

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	viii
INTISARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Batasan Masalah	9
1.4. Tujuan Penelitian	11
1.5. Manfaat Penelitian	11
1.6. Sistematika Penulisan	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1. Penelitian Terdahulu	14
2.2. Pertambangan Nikel Laterit di Indonesia	19
2.2.1. Karakteristik Endapan Nikel Laterit	19
2.2.2. Tahapan Penambangan Nikel Laterit	21
2.3. Strategi Perawatan Alat Berat	23
2.3.1. <i>Planned Maintenance</i>	24
2.3.2. <i>Unplanned Maintenance</i>	25
2.4. <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	26
2.4.1. <i>Functional Block Diagram</i> (FBD)	28
2.4.2. <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)	29
2.4.3. <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	35
2.4.4. <i>Task Selection</i>	38
2.5. Perhitungan Interval Waktu Pemeriksaan	41
2.5.1. <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR)	41
2.5.2. Rata-Rata Waktu Pemeriksaan	42
2.5.3. Rata-Rata Kerusakan	42
2.5.4. Frekuensi Pemeriksaan Optimal	42
2.5.5. Interval Waktu Pemeriksaan	43
2.5.6. <i>Downtime</i>	43
2.5.7. <i>Availability</i>	43

2.6.	Metode Age Replacement	44
2.7.	Distribusi Kerusakan	47
2.7.1.	Distribusi Weibull.....	47
2.7.2.	Distribusi Normal	48
2.7.3.	Distribusi Lognormal.....	49
2.7.4.	Distribusi Eksponensial	49
2.7.5.	Pengujian Distribusi dan Laju Kerusakan	50
2.7.6.	Peningkatan Reliability Komponen.....	51
2.8.	Penentuan Strategi Pemeliharaan Berbasis Analisis Statistik	52
2.8.1.	Diagram Pareto	52
2.8.2.	<i>Mean Time To Failure</i> (MTTF).....	53
2.8.3.	<i>Mean Time To Repair</i> (MTTR)	54
2.9.	<i>Integrated Maintenance Strategy</i> (IMS).....	55
2.10.	Analisis Lingkungan Tambang.....	56
2.10.1.	<i>Life Cycle Assesment</i> (LCA).....	58
2.10.2.	Batasan Sistem Studi LCA	59
2.10.3.	Pengumpulan Data Pada LCA	62
2.10.4.	Metode Penilaian Dalam LCA	63
2.10.5.	Kategori Dampak Lingkungan	64
2.10.6.	Metode Perhitungan Emisi	66
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	69
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	69
3.2.	Metode Penelitian	69
3.3.	Data dan <i>Software</i> Penelitian.....	70
3.3.1.	Sumber Data	70
3.3.2.	Jenis Data.....	71
3.3.3.	Perangkat Lunak Penelitian (<i>Software</i>)	72
3.4.	Diagram Alir.....	72
3.5.	Analisis Data.....	75
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	78
4.1.	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	78
4.1.1.	Penyusunan <i>Functional Block Diagram</i> (FBD)	78
4.1.2.	Penentuan Subsistem Prioritas Menggunakan Diagram Pareto	81
4.1.3.	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)	85
4.1.4.	Penyusunan <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	91
4.1.5.	<i>Task Selection</i>	93
4.2.	Penentuan Interval Waktu Pengantian dan Pemeriksaan Komponen Kritis	95
4.2.1.	Pengolahan Data <i>Time To Failure</i> (TTF) dan <i>Time To Repair</i>	

(TTR)	96
4.2.2. Pengujian Distribusi Data (<i>Goodness of Fit Test</i>)	98
4.2.3. Penentuan Parameter TTF dan TTR	100
4.2.4. Perhitungan <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF)	102
4.2.5. Penerapan Metode <i>Age Replacement</i> Untuk Penentuan Interval Waktu <i>Preventive Maintenance</i>	104
4.2.6. Penentuan Interval Perawatan Komponen Kritis	109
4.2.7. <i>Availability</i> Komponen Kritis Sesudah <i>Preventive Maintenance</i>	111
4.2.8. <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Preventive Maintenance</i>	113
4.3. Penyusunan <i>Integrated Maintenance Strategy</i> (IMS)	121
4.4. <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA)	122
4.4.1. Penilaian Dampak Lingkungan	124
4.4.2. Interpretasi Hasil Penilaian Dampak Lingkungan	127
4.4.3. Kontributor Utama (<i>Hotspot</i>) dan Mitigasi	129
4.4.4. Analisis Skenario Rekomendasi Transisi Energi	132
BAB V PENUTUP	138
5.1. Kesimpulan	138
5.2. Saran	140
DAFTAR PUSTAKA	143
LAMPIRAN	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jumlah Cadangan Nikel Dunia Tahun 2024	1
Gambar 1.2 Peta Sebaran Sumber Daya, Cadangan, dan IUP Nikel Nasional	2
Gambar 1.3 Tahapan Pertambangan Nikel	3
Gambar 1.4 Konsumsi Bahan Bakar B35 PT SMA	5
Gambar 1.5 <i>Mechanical Availability</i> Alat Berat PT SMA	5
Gambar 2.1 Model Zonasi Endapan Nikel Laterit pada Zona Limonit	20
Gambar 2.2 Model Zonasi Endapan Nikel Laterit pada Zona Saprolit	20
Gambar 2.3 Jenis-Jenis Tindakan <i>Maintenance</i>	23
Gambar 2.4 Alur <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	37
Gambar 2.5 Format Penyajian LTA	38
Gambar 2.6 <i>Task Selection</i> (Smith & Glen, 2004)	40
Gambar 2.7 Siklus Kebijakan <i>Age Replacement</i>	44
Gambar 2.8 Contoh Diagram Pareto	53
Gambar 2.10 <i>LCA Framework</i>	59
Gambar 2.11 Batasan Sistem Studi LCA	60
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (1/2)	73
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (2/2)	74
Gambar 4.1 <i>Functional Block Diagram</i> (FBD) ADT	78
Gambar 4.2 <i>Functional Block Diagram</i> (FBD) <i>Excavator</i>	79
Gambar 4.3 <i>Functional Block Diagram</i> (FBD) <i>Dozer</i>	80
Gambar 4.4 <i>Diagram Pareto</i> ADT	81
Gambar 4.5 <i>Diagram Pareto Excavator</i>	82
Gambar 4.6 <i>Diagram Pareto Dozer</i>	83
Gambar 4.7 Grafik nilai D(Tp) <i>Tyre</i> ADT	106
Gambar 4.8 Grafik nilai D(Tp) <i>Rubber Spring</i> ADT	107
Gambar 4.9 Grafik nilai D(Tp) <i>Fuel Filter & Water Separator</i> <i>Excavator</i>	107
Gambar 4.10 Grafik nilai D(Tp) <i>Track Link</i> <i>Dozer</i>	108
Gambar 4.11 Grafik nilai D(Tp) <i>Fuel Filter</i> <i>Dozer</i>	108
Gambar 4.12 Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Perventive</i>	

<i>Maintenance</i> Komponen <i>Fuel Filter & Water Separator</i> Excavator.....	115
Gambar 4.13 Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Perventive</i>	
<i>Maintenance</i> Komponen <i>Tyre</i> ADT.....	115
Gambar 4.14 Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Perventive</i>	
<i>Maintenance</i> Komponen <i>Rubber Spring</i> ADT	115
Gambar 4.15 Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Perventive</i>	
<i>Maintenance</i> Komponen <i>Track Link</i> Dozer	116
Gambar 4.16 Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Perventive</i>	
<i>Maintenance</i> Komponen <i>Fuel Filter</i> Dozer	116
Gambar 4.17 Perbandingan Nilai <i>Reliability</i> Total Sebelum dan Sesudah	
<i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Fuel Filter & Water Separator</i> Excavator	117
Gambar 4.18 Perbandingan Nilai <i>Reliability</i> Total Sebelum dan Sesudah	
<i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Tyre</i> ADT	117
Gambar 4.19 Perbandingan Nilai <i>Reliability</i> Total Sebelum dan Sesudah	
<i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Rubber Spring</i> ADT	118
Gambar 4.20 Perbandingan Nilai <i>Reliability</i> Total Sebelum dan Sesudah	
<i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Track Link</i> Dozer.....	118
Gambar 4.21 Perbandingan Nilai <i>Reliability</i> Total Sebelum dan Sesudah	
<i>Preventive Maintenance</i> Komponen <i>Fuel Filter</i> Dozer.....	118
Gambar 4.22 Alur <i>Input</i> dan <i>Output</i> Proses Penambangan Nikel	123
Gambar 4.23 Karakterisasi Dampak Lingkungan.....	125
Gambar 4.24 Dampak Lingkungan Berdasarkan Emisi.....	126
Gambar 4.25 Dampak Lingkungan Berdasarkan Tahapan Penambangan.....	126
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Skenario Teknologi Alternatif Terhadap Dampak <i>Global Warming</i> (GWP100a).....	134
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Skenario Teknologi Alternatif Terhadap Dampak Pengasaman (<i>Acidification</i>).....	135
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Skenario Teknologi Alternatif Terhadap Dampak <i>Photochemical Oxidation</i>	135
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Skenario Teknologi Alternatif Terhadap Dampak <i>Terrestrial Eutrophication</i>	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Research Gap Penelitian Terdahulu	17
Tabel 2.2 Skala Tingkat Keparahan (<i>Safety</i>).....	32
Tabel 2.3 Skala Tingkat <i>Occurrence</i>	33
Tabel 2.4 Skala Tingkat Deteksi (<i>Detection</i>).....	34
Tabel 2.5 Metode <i>Life Cycle Impact Assesment</i> (LCIA)	63
Tabel 2.6 Kategori Dampak Lingkungan.....	65
Tabel 2.7 <i>Base Emission Factor</i> (BEF) <i>Standar Stage V</i>	67
Tabel 2.8 <i>Deterioration Factor</i> Berdasarkan Umur Mesin	67
Tabel 4.1 Sistem Prioritas Berdasarkan Analisis Diagram Pareto	84
Tabel 4.2 Komponen Prioritas Berdasarkan Frekuensi Downtime.....	84
Tabel 4.3 Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Komponen Prioritas	86
Tabel 4.4 Penilaian Risiko dan <i>Risk Priority Number</i> Komponen Prioritas.....	88
Tabel 4.5 Komponen Kritis Terpilih Berdasarkan RPN	90
Tabel 4.6 Analisis Komponen Kritis Berdasarkan <i>Criticality</i>	92
Tabel 4.7 <i>Criticality Analysis</i> dan Penentuan <i>Selection Task</i> Komponen Kritis ..	94
Tabel 4.8 Pengolahan Data Historis Komponen	97
Tabel 4.9 Goodness of Fit <i>Tyre ADT</i>	98
Tabel 4.10 Distribusi Terpilih Goodness of Fit Komponen Kritis	99
Tabel 4.11 Estimasi Parameter Distribusi Komponen Kritis	101
Tabel 4.12 <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF) Komponen Kritis	103
Tabel 4.13 <i>Time To Repair</i> (TTR) Komponen Kritis	104
Tabel 4.14 Parameter Perhitungan Interval Perawatan	109
Tabel 4.15 Interval Pemeriksaan Komponen Kritis	110
Tabel 4.16 Nilai <i>Downtime</i> Minimum dan <i>Availability</i> Komponen Kritis.....	112
Tabel 4.17 <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah <i>Preventive Maintenace</i> (%).....	119
Tabel 4.18 Integrasi Strategi Perawatan dan Interval Komponen Kritis	121
Tabel 4.19 Hasil <i>Life Cycle Inventory</i>	124
Tabel 4.20 Hasil Penilaian Dampak Lingkungan	125
Tabel 4.21 Dampak Lingkungan Proses <i>Hauling</i> pada Setiap Skenario	133