MTBF produk tersebut. Dua pengukuran ini yang dipergunakan untuk mengidentifikasi masalah performa kualitas produk *Certified Machine Rebuild (CMR) Off Highway Truck (OHT)* kelas 100 Ton dibandingkan dengan unit baru untuk kemudian mendapatkan rekomendasi perbaikan kualitas yang diperlukan. Diperoleh 10 komponen dan sistem sebagai penyebab utama tingginya jam dan jumlah even *downtime*. Proses rekomendasi perbaikan menggunakan data *downtime* dengan mengidentifikasi spare parts dan jenis perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan metode *5 whys techniques* dan *cause effect analysis*. Pembuatan prioritas rekomendasi perbaikan untuk masalah kualitas yang timbul menggunakan metode FMEA berdasarkan nilai RPN dari komponen dan sistem sebagai penyebab utama *downtime* yang terjadi. Hasil penelitian ini dapat mengidentifikasi penyebab utama perbedaan kualitas produk CMR OHT 100 Ton dan memberikan rekomendasi perbaikan kepada Machine Rebuild Center (MRC) sebagai pelaksana proses rebuild produk CMR.

Kata kunci: *Mining heavy equipment, Remanufacturing, Availability, MTBF, Cause Effect Analysis, FMEA*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

To identify product quality takes a continuous effort with various methods to achieve product quality continuous improvement. One of the methods to identify quality of mining heavy equipment product is to measure availability and MTBF. That two measurement are used to identify Certified Machine Rebuild (CMR) Off Highway Truck (OHT) 100 Ton class product compared to performance of the new unit to obtain recommendations for quality improvements. There are 10 components and systems identify as the main contribute downtime hours and events. Improvements recommendation result come from analyzing downtime data with it contribute parts replacement and repairs need to perform using 5 whys techniques and cause effect analysis method. FMEA method is used to prioritize improvement recommendation from computation RPN value for components and systems that identified as the main contribute downtime hours and event. The result of this research can identify the main causes of quality differences between CMR OHT 100 tons product with the new machine and provide recommendations for improvements to the Machine Rebuild Center (MRC) as the executor of the CMR product rebuild process.

Keywords: *Mining heavy equipment, Remanufacturing, Availability, MTBF, Cause Effect Analysis, FMEA*



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian	iii
Pernyataan <i>Similarity Check</i>	iv
Pedoman Penggunaan Tesis	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Manfaat Penelitian	10
1.5 Batasan Masalah	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Teori	
2.1.1 Pengertian Pertambangan	12
2.1.2 Pengertian Alat Pertambangan	12
2.1.3 Pemilihan Alat Pertambangan	12
2.1.4 Pengadaan Alat Pertambangan	13

2.1.5	Pemeliharaan Alat Pertambangan	14
2.1.6	Strategi Pemeliharaan Alat Pertambangan	15
2.1.7	Remanufaktur	16
2.1.8	<i>Equipment Downtime</i> Alat Pertambangan	16
2.1.9	<i>Availability</i> Alat Pertambangan	17
2.1.10	<i>Mechanical Availability (MA)</i>	18
2.1.11	<i>Physical Availability (PA)</i>	19
2.1.12	<i>Contractual Availability (CA)</i>	19
2.1.13	<i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i>	20
2.1.14	<i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	21
2.2	Penelitian Sejenis	26
2.3	Kerangka Pemikiran	29
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Jenis dan Desain Penelitian	30
3.2	Sumber dan Jenis Data	32
3.3	Pemilihan Sampel	33
3.4	Teknik Pengumpulan Data	33
3.5	Teknik Analisis Data	34
3.5.1	Pengukuran <i>Availability</i> dan MTBF	34
3.5.2	Teknik Analisis Manajemen Kualitas	35
3.5.3	Teknik Analisis menggunakan FMEA	35
3.5.4	Usulan Perbaikan <i>Rebuild</i> CMR OHT	35
3.6	Langkah – Langkah Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN ANALISA		
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	37

4.1.1	Profil perusahaan	37
4.1.2	Produk, Fasilitas dan Layanan	38
4.1.3	Program Pemeliharaan Alat Pertambangan	38
4.1.4	Proses Teknologi Informasi	39
4.1.5	Proses Perawatan Dalam <i>MARC Equipment Management</i>	40
4.1.6	Proses Rebuild CMR	43
4.2	Pengumpulan Data	46
4.3	Pengukuran Kualitas Produk CMR	48
4.3.1	Pengukuran Availability (PA dan CA)	48
4.3.2	Pengukuran MTBF	52
4.5	Penyumbang <i>Downtime</i> Utama	54
4.6	Analisa Penyebab Masalah	57
4.7	Penentuan Prioritas Perbaikan Dengan FMEA	64
4.8	Usulan Perbaikan	66
BAB V PEMBAHASAN		
5.1	Temuan Utama	70
5.2	Keterkaitan Dengan Penelitian Sebelumnya	73
5.3	Implikasi Industri	75
5.4	Keterbatasan Penelitian	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	77
6.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN		83

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	CMR <i>Market Penetration Mining Sub Industries</i> 2005 – 20207
Tabel 2.1	Peringkat <i>Severity</i> Pada Proses FMEA23
Tabel 2.2	Peringkat <i>Occurance</i> Pada Proses FMEA24
Tabel 2.3	Peringkat <i>Detection</i> Pada Proses FMEA25
Tabel 2.4	Penelitian Lain26
Tabel 2.5	Ringkasan Metode Penelitian28
Tabel 4.1	Sample Data OHT 100 Ton47
Tabel 4.2	Komparasi Pengukuran PA dan CA <i>Fleet</i> OHT 100 Ton51
Tabel 4.3	Komparasi Pengukuran MTBF <i>Fleet</i> OHT 100 Ton54
Tabel 4.4	Parts Penyumbang <i>Downtime</i> Utama CMR <i>Fleet</i> – 2 Tahun58
Tabel 4.5	Hasil FGD – <i>Root Cause Analysis</i>62
Tabel 4.6	FMEA Produk <i>Fleet</i> CMR OHT 100 Ton - 2 Tahun Operasi65
Tabel 4.7	Rencana Dan Tindakan Perbaikan (5W1H)67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Produksi, DMO, Ekspor Batubara Indonesia	1
Gambar 1.2	Grafik Harga Batubara Acuan Indonesia	2
Gambar 1.3	Grafik Harga Komoditas Mineral Dunia	3
Gambar 1.4	Grafik Penjualan Alat Berat di Indonesia	3
Gambar 1.5	Optimalisasi <i>Cost Per Ton</i> Dengan Unit CMR	5
Gambar 1.6	Jumlah Produk <i>CMR By Industries 2005 – 2020</i>	6
Gambar 1.7	Jumlah <i>CMR By Mining Sub Industries 2005 - 2020</i>	6
Gambar 1.8	Produksi Tahunan Kalimantan <i>Machine Rebuild Center</i>	9
Gambar 2.1	Diagram Alir Pelaksanaan FMEA	22
Gambar 2.2	Kerangka Pemikiran Penelitian	29
Gambar 3.2	Langkah – langkah Penelitian	36
Gambar 4.1	Alur Proses Perawatan Unit Dalam Equipment Management	40
Gambar 4.2	CAT VSM <i>Certified Machine Rebuild</i>	45
Gambar 4.3	Alur Proses CMR di MRC	45
Gambar 4.4	Alur Proses CMR di MRC	46
Gambar 4.5	PA Masing-Masing Unit CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	48
Gambar 4.6	PA <i>Fleet</i> (4 Unit) CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	49
Gambar 4.7	Perbandingan CA <i>Fleet</i> Sebelum dan Setelah CMR (4 Unit)	50
Gambar 4.8	CA Masing-Masing Unit CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	50
Gambar 4.9	CA <i>Fleet</i> (4 Unit) CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	51
Gambar 4.10	MTBF Masing-Masing Unit CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	53
Gambar 4.11	MTBF <i>Fleet</i> (4 Unit) CMR vs Baru - 2 Tahun Operasi	53
Gambar 4.12	Pareto Penyumbang <i>Downtime</i> Utama <i>Fleet</i> CMR	55

Gambar 4.13	Pareto Penyumbang <i>Downtime</i> Utama <i>Fleet</i> Baru	55
Gambar 4.14	Jumlah Even 10 Besar <i>Downtime</i> Utama <i>Fleet</i> (4 Unit) CMR	59
Gambar 4.15	Hasil 5 <i>Whys Techniques</i> Produk CMR OHT Kelas 100 Ton	61
Gambar 4.16	Diagram Ishikawa Problem Rendahnya <i>Availability Fleet</i> CMR	64
Gambar 4.17	<i>Task Guideline</i> Pemasangan Dump Body.....	68
Gambar 4.18	<i>Task Guideline</i> Pemasangan <i>Steering Pump</i>	69



DAFTAR LAMPIRAN

<i>CMR Fleet Downtime Data</i>	83
<i>CMR Fleet Data</i>	84
<i>New Machine Fleet Data</i>	85
<i>CMR Fleet Detail Machine Data</i>	86
<i>New Machine Fleet Detail Machine Data</i>	87
<i>Parts and Repair Contribute to Downtime Data</i>	88



UNIVERSITAS
MERCU BUANA