

**KAJIAN TEKNIS ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK
MEMENUHI TARGET PRODUKSI MATERIAL
ORE DAN WASTE PADA BULAN FEBRUARI 2023
DI PT SAMUDERA MULIA ABADI *JOB SITE*
PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW,
SULAWESI UTARA**

SKRIPSI

Oleh:

**MARSYA LAUDET DOMINUM PELAMONIA
112190029**



**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

**KAJIAN TEKNIS ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK
MEMENUHI TARGET PRODUKSI MATERIAL
ORE DAN WASTE PADA BULAN FEBRUARI 2023
DI PT SAMUDERA MULIA ABADI *JOB SITE*
PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW,
SULAWESI UTARA**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Oleh:

**MARSYA LAUDET DOMINUM PELAMONIA
112190029**

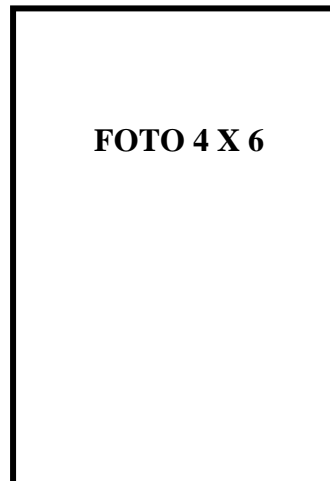


**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL " VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

**KAJIAN TEKNIS ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK
MEMENUHI TARGET PRODUKSI MATERIAL
ORE DAN WASTE PADA BULAN FEBRUARI 2023
DI PT SAMUDERA MULIA ABADI *JOB SITE*
PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW,
SULAWESI UTARA**

Oleh:

**MARSYA LAUDET DOMINUM PELAMONIA
112190029**



Disetujui untuk
Program Studi Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Tanggal :.....

Pembimbing I,

Ir. Bagus Wiyono, M.T

HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Sebab Aku ini Mengetahui Rancangan – Rancangan Apa yang ada pada-Ku Mengenai Kamu,
Demikianlah Firman Tuhan, yaitu Rancangan Damai Sejahtera
dan Bukan Rancangan Kecelakaan,
untuk Memberikan kepadamu Hari Depan yang Penuh Harapan”*

Yeremia 29 : 11

*“Mengiringi Doa yang Tulus, Harapan Ku dapati
dalam KasihNya yang Abadi”*

Beta Persembahkan Voor :

Mama Maya, Papa John, Maryo, Marfi, Oma Syen,

*Tenanglah dalam Keabadian untukmu,
Alm.Opa Ben dan Almh. Ma Ita,*

RINGKASAN

PT. Samudera Mulia Abadi (SMA) merupakan perusahaan kontraktor dari PT. J Resources yang bergerak dalam bidang pertambangan bijih emas dengan menggunakan metode *open pit*. Kegiatan penambangan berlokasi di Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Pada bulan Januari 2023, Pit *West Mainridge* memiliki persentase ketercapaian produksi material *ore* dan *waste* sebesar 97%, belum memenuhi target yang ditetapkan. Target produksi yang tidak tercapai pada Bulan Januari dibebankan pada bulan selanjutnya, sehingga target produksi Pit *West Mainridge* menjadi semakin meningkat pada Bulan Februari 2023. Target produksi material *ore* adalah 202.969 ton/bulan dan material *waste* adalah 419.807 ton/bulan, oleh karena itu diperlukan suatu kajian terhadap alat muat dan alat angkut untuk dapat memenuhi target produksi yang baru.

Penelitian ini menggunakan *fishbone diagram* untuk membantu menyimpulkan permasalahan yang terjadi secara komprehensif. Metode yang digunakan merupakan implementasi dari *Total Productive Maintenance* (TPM) yaitu metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan analisis *Six Big Losses*. Peralatan mekanis yang digunakan terdiri dari satu *fleet* yaitu 1 unit *excavator* Volvo 950E, dengan kombinasi 3 jenis alat angkut yaitu 6 unit OHT CAT 773E, 3 unit DT LG DW90A, dan 1 unit ADT VOL A45G.

Produksi material *ore* yang dihasilkan pada bulan Februari 2023 di Pit *West Mainridge* adalah 183.291 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 90% dan material *waste* adalah 393.418 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 94%, belum memenuhi target yang ditetapkan. Produksi yang tidak tercapai dipengaruhi oleh rendahnya tingkat efektivitas kerja peralatan mekanis berdasarkan analisis metode OEE nilai yang diperoleh berkisar antara 64% - 68%. Berdasarkan analisis *Six Big Losses* secara kumulatif waktu hambatan kerja aktual yang terjadi pada peralatan mekanis adalah 1729,14 menit. Indikator *idling & minor stoppage* merupakan indikator hambatan kerja terbesar yaitu 811,27 menit.

Upaya yang dapat dilakukan adalah meningkatkan persentase nilai OEE menjadi 68% - 72% yang memiliki tingkat efektivitas pada **kategori sedang** (Nilai OEE 60% - 84%) menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Peningkatan nilai OEE akan mempengaruhi penurunan persentase terhadap *Six Big Losses* sehingga dapat meningkatkan ketercapaian produksi peralatan mekanis. Produksi material *ore* setelah perbaikan adalah 205.593 ton/bulan dengan persentase ketercapaian sebesar 101% mengalami peningkatan 11%, sedangkan produksi material *waste* adalah 425.318 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 101% mengalami kenaikan sebesar 8%.

SUMMARY

PT. Samudera Mulia Abadi (SMA) is a contracting company affiliated with PT. J Resources, specializing in gold ore mining using the open pit method. The mining operations are situated in the village of Bakan, Lolayan District, Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi Province. In January 2023, Pit West Mainridge achieved a production percentage of 97% for material ore and waste, falling short of the set targets. The unmet production target for January was carried over to the following month, resulting in an increased production target for Pit West Mainridge in February 2023. The new production targets are 202.969 tons/month for material ore and 419.807 tons/month for material waste. Consequently, an analysis of loading and hauling equipment is required to meet these new production targets.

This research employs a fishbone diagram to comprehensively identify the underlying issues. The methodology used is an implementation of Total Productive Maintenance (TPM), specifically the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, and Six Big Losses analysis. The mechanical equipment used consists of a single fleet, which includes 1 unit of excavator Volvo 950E, with a combination of 6 units of OHT CAT 773E, 3 units of DTLG DW90A, and 1 unit of ADT VOLA45G.

The material ore production achieved in February 2023 at Pit West Mainridge was 183.291 tons/month with an accomplishment rate of 90%, and material waste production was 393.418 tons/month with an accomplishment rate of 94%, still falling short of the established targets. The unmet production targets were influenced by the low effectiveness of the mechanical equipment, as indicated by the OEE analysis, which yielded values ranging from 64% to 68%. Cumulatively, based on the Six Big Losses analysis, the actual equipment downtime amounted to 1729,14 minutes. The idling and minor stoppage indicators were the most significant contributors, accounting for 811,27 minutes.

Efforts that can be undertaken include improving the OEE value to a range of 68% to 72%, which falls within the moderate effectiveness category (OEE value of 60% to 84%) according to the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). The increase in OEE value will lead to a reduction in the percentage of Six Big Losses, thus improving the achievement of mechanical equipment production. After the improvements, the production of material ore reached 205.593 tons/month with an accomplishment rate of 101%, representing an 11% increase. Meanwhile, the production of material waste amounted to 425.318 tons/month with an accomplishment rate of 101%, reflecting an 8% increase.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih karunia-Nya, sehingga penyusunan skripsi dengan judul **Kajian Teknis Alat Muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi Material Ore dan Waste Pada Bulan Februari 2023 di PT Samudera Mulia Abadi, Job Site PT J Resources Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara** dapat diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan pada 3 Februari - 12 April 2023. Atas terselesaikannya penyusunan skripsi ini, penulis berterima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Mohamad Irhas Effendi., M. Si, selaku Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral.
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Pembahas III.
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah., M.T, selaku Koordinator Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan.
5. Bapak Ir. Bagus Wiyono., M.T. selaku Pembimbing I.
6. Bapak Muhammad Fadhil Goldi., S.T. selaku Pembimbing Lapangan I.
7. Department *Mine Technical* PT Samudera Mulia Abadi.
8. Bapak Ir. R. Hariyanto., M.T. selaku Pembahas I.
9. Ibu Dr. Rika Ernawati., S.T, M.Si. selaku Pembahas II.
10. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak – pihak terkait.

Yogyakarta, 1 Agustus 2023

Penyusun

(Marsya Laudet Dominum P)

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	v
<i>SUMMARY</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN UMUM	6
2.1. Lokasi Kesampaian Daerah.....	6
2.2. Iklim dan Curah Hujan	6
2.3. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	8
2.4. Kegiatan Penambangan	12
2.5. Peralatan Bantu.....	15
III. LANDASAN TEORI	17
3.1. Dasar Penentuan Peralatan Mekanis	17
3.2. Metode Pemuatan	17
3.3. Konstruksi Jalan Angkut	18
3.4. Geometri Jalan Angkut.....	20
3.5. Kapasitas Alat.....	25
3.6. Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	28
3.7. <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	29
3.8. <i>Cause Effect Diagram (Fish Bone)</i>	35
3.9. Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut	36
3.10. <i>Match Factor Heterogenous</i>	36
3.11. Teori Uji Kecukupan Data.....	38

	Halaman
IV. HASIL PENELITIAN	39
4.1. Tinjauan Lokasi Penambangan.....	39
4.2. Tahapan Pemuatan.....	39
4.3. Jalan Angkut	42
4.4. Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	45
4.5. Waktu Kerja Efektif.....	46
4.6. Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut	52
4.7. Faktor Kecerahan Kerja Alat Muat dan Alat Angkut.....	53
V. PEMBAHASAN.....	54
5.1. Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut	54
5.2. Analisis Faktor Penyebab Ketidaktercapaian Target Produksi.....	54
5.3. Upaya Peningkatan Produksi.....	70
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	86
6.1. Kesimpulan.....	86
6.2. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Peta Kesampaian Daerah.....	7
2.2. Grafik Rata – Rata Curah Hujan Tahun 2012-2022.....	9
2.3. Peta Tatanan Tektonik Pulau Sulawesi (Apandi & Bachri, 1997).....	9
2.4. Peta Geologi Regional.....	13
2.5. <i>Drill Machine</i> Junjin JD 1500.....	14
2.6. Tamrock DP 1 100i	14
2.7. Proses <i>Stemming</i>	14
2.8. Kegiatan Peledakan.....	14
2.9. Kegiatan Pemuatan (<i>Loading</i>).....	15
2.10. Proses Pengangkutan Material <i>Ore</i> menuju HLP	16
2.11. Lokasi <i>Heap Leach Pad</i>	16
2.12. Proses Penimbunan Material <i>Waste</i>	16
2.13. Lokasi <i>Waste Dump Magazine</i>	16
2.14. <i>Motor Grader</i>	16
2.15. <i>Bulldozer</i>	16
3.1. Pola Pemuatan <i>Top Loading</i> dan <i>Bottom Loading</i> (Hustrulid & Kuchta, 2013)	18
3.2. Pola Pemuatan <i>Single Back Up & Double Back Up</i> (Hustrulid & Kuchta, 2013).....	18
3.3. Struktur Jalan Angkut (Seelye, 1945)	19
3.4. Distribusi Beban dibawah Ban (Seelye, 1945)	20
3.5. Lebar Jalan Angkut dalam Keadaan Lurus (Hustrulid & Kuchta, 2013)..	21
3.6. Lebar Jalan Angkut pada Tikungan untuk 2 Jalur (Monenco, 1989).....	21
3.7. Efek Gaya Sentrifugal pada Tikungan (Hustrulid & Kuchta, 2013).....	23
3.8. Kemiringan Jalan Angkut	24
3.9. <i>Cross Slope</i> (Hustrulid dkk, 2006).....	25
3.10. Faktor Pengisian <i>Bucket</i> Visual (Caterpillar, 2013).....	27
3.11. Siklus Waktu Edar Alat Angkut (Burt & Caccetta, 2018).....	29

Gambar	Halaman
3.12. Diagram <i>Fishbone</i> (Ishikawa, 1968).....	35
3.13. Grafik Hubungan Antara Faktor Keserasian dan Faktor Effisiensi Alat (Burt & Caccetta, 2018)	37
4.1. Peta Jalan Angkut.....	40
4.2. Pola Pemuatan.....	41
4.3. Kondisi Jalan Angkut.....	42
5.1. <i>Fishbone Diagram</i>	56
5.2. Perawatan Jalan Angkut menggunakan <i>Bulldozer</i>	57
5.3. Penyiraman Jalan Angkut menggunakan <i>Water Truck</i>	57
5.4. Diagram Hambatan Kerja <i>Availability Factor</i>	63
5.5. Grafik Hubungan Waktu Hambatan Kerja dengan <i>Availability Factor</i>	63
5.6. Diagram Hambatan Kerja <i>Performance Factor</i>	64
5.7. Diagram Hubungan Waktu Tersedia, Hambatan Kerja dan Waktu Efektif Kerja	65
5.8. Diagram Waktu Kerja Alat menghasilkan Produk Bersih dan Cacat	66
5.9. Grafik Hubungan <i>Availability</i> , <i>Performance</i> , dan <i>Quality</i> dengan Waktu Hambatan Kerja Alat.....	67
5.10. Diagram Persentase Kumulatif <i>Six Big Losses</i>	68
5.11. Diagram Hambatan Kerja <i>Availability Factor</i> setelah Perbaikan.....	71
5.12. Diagram Peningkatan Nilai <i>Availability Factor</i>	72
5.13. Diagram Hambatan Kerja <i>Performance Factor</i> setelah Perbaikan.....	73
5.14. Diagram Peningkatan Waktu Kerja Efektif Peralatan Mekanis.....	73
5.15. Diagram Waktu Kerja Alat menghasilkan Produk Bersih dan Produk Cacat setelah Perbaikan	75
5.16. Grafik Peningkatan Nilai OEE.....	75
5.17. Diagram Hambatan <i>Idling & Minor Stoppage</i> setelah Perbaikan.....	77
5.18. Grafik Perbaikan <i>Six Big Losses</i>	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Penentuan Nilai Superelevasi (Suwandhi, 2004)	23
3.2. Klasifikasi Massa Jenis Material (Nichols, 1999).....	26
3.3. Persentase Faktor Pengisian <i>Bucket</i> (Caterpillar, 2013)	27
4.1. Lebar dan Kemiringan Jalan Angkut (<i>Pit West Mainridge – HLP</i>).....	43
4.2. Lebar dan Kemiringan Jalan Angkut (<i>Pit Mainridge – Wastedump</i>)	44
4.3. Data Superelevasi (<i>Pit West Mainridge – HLP</i>).....	45
4.4. Data Superelavasi (<i>Pit West Mianridge – Waste dump Magazine</i>).....	45
4.5. Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut	46
4.6. <i>Availability Factor</i>	47
4.7. <i>Performance Factor</i>	47
4.8. <i>Quality Factor</i>	48
4.9. Persentase <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	49
4.10. <i>Downtime Losses</i>	50
4.11. <i>Setup and Adjustment</i>	50
4.12. <i>Idling and Minor Stoppage</i>	50
4.13. <i>Reduce Speed Losses</i>	51
4.14. <i>Defect in Process</i>	51
4.15. <i>Reduce Yield Losses</i>	51
4.16. Data <i>Six Big Losses</i>	52
4.17. Produksi Material <i>Ore</i>	52
4.18. Produksi Material <i>Waste</i>	52
4.19. Total Produksi	52
5.1. Data Segmen Jalan Angkut yang Tidak Memenuhi Standar (<i>Pit West Mainridge – HLP</i>)	60
5.2. Data Segmen Jalan Angkut yang Tidak Memenuhi Standar (<i>Pit West Mainridge – Waste Dump Magazine</i>)	60
5.3. Rekapitulasi Data Six Big Losses	67
5.4. Perbaikan <i>Availability Factor</i>	71

Tabel	Halaman
5.5 Perbaikan <i>Performance Factor</i>	72
5.6 Perbaikan <i>Quality Factor</i>	74
5.7 Perbaikan <i>Idling and Minor Stoppage</i>	77
5.8 Perbaikan <i>Downtime Losses</i>	78
5.9 Perbaikan Segmen Jalan Angkut yang Tidak Memenuhi Standar (<i>Pit West Mainridge – HLP</i>).....	79
5.10. Perbaikan Segmen Jalan Angkut yang Tidak Memenuhi Standar (<i>Pit West Mainridge – Waste Dump Magazine</i>).....	80
5.11. Perbaikan Waktu Edar Alat Muat	80
5.12. Perbaikan Waktu Edar Alat Angkut (<i>Material Ore</i>)	80
5.13. Perbaikan Waktu Edar Alat Angkut (<i>Material Waste</i>).....	80
5.14. Perbaikan <i>Reduce Speed</i>	81
5.15. Perbaikan <i>Setup and Adjustment</i>	83
5.16. Perbaikan <i>Defect in Process</i> dan <i>Reduce Yield Losses</i>	83
5.17. Produksi <i>Material Ore</i> setelah Perbaikan.....	85
5.18. Produksi <i>Material Waste</i> setelah Perbaikan	85
5.19. Peningkatan Produksi setelah Perbaikan.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. DATA CURAH HUJAN	93
B. SPESIFIKASI ALAT MUAT	95
C. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT	97
D. PERHITUNGAN LEBAR MINIMUM <i>FRONT</i> PENAMBANGAN.....	103
E. FAKTOR PENGISIAN <i>BUCKET</i>	104
F. PERHITUNGAN FAKTOR PENGEMBANGAN.....	117
G. GEOMETRI JALAN ANGKUT.....	118
H. TEORI UJI KECUKUPAN DATA.....	124
I. WAKTU EDAR ALAT MUAT.....	127
J. WAKTU EDAR ALAT ANGKUT.....	129
K. PERHITUNGAN EFEKTIVITAS ALAT MENGGUNAKAN METODE <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i>	135
L. PERHITUNGAN <i>SIX BIG LOSSES</i>	147
M. PRODUKSI ALAT MUAT	158
N. PRODUKSI ALAT ANGKUT	160
O. <i>MATCH FACTOR HETEROGENOUS TRUCK FLEET</i>	164
P. PERBAIKAN WAKTU EDAR ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT SECARA TEORITIS.....	166
Q. PERBAIKAN EFEKTIVITAS KERJA ALAT BERDASARKAN METODE <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i>	176
R. PERHITUNGAN <i>SIX BIG LOSSES</i> SETELAH PERBAIKAN.....	183
S. PERHITUNGAN NILAI <i>MATCH FACTOR HETEROGENOUS TRUCK FLEET</i> SETELAH PERBAIKAN	194
T. PRODUKSI ALAT MUAT SETELAH PERBAIKAN.....	196
U. PRODUKSI ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN.....	198
V. PETA JALAN ANGKUT	202

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Samudera Mulia Abadi (SMA) merupakan perusahaan kontraktor dari PT. J Resources yang bergerak dalam bidang pertambangan bijih emas dengan menerapkan sistem tambang terbuka (*surface mining*) menggunakan metode *open pit*. Lokasi penambangan terletak di Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Hingga saat ini, kegiatan penambangan aktif dilakukan dalam *project* Mainridge yang terdiri atas Pit *West* Mainridge dan Pit *Middle* Mainridge.

Kegiatan utama penambangan bijih emas terdiri dari pembersihan lahan, pengupasan tanah pucuk dan lapisan penutup, pengeboran, peledakan, pemuatan dan pengangkutan. Pada kegiatan pemuatan material *ore* dan *waste* menggunakan alat *excavator* Volvo 950E dengan kapasitas volume *bucket* 5,6 m³, sedangkan untuk aktivitas pengangkutan menggunakan kombinasi dari tiga jenis alat angkut yaitu, *off high way truck* Caterpillar 773E dengan kapasitas volume *vessel* 30,51 m³, *dump truck* Liugong DW90A dengan kapasitas volume *vessel* 27,47 m³, dan *articulated dump truck* Volvo A45G dengan kapasitas volume *vessel* 18,33 m³.

Target produksi tiap pit dalam *project* Mainridge pada bulan Januari 2023 untuk material *ore* 190.650 ton/bulan, dan material *waste* 412.300 ton/bulan. Pit *Middle* Mainridge memiliki produksi material *ore* 193.781 ton/bulan, dan material *waste* 413.124 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 101%, sedangkan pada Pit *West* Mainridge memiliki produksi material *ore* 178.331 ton/bulan dan material *waste* 404.793 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 97%. Target produksi yang tidak tercapai di Pit *West* Mainridge mengakibatkan terjadi perubahan target produksi pada bulan Februari 2023.

Perubahan terjadi karena target produksi yang tidak tercapai pada Bulan Januari dibebankan pada bulan selanjutnya, sehingga target produksi di Pit *West Mainridge* menjadi semakin meningkat pada Bulan Februari 2023. Target produksi material *ore* adalah 202.969 ton/bulan dan material *waste* adalah 419.807 ton/bulan, oleh karena itu diperlukan suatu kajian terhadap alat muat dan alat angkut untuk dapat memenuhi target produksi yang baru.

Penelitian ini menggunakan *fishbone diagram* untuk membantu menyimpulkan permasalahan yang terjadi secara komprehensif. Metode yang digunakan mengacu pada implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM) yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengevaluasi tingkat efektivitas peralatan mekanis serta menganalisis faktor – faktor penghambat berdasarkan klasifikasi *Six Big Losses*, agar dapat melakukan upaya perbaikan sehingga target produksi dapat tercapai.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Pada bulan Januari 2023, di Pit *West Mainridge* persentase ketercapaian produksi adalah 97% (belum mencapai target), menyebabkan terjadi peningkatan target produksi pada bulan Februari 2023, antara lain material *ore* 202.969 ton/bulan dan material *waste* 419.807 ton/bulan.
2. Terdapat faktor - faktor penyebab ketidaktercapaian target produksi material *ore* dan *waste* di Pit *West Mainridge*.
3. Perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produksi alat muat & alat angkut di Pit *West Mainridge*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah ;

1. Menghitung kemampuan produksi alat muat dan alat angkut pada bulan Februari 2023.
2. Mengkaji faktor – faktor penghambat ketercapaian target produksi material *ore* dan *waste* di Pit *West Mainridge*.
3. Melakukan upaya peningkatan produksi alat muat & alat angkut untuk mendapatkan produksi yang optimal, sehingga target produksi dapat tercapai.

1.4. Batasan Masalah :

Penelitian ini dibatasi pada pembahasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada salah satu lokasi penambangan Mainridge yaitu Pit *West Mainridge*.
2. Desain rancangan penambangan mengikuti desain rancangan yang ada di perusahaan.
3. Alat yang digunakan merupakan alat yang beroperasi pada Pit *West Mainridge*.
4. Kemampuan setiap operator alat mekanis diasumsikan sama.
5. Penelitian tidak melibatkan faktor biaya atau aspek ekonomi.

1.5. Metodologi Penelitian

Penelitian ini melakukan pengamatan dan pengambilan data di lapangan secara langsung / data primer maupun secara tidak langsung / data sekunder yang akan dilakukan pengolahan data. Hasil pengolahan data akan dianalisis sehingga dapat diambil kesimpulan dan saran yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Prosedur penelitian meliputi :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap awal dalam suatu penelitian, dilakukan dengan mencari bahan – bahan pustaka yang dapat dijadikan sebagai penunjang dalam penelitian. Data dapat bersumber dari buku, maupun hasil penelitian sejenis yang juga dapat dijadikan sebagai data sekunder.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan kegiatan peninjauan lapangan secara langsung untuk melakukan pengamatan kondisi dan keadaan di lapangan serta pengamatan terhadap proses yang terjadi, hasil observasi lapangan juga dapat dijadikan sebagai data primer terhadap permasalahan yang akan dibahas.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data merupakan tahapan pengumpulan terhadap data yang berasal dari pengamatan secara langsung di lapangan (data primer) maupun literatur - literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang ada (data sekunder). Data yang digunakan dalam penelitian, sebagai berikut:

- a. Data Primer
 1. Kondisi *front* penambangan
 2. Waktu edar (*cycle time*) alat muat dan alat angkut
 3. *Bucket Fill Factor*
- b. Data Sekunder
 1. Data curah hujan
 2. Data geologi
 3. Target produksi material *ore* dan *waste*
 4. Geometri jalan angkut
 5. Spesifikasi alat angkut dan alat muat
 6. Data kehilangan waktu kerja
 7. *Swell Factor*
 8. Catatan – catatan maupun laporan – laporan yang ada di perusahaan.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus yang berkaitan dengan produksi alat muat dan alat angkut, kemudian disajikan dalam bentuk tabel, maupun rangkaian perhitungan yang kemudian akan digunakan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi. Metode yang digunakan mengacu pada implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM), yaitu metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengukur tingkat efektifitas peralatan mekanis, dan mengklasifikasikan faktor penghambat berdasarkan analisis *Six Big Losses*.

5. Analisis Data

Hasil pengolahan data digunakan untuk mengetahui kemampuan produksi alat muat dan alat angkut yang digunakan, kemudian menentukan faktor – faktor penyebab tidak tercapainya target produksi. Setelah diketahui penyebabnya, dapat ditentukan upaya – upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kegiatan produksi dengan memberikan suatu alternatif. Penelitian ini menggunakan *fishbone diagram* untuk membantu menyimpulkan permasalahan yang terjadi dan upaya perbaikan secara komprehensif. Hasil analisis yang diperoleh akan dilakukan penilaian sehingga dapat diambil suatu kesimpulan.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain :

1. Dapat mengembangkan ilmu dibidang pertambangan.
2. Dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang berkaitan dengan masalah yang dibahas pada penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1. Lokasi Kesampaian Daerah

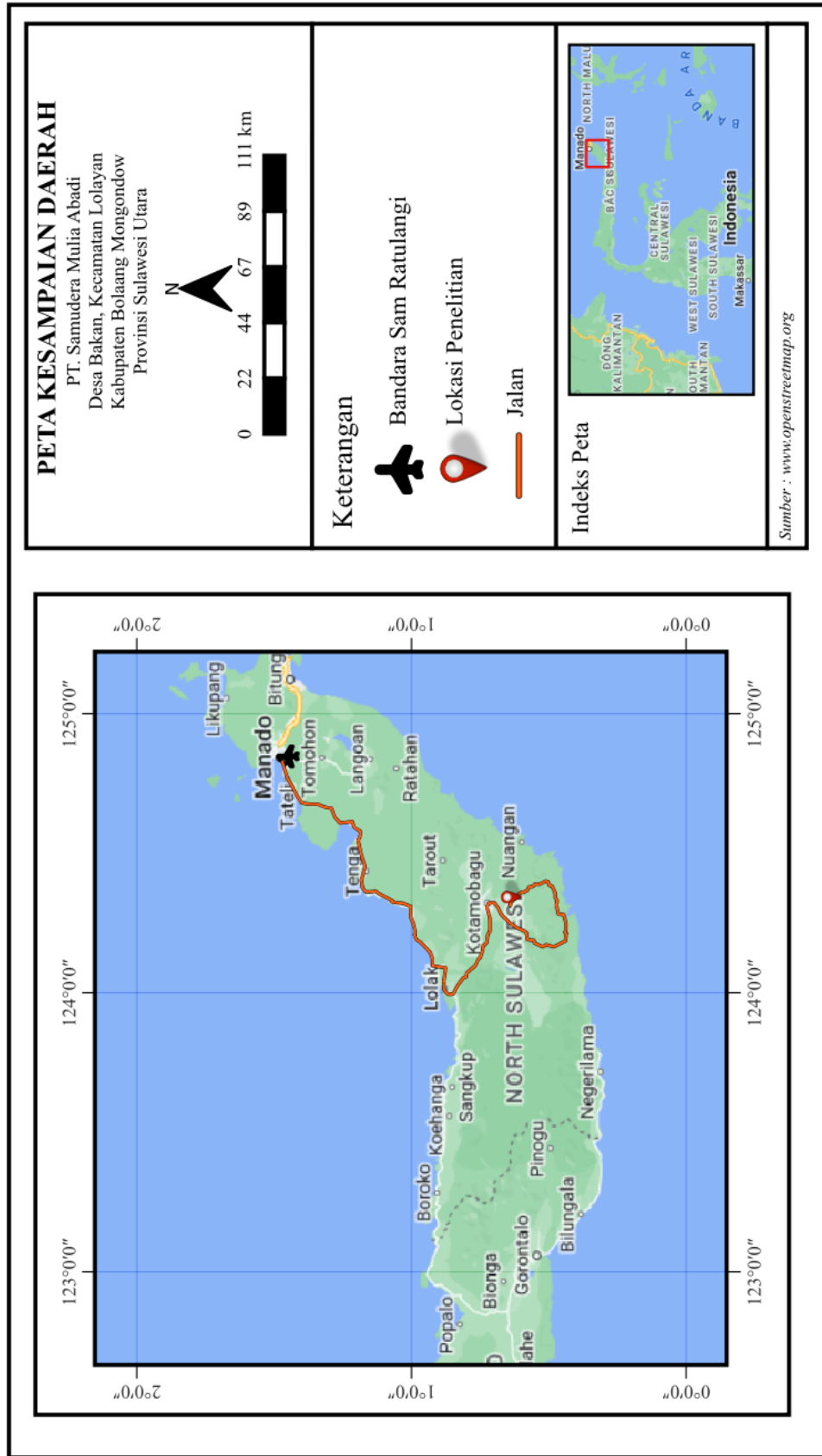
PT Samudera Mulia Abadi *job site* PT J Resources secara administrasi terletak di Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Secara astronomis, Perusahaan ini terletak pada koordinat $0^{\circ} 33' 33,05''$ LU - $0^{\circ} 35' 12,81''$ LU dan $124^{\circ} 17' 52''$ BT - $124^{\circ} 19' 16''$ BT. Luas wilayah daerah IUP adalah 196,5 Ha.

Perjalanan menuju ke lokasi penelitian dilakukan dengan perjalanan udara dari Yogyakarta melalui Bandara Internasional Yogyakarta menuju ke Bandara Sam Ratulangi yang berlokasi di Kota Manado. Perjalanan dilanjutkan dengan menggunakan kendaraan roda dua dan atau roda empat dari Kota Manado menuju Desa Bakan melalui jalur alternatif Kotamobagu – Bolaang Mongondow dengan jarak kurang lebih 188,5 km, kemudian dari Desa Bakan menuju lokasi penelitian ditempuh dengan jarak kurang lebih 18 km. Peta kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 2.1

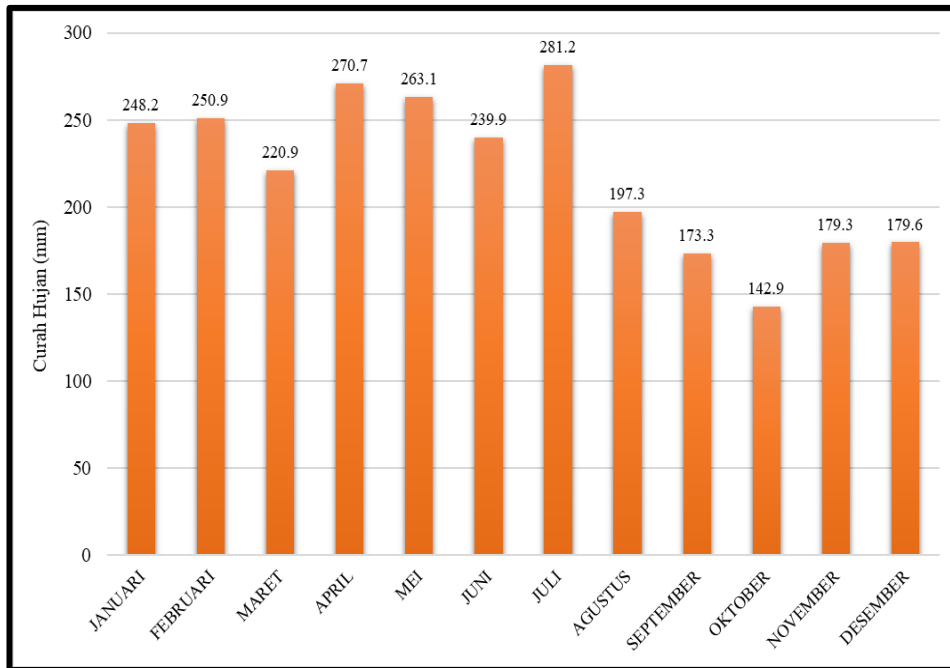
2.2. Iklim dan Curah Hujan

Lokasi penelitian termasuk dalam iklim tropis yang terdiri dari musim kemarau dan musim hujan, memiliki suhu rata-rata 26°C dengan kelembaban mencapai 89% (NASA Power, 2023). Berdasarkan data tingkat curah hujan selama sepuluh tahun terakhir menunjukkan bahwa tingkat curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Juli memiliki rata-rata curah hujan sebesar 281,24 mm dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Oktober memiliki rata-rata curah hujan sebesar 142,87 mm (Gambar 2.2).

Seperti pada umumnya daerah tropis, jenis hujan yang terjadi adalah hujan konvektif yang mempunyai ciri intensitas hujan tinggi dan waktu yang pendek. Data curah hujan dapat dilihat pada Lampiran A.



Gambar 2.1
 Peta Lokasi Kesampaian Daerah



Gambar 2.2
Grafik Rata – Rata Curah Hujan Tahun 2012 - 2022

2.3. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

2.3.1. Fisiografi

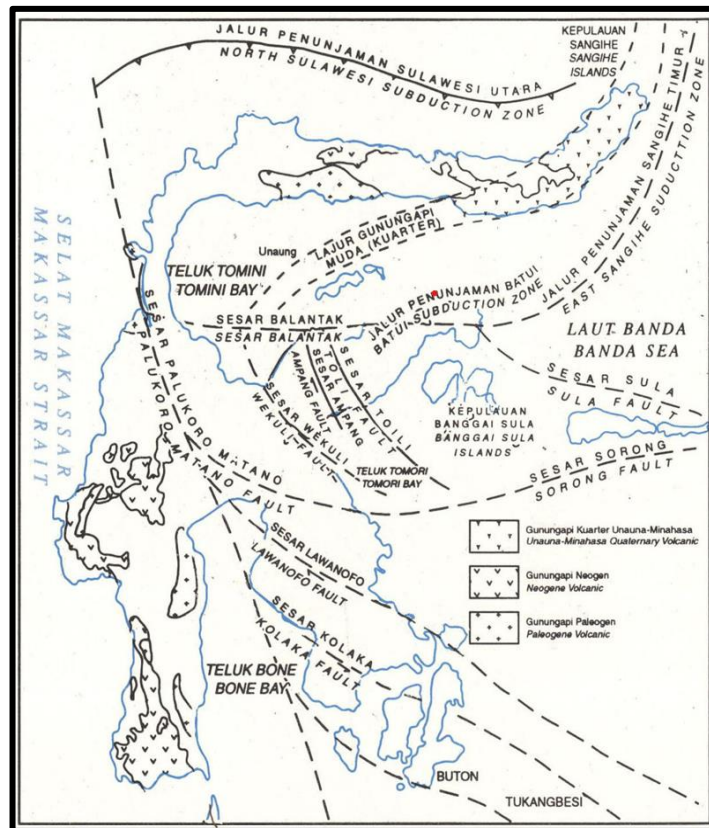
Sulawesi menjadi salah satu wilayah yang memiliki kondisi geologi kompleks disebabkan oleh perpaduan antara dua rangkaian orogenesis yaitu Busur Kepulauan Asia Timur dan Sistem Pegunungan Sunda, sehingga sebagian besar wilayah Sulawesi didominasi oleh pegunungan dan dataran tinggi, menjadikan pulau ini sebagai daerah yang memiliki banyak pegunungan dibandingkan dengan pulau – pulau lainnya di Indonesia (Sutardji, 2006).

Topografi Pulau Sulawesi sebagian besar merupakan pegunungan dengan wilayah datar (< 50m dpl) sekitar 10,3% dari luas wilayah keseluruhan. Peta tektonik Pulau Sulawesi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Fisiografi Pulau Sulawesi terbagi atas lima lengan utama antara lain, lengan selatan, lengan tengah, lengan timur, lengan tenggara dan lengan utara yang merupakan letak wilayah penelitian. Sulawesi bagian utara terbagi atas tiga bagian yaitu, seksi Minahasa, seksi Gorontalo dan jenjang Sulawesi Utara.

1. Seksi Minahasa terbentang dari ujung timur lengan utara Sulawesi dan bersambung dengan pegunungan Sangihe yang terbentuk oleh aktivitas vulkanis pegunungan Sopotan.

2. Seksi Gorontalo terletak pada bagian tengah lengan utara Sulawesi dengan arah timur ke bawah. Aktivitas vulkanis menyebabkan lebar daratannya sekitar 35 - 110 km, akan tetapi bagian baratnya menyempit 30 km (antara Teluk Dondo di pantai utara dan Tihimbo di pantai selatan). Seksi ini dilintasi oleh sebuah depresi menengah yang memanjang yaitu sebuah jalur antara rangkaian pegunungan di pantai selatan yang disebut Zona Limboto.
3. Jengjang Sulawesi Utara, memiliki arah dari utara ke selatan dan terdapat depresi yang merupakan lanjutan Zona Limboto yang sebagian besar ditutup oleh vulkan-vulkan muda. (Sutardji, 2006).



Gambar 2.3

Peta Tatahan Tektonik Pulau Sulawesi (Apandi & Bachri, 1997)

2.3.2. Stratigrafi

Wilayah Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow tersusun atas beberapa formasi (Gambar 2.4), antara lain :

1. Endapan Danau (Qpl)

Endapan danau tersusun oleh batulempung kelabu yang memiliki karakteristik berbutir halus hingga kasar serta kerikil yang dijumpai di beberapa tempat. Satuan

ini termampatkan lemah, memiliki ketebalan berdasarkan data bor adalah 94 m (Trail dkk, 1974).

2. Batuan Gunung Api Ambang (Qav)

Batuan Gunung Api Ambang tersusun oleh tuf, aglomerat, lahar, lava dan endapan belerang didalam kawah.

3. Molasa Selebes (Qts)

Molasa Selebes adalah endapan – endapan orogen yang terbentuk di cekungan – cekungan kecil, terdiri atas batuan konglomerat, breksi serta batupasir, umumnya termampatkan lemah. Konglomerat dan breksi tersusun oleh aneka bahan komponen berupa kepingan andesit, basal, granit, granodiorite, batugamping, batupasir maupun kuarsa, umurnya diduga Pliosen – Plistosen.

4. Batuan Gunung Api Pinogu (TQpv)

Batuan Gunung Api Pinogu tersusun oleh tuf, tuf lapilli, breksi vulkanik dan lava. Breksi Gunung Api di pegunungan Bone, Gunung Mongalia, dan Pusian bersusunan andesit piroksin dan dasit. Tuf yang tersingkap di Gunung Lemibut dan Gunung Lolombulan umumnya adalah batupung berbutir sedang sampai kasar, disekilingi oleh lava. Satuan ini secara umum termampatkan lemah sampai sedang, umumnya diduga Pliosen – Plistosen.

5. Formasi Batuan Gunung Api Bilungala (Tmbv)

Formasi Batuan Gunung Api Bilungala tersusun dari batuan breksi, tuf dan lava bersusunan andesit, dasit dan riolit. Zeolit dan kalsit sering dijumpai pada kepingan batuan penyusun breksi. Tebal satuan diperkirakan lebih dari 100 m, sedangkan umurnya berdasarkan kandungan fosil dalam sisipan batugamping adalah Miosen Bawah – Miosen Akhir.

6. Anggota Batugamping Batuan Gunung Api Bilungala (Tmbl)

Anggota Batugamping Batuan Gunung Api Bilungala tersusun oleh batugamping kelabu dan fosil yang menunjukkan umur Miosen Awal – Miosen Akhir.

7. Formasi Tapadaka (Tmts)

Formasi Tapadaka tersusun oleh batupasir, greywacke dan serpih. Batupasir berwarna kelabu muda hingga tua dan hijau, berbutir halus sampai kasar dan mengandung batuan gunungapi. Batupasir yang tersingkap, mengandung urat kalsit

0,5 – 1 cm. Graywacke memiliki karakteristik berbutir halus sampai kasar, bersudut sampai membulat tanggung, pejal dan tersusun oleh plagioklas, augit, kuarsa dan sedikit hematit serta magnetit. Serpih berwarna kelabu sampai hitam dan mengandung fosil sehingga umurnya adalah Miosen Awal – Miosen Akhir.

8. Anggota Batugamping Formasi Tapadaka (Tmts1)

Anggota Batugamping Formasi Tapadaka tersusun oleh batugamping kelabu terang yang mengandung pecahan batuan gunung api hijau. Batugamping ini sebagian membentuk lensa – lensa di dalam Formasi Tapadaka dan sebagian terlihat berganti fasies kearah samping menjadi batupasir. Formasi ini memiliki usia Miosen Awal – Miosen Akhir.

9. Diorit Bone (Tmb)

Diorit Bone merupakan formasi yang tersusun oleh diorit kuarsa, diorit, granodiorit, granit. Satuan ini menerobos formasi Batuan Gunung Api Bilungala maupun Formasi Tinombo. Umur satuan ini sekitar Miosen Akhir.

10. Formasi Tinombo Fasies Gunungapi (Tetv)

Formasi Tinombo Fasies Gunungapi tersusun dari lava andesit, selingan batupasir hijau, sedikit batuan konglomerat, batugamping merah dan kelabu. Lava basal umumnya berstruktur bantal, banyak zeolit, dan silika. Lava basal tersingkap pada S.Sogita Kiki, di daerah dekat pantai utara dan daerah Lembar Tilamuta. Umur satuan diperkirakan sekitar 50 juta tahun lalu atau Eosen.

11. Formasi Tinombo Fasies Sedimen (Tets)

Formasi Tinombo Fasies Sedimen tersusun oleh serpih dan batupasir dengan sisipan batugamping. Batupasir berupa grewacke dan batupasir kuarsa, kelabu dan hijau, pejal, berbutir halus sampai sedang, serta sebagiannya mengandung pirit. Umur formasi ini menurut Raman (1976) adalah Eosen sampai Oligosen Awal. Tebal formasi diperkirakan lebih dari 100 m, sedangkan lingkungan pengendapannya adalah laut dalam.

2.3.3. Struktur Geologi

Peta geologi pada Gambar 2.4 adalah hasil digitasi dari Lembar Peta Kota Kotamobagu dan Kabupaten Bolaang Mongondow. Struktur geologi yang dominan ditemukan pada Lembar Peta Kotamobagu dan Bolaang Mongondow adalah sesar dan perlipatan dengan arah kelurusan Timur Laut – Barat Daya yang terbentuk pada

batuan berumur tersier, jenis sesar yang ditemukan adalah sesar normal dan sesar mendatar. Daerah pemetaan telah mengalami lebih dari satu kali periode tektonik kompresi yang menghasilkan lipatan. Bongkahan batuan terkarsikan berukuran sampai 5 m yang dijumpai di beberapa tempat dan diperkirakan berasal dari Formasi Tinombo.

2.4. Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan dimulai dengan pembersihan lahan, pengupasan tanah pucuk dan lapisan penutup, pengeboran dan peledakan, pemuatan dan pengangkutan material yang kemudian diproses lebih lanjut untuk memperoleh emas.

2.4.1. Pembersihan Lahan (*Land Clearing*)

Kegiatan pembersihan lahan bertujuan untuk membersihkan lahan dari tanaman/tumbuhan/pohon. Kayu-kayu yang bernilai ekonomis akan ditumpuk pada lokasi yang akan digunakan ketika pasca tambang. Peralatan mekanis yang digunakan untuk kegiatan pembersihan lahan adalah *excavator* Volvo EC 210B dan *bulldozer* Komatsu D85ESS.

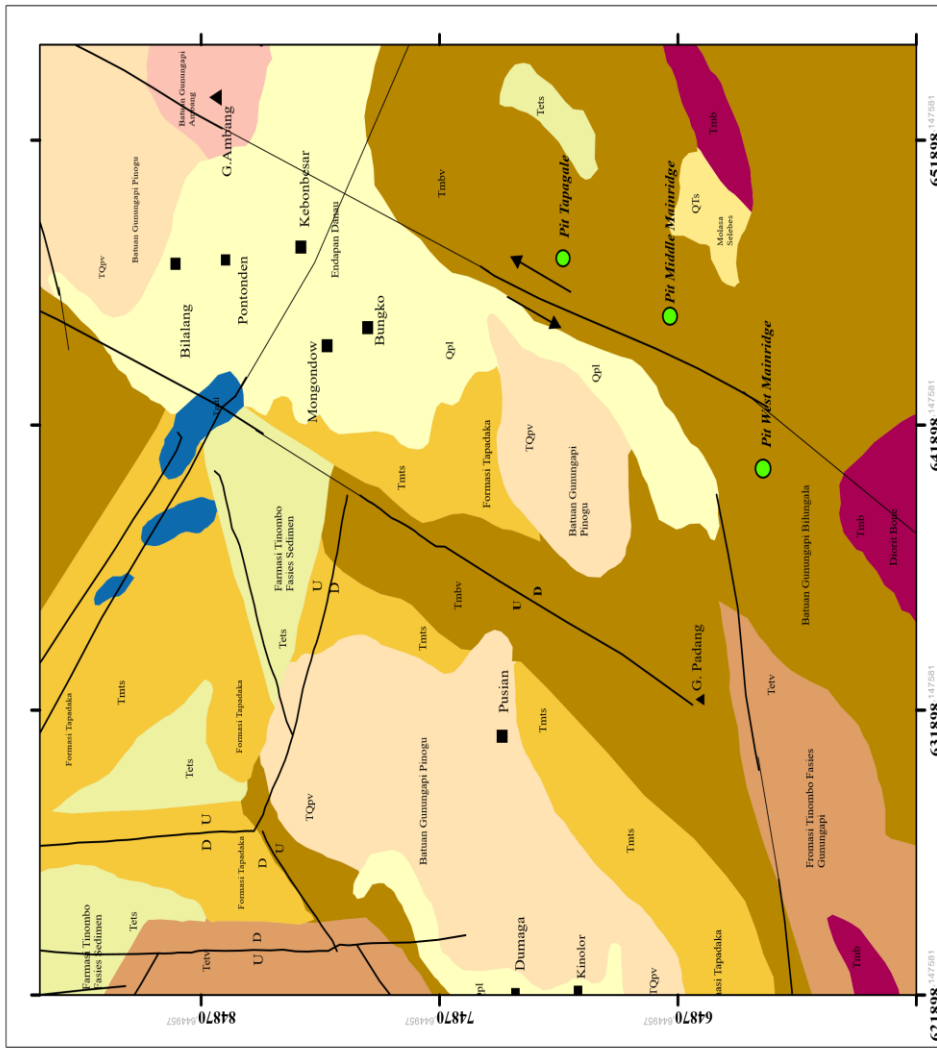
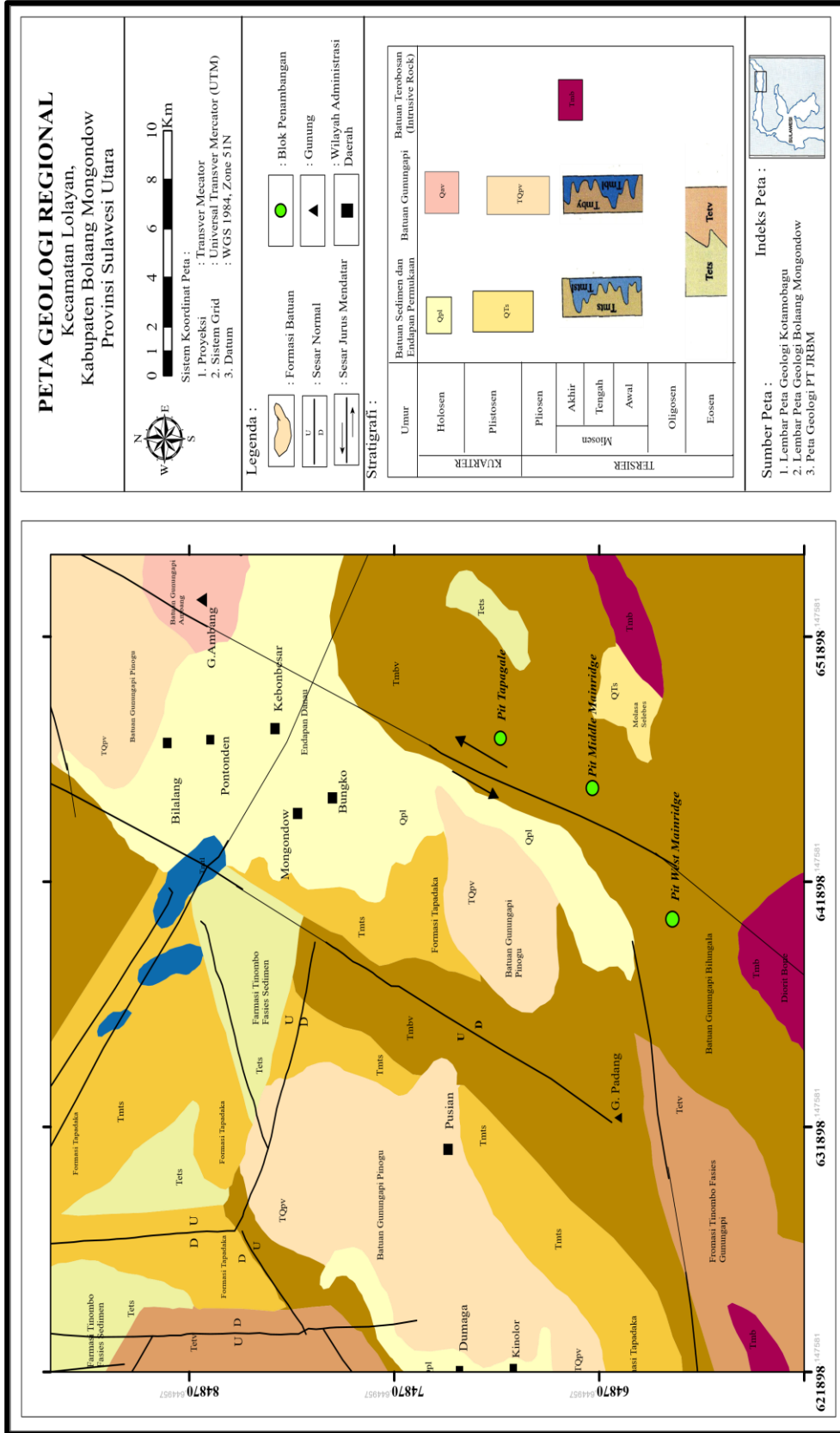
2.4.2. Pengupasan Tanah Pucuk dan Lapisan Penutup

Tanah pucuk (*top soil*) dikupas sedalam 30 cm, dimaksudkan untuk memindahkan lapisan penutup agar komoditas tambang dapat terkupas. Material yang keras terlebih dahulu dibongkar dan diberai melalui pengeboran dan peledakan.

2.4.3. Pengeboran

Kegiatan pengeboran dilakukan untuk mempersiapkan lubang ledak pada blok batuan yang akan diledakkan. Pengeboran dilakukan untuk kepentingan analisa kadar emas yang berada di *site*, khususnya pada blok batuan yang akan diledakkan sehingga dapat digolongkan material bijih dan yang bukan bijih atau material *waste*.

1. 2 unit *Drill Machine* merk Tamrock tipe DP1 100i dengan diameter 4 *inch*, dapat dilihat pada Gambar 2.5.
2. 2 unit *Drill Machine* merk Junjin tipe JD1500 dengan diameter 4 *inch*, dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.4
Peta Geologi Regional



Gambar 2.5
Drill Machine Junjin JD 1500



Gambar 2.6
Tamrock DP 1100i

2.4.4. Peledakan

Peledakan bertujuan untuk memperoleh *broken stock* dengan fragmentasi yang sesuai, sehingga dapat langsung ditumpuk pada *leach pad* dan diekstraksi bijih yang terkandung di batuan tersebut. Total produk hasil peledakan pada Bulan Februari 2023 di Pit West Mainridge sebesar 639.720 ton, dengan distribusi ukuran 100% lolos ayakan 30 cm, 99,81% lolos ayakan 20 cm dan 88,52% lolos ayakan 10 cm. Perusahaan menggunakan jasa kontraktor PT. Dahana untuk menangani peledakan di site Bakan.

Bahan peledak yang digunakan adalah bahan peledak berjenis *emulsion* dengan merk *Dahana Bulk Emulsion Metrix* atau Dabex yang memiliki densitas 1,15 gr/cc. Dabex juga merupakan produk bahan peledak campuran *Amonium Nitrate (AN)* dan *Emulsion* dengan perbandingan masing – masing adalah 40% dan 60%. Penentuan *subdrilling* sesuai dengan geometri peledakan adalah 0,5 m dengan *power charge* sebesar 2,5 m atau untuk *powder factor* setiap lubang ledak sebesar 28 kg. Ukuran *stemming* pada kedalaman lubang ledak 5,2 m adalah 2,2 m, dengan diameter lubang adalah 5 *inch*. Kegiatan peledakan dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7
Proses Stemming



Gambar 2.8
Kegiatan Peledakan

2.4.5.Pemuatan

Pemuatan material menggunakan *Excavator Volvo 950E* dengan kapasitas volume *bucket* sebesar 5,6 m³ dengan kombinasi 3 jenis alat angkut. Kegiatan pemuatan dapat dilihat pada Gambar 2.9. Kegiatan pemuatan dilakukan terhadap material *ore* dan *waste*, yang akan diangkut menuju HLP dan *waste dump*.



Gambar 2.9
Kegiatan Pemuatan (*Loading*)

2.4.6.Pengangkutan

Kegiatan pengangkutan material, menggunakan kombinasi tiga jenis alat angkut yaitu *articulated dump Truck Volvo A45G*, *off high way truck CAT 773*, dan *dump truck Liugong DW90A*. Proses pengangkutan dapat dilihat pada Gambar 2.10. Material akan diangkut menuju dua lokasi yang berbeda, untuk material *ore* akan menuju HLP (Gambar 2.11) sedangkan material *waste* akan menuju *waste dump Magazine* (Gambar 2.12 dan Gambar 2.13).

2.5.Peralatan Bantu

Alat pendukung yang digunakan dalam menunjang kegiatan penambangan, antara lain:

2.5.1.*Motor Grader*,

Motor grader merupakan alat berat yang digunakan untuk meratakan material pada permukaan jalan, dapat dilihat pada Gambar 2.14.

2.5.2.*Bulldozer*,

Bulldozer merupakan alat yang digunakan untuk meratakan material yang berada pada permukaan jalan, *bulldozer* juga digunakan untuk menggaru/membongkar lapisan penutup, dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.10
Proses Pengangkutan Material *Ore*
menuju HLP



Gambar 2. 11
Lokasi *Heap Leach Pad*



Gambar 2.12
Proses Penimbunan Material *Waste*



Gambar 2.13
Lokasi *Waste Dump Magazine*



Gambar 2.14
Motor Grader



Gambar 2.15
Bulldozer

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Dasar Penentuan Peralatan Mekanis

Penentuan peralatan mekanis merupakan hal dasar untuk mendukung tercapainya produksi khususnya dalam bidang pertambangan dan konstruksi (Burt & Caccetta 2018). Peralatan mekanis ditentukan berdasarkan pemilihan jumlah alat, tipe alat dan ukuran alat (Bozorgebrahimi dkk 2003).

Pemilihan peralatan adalah masalah pengkombinasian yang melibatkan pemilihan armada alat muat dan alat angkut yang tepat untuk melakukan penanganan material (Hassan dkk, 1985). Tantangan dalam penentuan peralatan mekanis adalah dibutuhkan kesesuaian sistem yang tepat untuk mengatur ketersediaan alat secara efektif yang dapat dialokasikan ke berbagai lokasi dan memaksimalkan kemampuan alat untuk menghasilkan produksi.

3.2. Metode Pemuatan

Pola pemuatan dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori, antara lain :

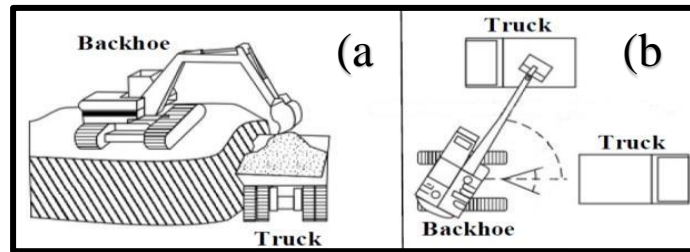
3.2.1. Pola pemuatan berdasarkan kedudukan alat muat terhadap alat angkut terbagi menjadi dua antara lain :

1. Pola *Top Loading*

Top loading merupakan pola pemuatan dengan kedudukan alat muat berada pada jenjang yang lebih tinggi dari pada alat angkut. Pola ini memiliki kelebihan untuk memilih material dan dapat menjangkau alat angkut lebih baik untuk melakukan pemuatan, sehingga waktu pemuatan menjadi lebih cepat dibandingkan posisi *bottom loading*. Pola *top loading* dapat dilihat pada Gambar 3.1a.

2. Pola *Bottom Loading*

Pola *bottom loading* merupakan pola pemuatan dengan kedudukan alat muat dan alat angkut berada pada jenjang yang sama (Gambar 3.1b).



Gambar 3.1

Pola Pemuatan *Top Loading* dan *Bottom Loading* (Hustrulid & Kuchta, 2013)

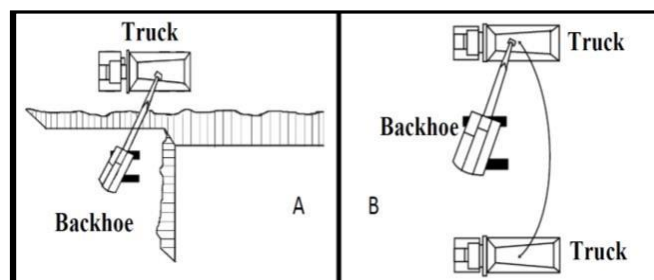
3.2.2. Pola pemuatan berdasarkan jumlah dan penempatan alat muat terhadap alat angkut, terbagi menjadi dua, antara lain :

1. Pola *Single Back Up / Single Spoting*

Pola *single back up* adalah pola ketika alat muat melayani alat angkut pertama pada satu tempat, sedangkan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh, lalu ketika alat angkut pertama berangkat maka alat angkut kedua akan memposisikan diri untuk dimuati dan begitu seterusnya. Pola *single back up* dapat dilihat pada Gambar 3.2A.

2. Pola *Double Back Up*

Pola *double back up* adalah pola ketika alat angkut dapat mengambil posisi pemuatan dari dua sisi alat muat, ketika salah satu alat angkut sedang diisi muatan, alat angkut lain telah siap memposisikan diri untuk dimuati. Pola *double back up* dapat dilihat pada Gambar 3.2B.



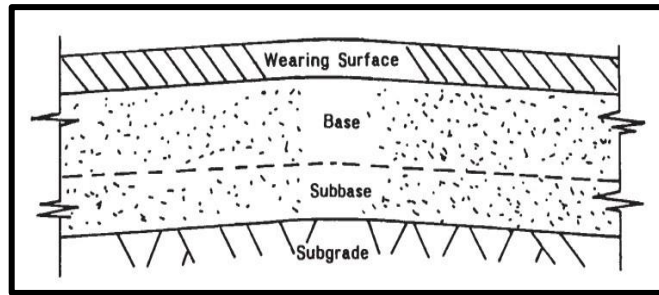
Gambar 3.2

Pola Pemuatan *Single Back Up* dan *Double Back Up*, (Hustrulid & Kuchta, 2013)

3.3. Konstruksi Jalan Angkut

Produksi yang optimal perlu mempertimbangkan adanya konstruksi dan pemeliharaan jalan yang bertujuan untuk menjamin kelancaran dan keamanan operasi pengangkutan pada jalan tersebut (Saputra, 2018). Pada dasarnya perlapisan sebuah jalan terdiri atas empat lapisan, antara lain; *subgrade*, *subbase*,

base dan *wearing surface*, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3
Struktur Jalan Angkut, (Seelye, 1945)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan tanah paling bawah, berfungsi sebagai tempat peletakan lapisan perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan tergantung dari sifat – sifat dan daya dukung tanah dasar.

Lapisan pondasi bawah (*subbase*) merupakan lapisan di bawah lapisan pondasi atas dan di atas lapisan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah berfungsi untuk menyebarkan beban dari lapisan pondasi atas ke lapisan tanah dasar, selain itu lapisan ini juga berfungsi untuk melindungi lapisan tanah dasar dari air.

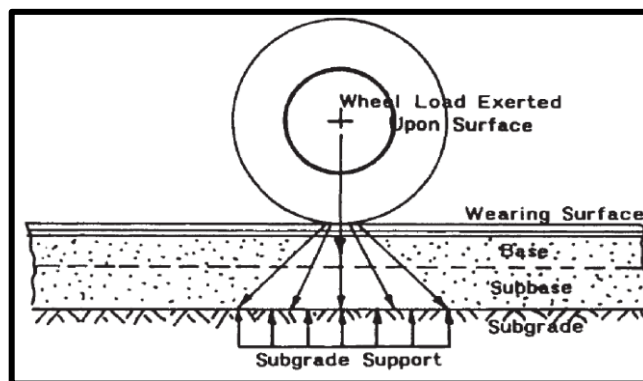
Lapisan pondasi atas (*base*) adalah lapisan di bawah lapisan permukaan. Lapisan pondasi atas berfungsi untuk menahan gaya lintang akibat beban roda dan meneruskan beban ke lapisan bawahnya, sebagai bantalan untuk lapisan pondasi bawah. Material yang digunakan adalah material dengan kualitas yang tinggi sehingga kuat menahan beban yang direncanakan.

Lapisan permukaan (*wearing*) merupakan lapisan paling atas pada suatu jalan. Lapisan permukaan bersentuhan langsung dengan ban kendaraan. Lapisan ini berfungsi sebagai penahan beban roda, kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya, memiliki stabilitas yang tinggi, dan tahan terhadap keausan akibat gesekan ban kendaraan, material yang digunakan biasanya aspal, beton atau batuan hasil peremukan. Pemilihan material pada lapisan permukaan (*surface*) menurut Thompson (2013), perlu memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

1. Memadai untuk lalu lintas alat berat saat kondisi basah maupun kering.
2. Memiliki daya tahan terhadap abrasi akibat lalu lintas
3. Murah dan mudah untuk dilakukan perawatan
4. Tidak menghasilkan debu yang berlebihan saat kondisi kering

5. Tidak bersifat licin yang berlebihan pada kondisi basah.

Jalan angkut dirancang dengan mempertimbangkan berat maksimum alat angkut selain itu permukaan jalan harus dapat menahan gesekan roda kendaraan, pengaruh air dan hujan. Apabila jalan tidak mampu untuk menahan beban alat angkut akan berdampak pada penurunan dan pergeseran baik pada permukaan maupun tanah dasarnya, hal ini mengakibatkan terjadinya undulasi. Jika jalan tidak tahan terhadap gesekan, dan pengaruh air dapat menyebabkan kerusakan akibat adanya lubang – lubang disekitar jalan angkut. Gambar distribusi beban dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4

Distribusi Beban Dibawah Ban, (Seelye, 1945)

3.4. Geometri Jalan Angkut

Elemen geometri jalan angkut harus dirancang untuk memberikan perjalanan yang aman dan efisien dengan kecepatan operasi normal (Kaufman & Ault, 1977). Geometri jalan angkut disesuaikan dengan dimensi alat yang digunakan dan kondisi lapangan, sehingga dapat menjamin serta menunjang segi keamanan dan keselamatan operasi penambangan. Faktor – faktor yang mempengaruhi keadaan jalan angkut, antara lain :

3.4.1. Lebar Jalan Angkut

1. Lebar pada Jalan Lurus

Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa lebar jalan angkut pada kondisi 1 jalur adalah dua kali lebar alat angkut terbesar, sedangkan kondisi 2 jalur adalah 3 setengah kali lebar alat angkut terbesar. Rancangan lebar jalan angkut pada kondisi lurus dapat dilihat pada Gambar 3.5. Penentuan lebar jalan angkut minimum diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

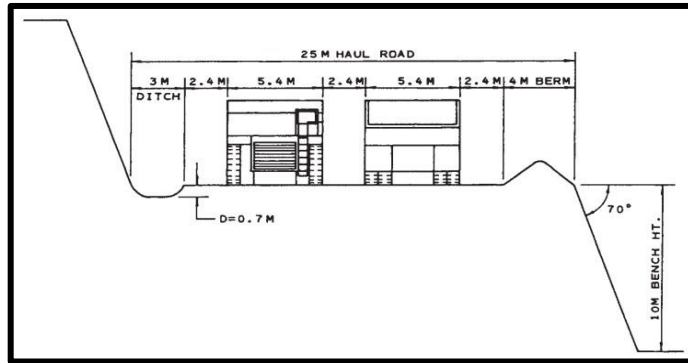
Kondisi 1 Jalur, $W_{min} = 2 \times W_t$ (3.1)

Kondisi 2 Jalur, $W_{min} = 3,5 \times W_t$(3.2)

Keterangan :

W_{min} = Lebar jalan angkut minimum (m)

W_t = Lebar alat berdasarkan spesifikasi alat (m)



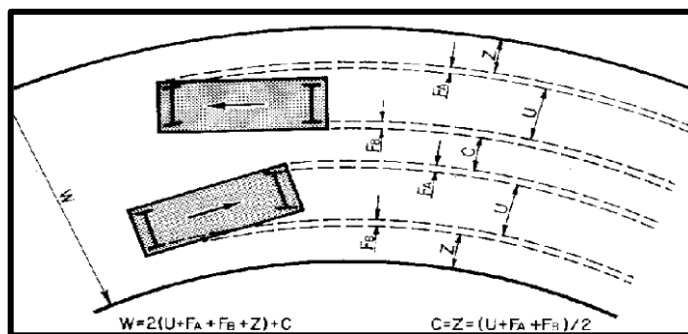
Gambar 3.5

Lebar Jalan Angkut dalam Keadaan Lurus (Hustrulid & Kuchta, 2013)

2. Lebar pada Jalan Tikungan

Dimensi jalan pada tikungan lebih besar dibandingkan pada kondisi jalan lurus, sehingga dapat mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan *truck* saat melintas tikungan.

Tahapan penentuan lebar jalan pada tikungan yaitu memperhitungkan jantai alat angkut, jarak antara alat angkut, ketika berpapasan dan lebar tambahan pada sisi luar jalan untuk memperhitungkan kondisi yang sulit pada saat belokan. Lebar jalan angkut pada tikungan, dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6

Lebar Jalan Angkut pada Tikungan untuk 2 Jalur (Monenco, 1989)

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$W = 2 \times (U + Fa + Fb + Z) + C \dots \dots \dots (3.3)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

W = Lebar jalan angkut pada tikungan (m)

n = Jumlah jalur

U = Jarak jejak roda alat angkut (m)

Fa = Lebar jantai depan (m)

Fb = Lebar jantai belakang (m)

C = Jarak antara dua alat angkut yang bersimpangan (m)

Z = Jarak sisi luar alat angkut ke tepi jalan (m)

3.4.2. Radius Tikungan

Radius tikungan adalah radius lintas perlengkungan yang terbentuk ketika alat angkut melewati tikungan jalan. Radius tikungan dirancang dengan mempertimbangkan kinerja alat angkut yang akan melewatinya. Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap penentuan radius tikungan adalah kecepatan truk saat melewati jalan, gesekan terhadap permukaan jalan dan superelevasi. Persamaan yang digunakan, antara lain :

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

R = Radius tikungan (m)

V = Kecepatan alat angkut (km/jam)

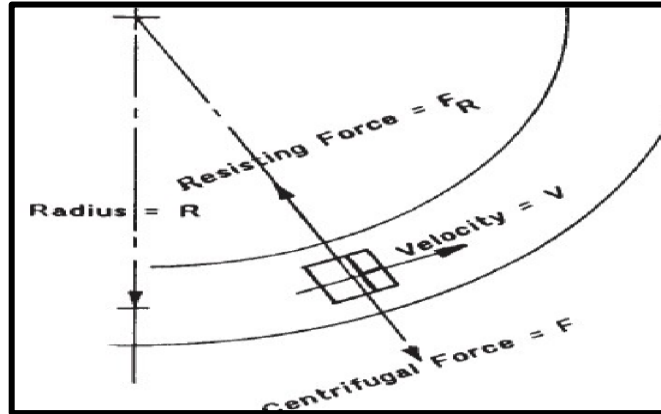
e = Superelevasi (m/m)

f = Koefisien gesek antara ban dan permukaan jalan.

3.4.3. Superelevasi

Kecepatan (*velocity*) alat angkut saat berada pada jalan tikungan, mengakibatkan timbul gaya yang mendorong kendaraan keluar dari jalur jalannya, gaya dorong tersebut adalah gaya sentrifugal. Alat angkut yang tergelincir kesamping jalan, dapat diantisipasi dengan melakukan penimbunan. Penimbunan ini dilakukan untuk membuat perbedaan ketinggian antara sisi jalan yang dimaksudkan dengan *superelevasi*. Efek gaya terhadap tikungan jalan angkut dapat dilihat pada Gambar 3.7. Pada saat kendaraan melewati tikungan maka superlevasi

berperan dalam menentukan kecepatan kendaraan. Nilai superelevasi menurut Thompson (2013), untuk jalan angkut berkisar antara 0,04 – 0,07 m/m. Penentuan nilai superelevasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.7

Efek Gaya Sentrifugal pada Tikungan (Hustrulid & Kuchta, 2013)

Tabel 3.1

Penentuan Nilai Superelevasi (Suwandhi, 2004)

Radius Tikungan (m)	Kecepatan Kendaraan (km/jam)					
	16	24	32	40	48	≥56
15	0,04	0,04				
30	0,04	0,04	0,04			
46	0,04	0,04	0,04	0,05		
76	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
91	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
183	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
305	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

3.4.4. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

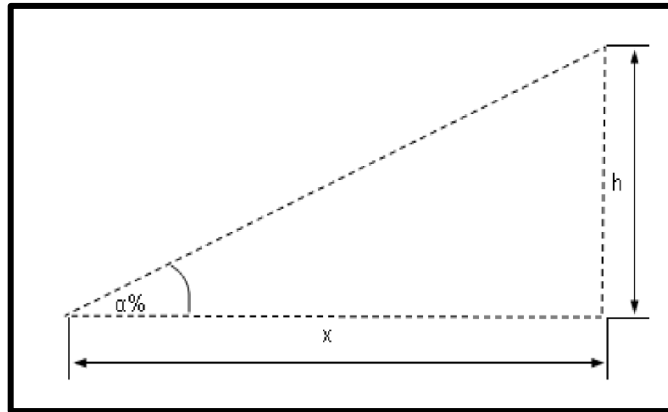
Kemiringan jalan atau *grade* adalah perbandingan antara perubahan ketinggian dua titik dengan jarak horizontal kedua titik tersebut. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Kemiringan 1% berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 m. Kemiringan jalan angkut dapat dilihat pada Gambar 3.8. Kemiringan (*grade*) jalan angkut dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)

Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m)



Gambar 3.8
Kemiringan Jalan Angkut

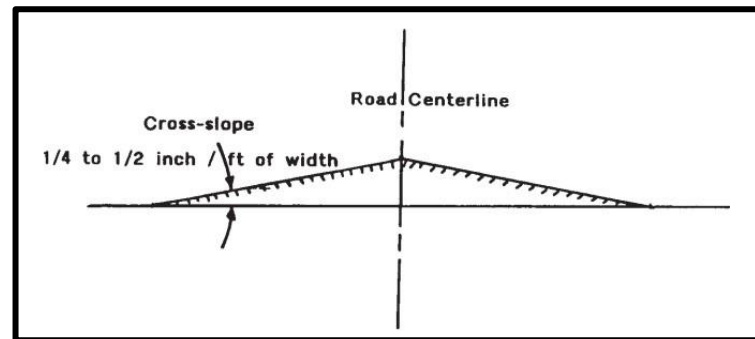
Kemiringan jalan tambang yang ideal menurut berbagai sumber antara lain:

1. Berdasarkan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa *grade* jalan tambang dibuat tidak lebih dari 12%.
2. Menurut Thompson (2013), bahwa *grade* jalan yang baik dan dikategorikan aman dapat dilihat dari *effective grade* (*grade resistance* + *rolling resistance*) dengan nilai 8% - 11%.
3. Menurut Hustrulid dkk (2006), bahwa *grade* jalan tambang yang ideal berkisar antara 8-10% tergantung pada situasi dan kondisi jalan.
4. Menurut Tannant & Bruce Regensburg (2001), *grade* maksimal dari jalan tambang adalah sebesar 10%, tetapi umumnya *grade* jalan tambang yang lebih dari 8% itu sebaiknya dihindari.
5. Menurut Kaufman & Ault (1977), berpendapat bahwa *grade* jalan tambang ketika *dump truck* bermuatan maksimal sebesar 5%, sedangkan ketika *dump truck* tidak terisi muatan *grade* jalan tambang maksimal sebesar 10%.

3.4.5. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

Cross slope adalah sudut bentukan dari dua sisi permukaan jalan pada bidang horizontal, dapat dilihat pada Gambar 3.9. Pada dasarnya, jalan memiliki bentuk penampang melintang, akan tetapi diperlukan sudut bentukan tertentu agar dapat memperlancar aliran air. Jika hujan turun, maka air akan mengalir ke tepi jalan angkut, dan mengantisipasi terjadinya genangan air pada permukaan jalan angkut. Nilai *cross slope* diperoleh dari hasil perbandingan antara jarak vertikal dengan jarak horizontal. *Cross slope* ideal menurut berbagai sumber, antara lain :

1. Berdasarkan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa kemiringan melintang (*cross slope*) paling kurang sebesar 2%.
2. Menurut Hustrulid dkk (2006), berpendapat bahwa nilai *cross slope* berkisar antara $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ inch/ft.
3. Nilai *cross slope* menurut Thompson (2013), berkisar antara 20 - 30 mm/m.
4. Menurut Tannant & Bruce Regensburg (2001), berpendapat bahwa nilai *cross slope* berkisar antara 1,5% - 4%, akan tetapi umumnya nilai *cross slope* adalah 2%.
5. Nilai *cross slope* menurut Kaufman & Ault (1977), berkisar antara $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ inch/ft.



Gambar 3.9
Cross Slope (Hustrulid dkk, 2006)

3.5. Kapasitas Alat

Kapasitas alat adalah kemampuan alat berat untuk mengangkut seluruh material. Kapasitas alat berkaitan dengan jenis material yang diisi atau dimuat.

3.5.1. Volume Material

Volume material terbagi atas tiga bentuk yang mempengaruhi perhitungan pemindahannya, yaitu dinyatakan dalam *bank cubic meter* (BCM), *loose cubic meter* (LCM) dan *compacted cubic meter* (CCM). Perubahan ini terjadi karena adanya perbedaan volume akibat faktor penggalian atau peledakan dari volume aslinya. BCM sendiri merupakan volume material pada kondisi aslinya ditempat yang belum dilakukan aktivitas gangguan (insitu). LCM merupakan volume material yang sudah lepas akibat penggalian atau peledakan, sedangkan CCM adalah volume material yang mengalami pemadatan kembali setelah penggalian sehingga volumenya akan lebih kecil dibandingkan dengan volume aslinya dengan berat tetap adalah sama.

3.5.2. Faktor Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Pengembangan (*swell*) pada tanah atau batuan terjadi karena material tersebut dilakukan penggalian atau diledakkan dari tempat aslinya. Kegiatan ini menghasilkan ruang yang menyebabkan meningkatnya volume dari keadaan asli (*bank*) menjadi perhitungan volume material berdasarkan kondisi material sebelum digali, dinyatakan dalam volume *insitu*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor pengembangan adalah :

$$Swell\ Factor = \frac{Volume\ Insitu}{Volume\ Loose} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dari persamaan 3.7, dapat diturunkan persamaan baru untuk mendapatkan nilai faktor pengembangan berdasarkan nilai densitas material, antara lain :

$$\begin{aligned} Swell\ Factor &= \frac{Volume\ Insitu}{Volume\ Loose} \\ &= \frac{(Berat)/(Densitas\ Insitu)}{(Berat)/(Densitas\ Loose)} \\ Swell\ Factor &= \frac{Densitas\ Loose}{Densitas\ Insitu} \dots \dots \dots (3.8) \end{aligned}$$

(*Nichols, 1999*)

Faktor pengembangan material perlu untuk diketahui karena yang diperhitungkan dalam penggalian atau pembongkaran selalu didasarkan pada kondisi material sebelum digali, yang dinyatakan dalam volume *insitu* (*bank volume*). Nilai faktor pengembangan (*swell factor*) yang diperoleh dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis material tersebut. Klasifikasi jenis material dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2
Klasifikasi Jenis Material (*Nichols, 1999*)

NO	Jenis Material	Bobot Isi (ton/BCM)	<i>Swell Factor</i>
1	Tanah Liat Kering	1,50	0,85
2	Tanah Liat Basah	1,80 – 2,00	0,82 – 0,80
3	Tanah Biasa Kering	1,80	0,85
4	Tanah Biasa Basah	2,20	0,85
5	Tanah Biasa Bercampur Pasir dan Kerikil	2,03	0,9
6	Kerikil Kering (<i>Gravel</i>)	2,10	0,89
7	Kerikil Basah (<i>Gravel</i>)	2,40	0,88
8	Andesit Hasil Peledakan	2,71	0,63
9	Lumpur	1,40 – 1,90	0,83
10	Pasir Kering	1,40 – 2,10	0,89
11	Pasir Basah	2,10 – 2,40	0,88

3.5.3. Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian alat muat merupakan perbandingan antara volume nyata dengan volume spesifik alat. Semakin tinggi faktor pengisian maka semakin tinggi volume nyata dari alat tersebut. Hal ini akan berhubungan dengan jumlah pengisian terhadap alat angkut. Faktor yang mempengaruhi proses pemuatan adalah kandungan air, ukuran arterial, kelengketan material dan keterampilan operator. Faktor pengisian dapat ditentukan dengan rumus :

$$BFF = \frac{Vn}{Vt} \dots \dots \dots (3.9)$$

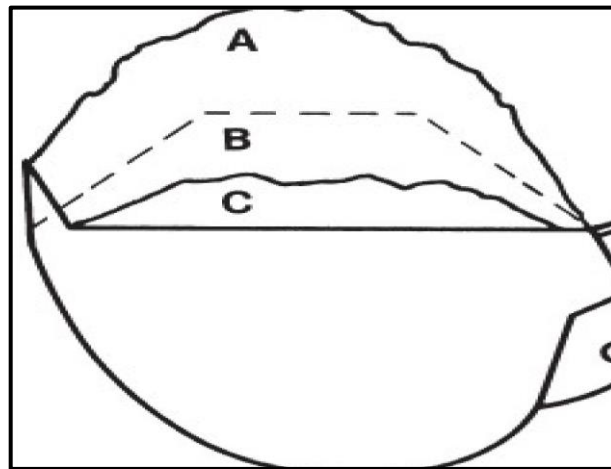
Keterangan :

BFF = Faktor Pengisian *Bucket*

Vn = Volume *bucket* nyata (m³)

Vt = Volume teoritis *bucket* berdasarkan spesifikasi (m³)

Selain menggunakan perhitungan teoritis, factor pengisian *bucket* dapat ditentukan melalui pengamatan secara visual dilapangan. Klasifikasi persentase faktor pengisian *bucket* dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan Tabel 3.3.



Gambar 3.10
Faktor Pengisian *Bucket* Visual (Caterpillar, 2013)

Tabel 3.3
Persentase Faktor Pengisian *Bucket* (Caterpillar, 2013)

Material	Faktor Pengisian <i>Bucket</i>
Lempung atau Lanau Pasir	(A) 100% – 110%
Pasir dan Kerikil	(B) 95% - 100%
Keras, Lanau Kering	(C) 80% - 90%
Batu – Hasil Perelakan	60% - 75%
Batu – Hasil Peledakan buruk	40% - 50%

3.6. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah periode waktu yang dibutuhkan oleh alat untuk dapat melakukan suatu daur kerja, semakin kecil waktu edar peralatan mekanis, maka produksinya akan semakin tinggi.

3.6.1. Waktu Edar Alat Muat

Waktu edar alat muat merupakan total waktu yang dibutuhkan alat muat, dari pengisian *bucket* sampai menumpahkan muatan ke dalam alat angkut dan kembali kosong (Hustrulid dan Kutcha, 2013). Persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu edar alat muat adalah sebagai berikut :

$$CTm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4 \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

CTm = Total waktu edar alat muat, (s)

$Tm1$ = Waktu untuk menggali muatan, (s)

$Tm2$ = waktu *swing* bermuatan, (s)

$Tm3$ = Waktu untuk menumpahkan material, (s)

$Tm4$ = waktu *swing* tidak bermuatan, (s)

3.6.2. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut pada umumnya terdiri dari waktu mengatur posisi untuk dimuati, diisi muatan, waktu mengangkut material, waktu *dumping* dan waktu kembali kosong (Hustrulid dan Kutcha, 2013). Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan waktu edar alat angkut, sebagai berikut :

$$Cta = Ta1 + Ta2 + Ta3 + Ta4 + Ta5 + Ta6 \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :

Cta = Waktu edar alat angkut, (m)

$Ta1$ = Waktu mengambil posisi siap dimuati, (m)

$Ta2$ = Waktu diisi muatan, (m)

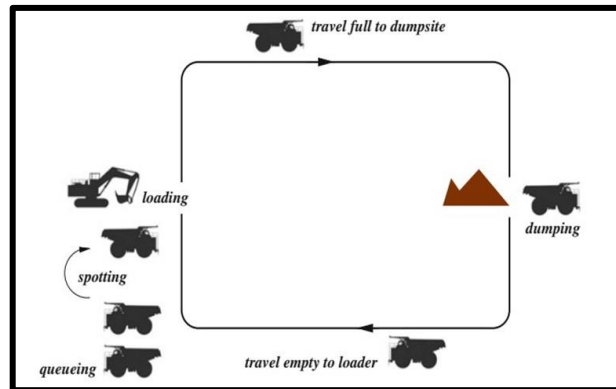
$Ta3$ = Waktu mengangkut muatan, (m)

$Ta4$ = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, (m)

$Ta5$ = waktu muatan ditumpahkan, (m)

$Ta6$ = Waktu Kembali kosong, (m)

Siklus waktu edar (*cycle time*) alat angkut dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11

Siklus Waktu Edar (*cycle time*) Alat Angkut (Burt & Caccetta, 2018)

3.7. Total Productive Maintenance (TPM)

Total productive maintenance merupakan suatu aktivitas perawatan yang mengikutsertakan semua elemen dari perusahaan untuk mencapai *zero breakdown*, *zero defect* dan *zero accident*, (Kurniawan, 2013). Konsep TPM pertama kali dikembangkan oleh Seiichi Nakajima pada tahun 1971 yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan dengan sistem perawatan preventif yang dirancang untuk alat secara menyeluruh. Definisi TPM lebih luas dikembangkan menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* pada tahun 1989, mencakup seluruh bagian perusahaan termasuk administrasi, pemasaran bahkan penelitian dan pengembangan.

TPM terdiri atas 8 pilar utama yang merupakan landasan dalam mencapai tujuannya serta berfungsi sebagai ruang gerak kinerja dalam membantu penanganan efektifitas alat secara menyeluruh (Borris, 2006), antara lain :

1. *Autonomous Maintenance*

Autonomous maintenance merupakan tanggung jawab yang diberikan kepada operator terhadap perawatan rutin seperti pembersihan mesin maupun inspeksi mesin, sehingga dapat meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakan. Pilar *autonomous maintenance* dapat membantu mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah.

2. *Focus Improvement*

Focus improvement merupakan pilar untuk membantu pembentukan kelompok kerja secara proaktif untuk mengidentifikasi mesin/peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi dan perbaikan.

3. *Planned Maintenance*

Planned maintenance merupakan pilar dalam penjadwalan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau tingkat kerusakan yang diprediksikan.

4. *Quality Maintenance*

Quality maintenance merupakan pilar yang membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung.

5. *Education and Training*

Education and training menjelaskan tentang pengetahuan yang diperlukan dalam perawatan peralatan secara menyeluruh dan berupaya agar implementasinya dengan mudah dapat dipahami. Pilar ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM, dengan adanya pelatihan rutin dapat meningkatkan kemampuan operator dalam melakukan perawatan dasar, sedangkan bagi teknisi dapat meningkatkan kemampuan melalui analisis kerusakan mesin secara menyeluruh.

6. *Safety, Health, and Environment*

Safety, health dan *environment* merupakan upaya untuk melatih operator dalam melaksanakan tugas dengan mengedepankan keselamatan kerja beserta risiko yang perlu diperhatikan selama bekerja. Pilar ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat serta bebas dari segala bentuk kecelakaan.

7. *Early Equipment Management*

Early equipment management merupakan pilar yang bertujuan agar peralatan baru dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat – singkatnya, berdasarkan pengalaman dari kegiatan perawatan dan perbaikan sebelumnya.

8. *Administration*

Administration merupakan pilar yang berfungsi secara administrasi yang mencakup semua pihak dalam perusahaan meliputi perencanaan, hingga keuangan.

Implementasi TPM secara sistematis memiliki manfaat dalam perencanaan kerja jangka panjang bagi perusahaan dalam memaksimalkan produksi dan efektivitas peralatan yang digunakan (Sharma, 2006). Manfaat penerapan TPM antara lain :

1. Peningkatan produktivitas dengan menggunakan prinsip – prinsip TPM akan meminimalkan kerugian – kerugian bagi perusahaan.
2. Peningkatan kualitas peralatan mekanis dapat dilakukan secara sistematis dengan metode yang lebih terukur dan fokus terhadap parameter – parameter utama, sehingga dapat lebih mudah meminimalkan kerusakan pada alat.
3. Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja menjadi prioritas utama.
4. Pengadaan pelatihan untuk meminimalisir kesenjangan pengetahuan dalam bekerja, dapat membantu meningkatkan motivasi kerja.

3.7.1. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) merupakan salah satu alat ukur untuk mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin atau peralatan. Pengukuran produktivitas ini sangat penting untuk mengetahui dimana harus ditingkatkan produktivitasnya dengan cara mengurangi pemborosan yang ada (Waqas dkk, 2013). OEE adalah hierarki metrik yang fokus pada seberapa efektif operasi manufaktur digunakan dalam implementasi *total productive maintenance*, (Stamatis, 2010). Efektivitas diukur guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan mempertimbangkan 3 parameter utama, antara lain :

1. Faktor Ketersediaan (*Availability Factor*)

Faktor ketersediaan diperoleh dari hasil perbandingan antara *actual available time* dengan *total time*. *Actual available time* diperoleh dari hasil pengurangan *total time*, dengan waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *availability factor*.

Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$AF = \frac{\text{Total Time} - \text{Losses}}{\text{Total Time}} \dots\dots\dots (3.12)$$

Keterangan :

AF = *Availability Factor*, (m)

Total Time = Total waktu tersedia dalam 1 hari

Losses = Waktu hambatan kerja, (m).

2. Faktor Kinerja (*Performance Factor*)

Faktor kinerja alat diperoleh dari hasil perbandingan antara selisih nilai *operation time* dan *speed loss* terhadap *total operation time*. *Speed loss* diperoleh dari waktu edar dikali dengan jumlah ritase produksi alat muat dan alat angkut.

Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$PF = \frac{(Actual\ Available\ Time - Losses) - Speed\ Loss}{Operation\ time} \times 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

PF = *Performance Factor*, (%)

Actual Available Time = Waktu tersedia alat yang diperoleh dari perhitungan faktor ketersediaan, (m)

Speed Loss = Waktu kerugian kecepatan, (menit)

CT = Waktu edar (*cycle time*), (m)

Ritase Produksi = Total ritase produksi dalam 1 jam.

Losses = Waktu hambatan kerja, (m).

3. Faktor Kualitas (*Quality Factor*)

Faktor kualitas alat diperoleh dari hasil perbandingan waktu yang diperlukan untuk menghasilkan produk bersih dengan waktu kerja efektif (*operation time*).

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$QF = \frac{Net\ operation\ time}{Operation\ time} \times 100\% \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

QF = *Quality Factor*, (%)

Net Operation Time = Waktu alat untuk menghasilkan produk bersih, (m)

Kategori nilai OEE menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), sebagai berikut :

1. $OEE \geq 95\%$, alat memiliki tingkat efektivitas yang dikategorikan **SEMPURNA**, artinya peralatan bekerja dalam *performance* yang cepat, tidak terjadi *downtime* terhadap peralatan mekanis serta kualitas produk yang dihasilkan tidak memiliki kerusakan/cacat,.
2. $85\% \leq OEE < 95\%$, alat memiliki tingkat efektivitas yang dikategorikan **KELAS DUNIA**, artinya alat bekerja pada *performance* yang direncanakan sesuai spesifikasinya, produk yang dihasilkan memiliki kualitas sangat baik atau hampir tidak memiliki kerusakan/cacat sehingga perusahaan dapat menjadikannya sebagai tujuan jangka panjang yang berkelanjutan.
3. $60\% \leq OEE < 84\%$, alat memiliki tingkat efektivitas yang dikategorikan **SEDANG** artinya produk yang dihasilkan memiliki kualitas standar, kondisi ini dianggap wajar dan memiliki peluang besar untuk melakukan perbaikan agar

dapat mencapai kategori produksi kelas dunia.

4. $40\% \leq \text{OEE} < 59\%$, alat memiliki tingkat efektivitas yang dikategorikan **RENDAH** artinya sering terjadi *downtime* pada peralatan mekanis, produk yang dihasilkan belum mencapai standar yang ditetapkan, serta memiliki waktu hambatan kerja yang besar.

3.7.2. Six Big Losses

Six big losses merupakan penyebab peralatan produksi tidak beroperasi dengan normal (Nakajima, 1988) yaitu: *Start up Loss*, *Set up or Adjustment Loss*, *Cycle time Losses*, *Speed Loss*, *Breakdown Loss* dan *Defect Loss*. Perhitungan metode ini diharapkan mampu memberikan masukan tentang indikator yang paling mempengaruhi terhadap produktifitas mesin.

1. Downtime Losses

Downtime losses merupakan kerusakan mesin yang tiba – tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan, keadaan tersebut akan menimbulkan kerugian karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi. Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Downtime Losses} = \frac{\text{Total downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan :

Total downtime = Rata – rata waktu kerusakan pada alat, (m)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

2. Setup and Adjustment

Setup and adjustment adalah semua waktu penyesuaian (*adjustment*) dan waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan pengganti satu jenis produk. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{Total setup and adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.16)$$

Keterangan :

Total setup and adjustment = Total waktu hambatan pada alat, (m)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

3. Idling and Minor Stoppages

Idling and minor stoppage merupakan kerugian yang disebabkan oleh kejadian seperti pemberhantian mesin sejenak, kemacetan mesin (*error*) dan *idle time* dari

mesin. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Idling \ \& \ Minor \ Stoppage = \frac{Nonproductive \ Time}{Loading \ Time} \times 100\% \dots\dots\dots, \dots\dots (3.17)$$

Keterangan :

Nonproductive time = Total waktu hambatan pada alat, (m)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

4. *Reduced Speed Losses*

Reduce speed losses merupakan kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi) terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin / peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang.

Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Reduce \ Speed \ Losses = \frac{CT \times total \ product \ process}{Loading \ time} \times 100\% \dots\dots\dots (3.18)$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (m)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

Total product process = Jumlah ritase produksi dalam 1 jam

5. *Defect in Process*

Defect in process adalah kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena proses pengerjaan diulang. Proses cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi. Kerugian akibat pengerjaan ulang akan mempengaruhi waktu yang akan dibutuhkan untuk mengolah atau memperbaiki produk yang cacat. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Defect \ in \ Process = \frac{CT \times rework}{Loading \ time} \times 100\% \dots\dots\dots (3.19)$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (m)

Rework = Total produk cacat

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

6. *Reduced Yield Losses*

Reduced yield losses adalah kerugian waktu yang disebabkan karena material yang tidak terpakai atau terbuang saat aktivitas produksi berlangsung. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Reduce Yield Losses} = \frac{CT \times \text{reduced}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (m)

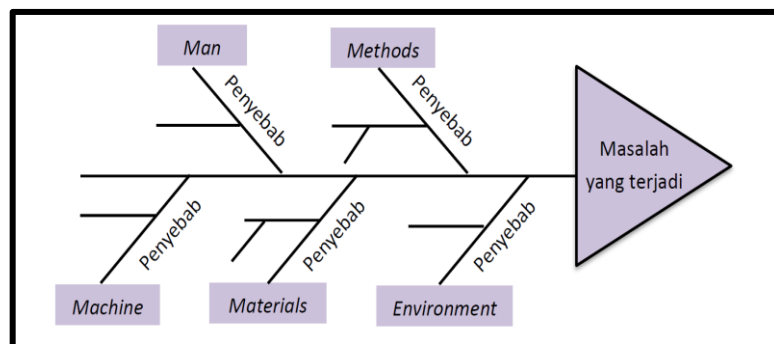
Reduced = Jumlah produk yang tidak sesuai standar,

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (m)

3.8. Cause Effect Diagram (Fishbone)

Fishbone diagram adalah suatu alat bantu yang bertujuan untuk menganalisis akar permasalahan (*root cause analysis*). Analisis akar permasalahan dilakukan secara sistematis dalam beberapa tahapan, salah satunya adalah mengidentifikasi kemungkinan penyebab timbulnya masalah. Identifikasi menggunakan pendekatan sebab akibat dan diintegrasikan dalam suatu kerangka berfikir layaknya diagram alur (Duke Okes, 2009). *Fishbone* diagram berbentuk layaknya tulang ikan dan berfungsi untuk mengidentifikasi akar permasalahan (Mario Coccia, 2017). Diagram ini merupakan alat bantu yang efektif untuk menunjukkan sebab suatu masalah dan ditunjukkan dalam bentuk yang terstruktur (Magar & Shinde, 2014).

Diagram ini pertama kali dikembangkan oleh seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang yaitu Dr. Kaoru Ishikawa sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (*7 basic quality tools*). Diagram terdiri dari sumbu horizontal yang mewakili masalah, selanjutnya dari sumbu utama garis-garis percabangan (sumbu vertikal) ditarik ke arah yang berlawanan, mewakili berbagai kategori faktor yang dapat menyebabkan masalah. Faktor – faktor yang umum digunakan dalam diagram ini adalah, faktor manusia, peralatan, lingkungan, sistem kerja/metode, dan material. Contoh diagram *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12
Diagram *Fishbone* (Ishikawa, 1968)

3.9. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Perhitungan produksi alat muat maupun alat angkut bertujuan untuk mengetahui kapasitas alat muat dan alat angkut dalam suatu operasi penambangan.

3.9.1. Produksi Alat Muat (Pm)

Produksi alat muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Pm = \frac{3600}{CTm} \times Kbm \times BFF \times Eff \times SF \times D \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan :

- Pm* = Produksi alat muat (ton/jam)
- CTm* = Waktu edar alat muat (s)
- Kbm* = Kapasitas *bucket* alat muat (m³)
- BFF* = *Bucket Fill Factor* (%)
- SF* = *Swell Factor*
- Eff* = Efektivitas Alat (%)
- D* = Densitas Material Insitu (ton/m³)

3.9.2. Produksi Alat Angkut (Pa)

Produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Pa = \frac{60}{CTa} \times Kbm \times BFF \times Eff \times SF \times n \times D \dots\dots\dots (3.22)$$

Keterangan :

- Pa* = Produksi alat angkut (ton/jam)
- CTa* = Waktu edar alat angkut (m)
- BFF* = *Bucket Fill Factor* (%)
- SF* = *Swell Factor*
- Kbm* = Kapasitas *bucket* alat muat (m³)
- Eff* = Efektivitas Alat (%)
- n* = Jumlah curah
- D* = Densitas Material Insitu (ton/m³)

3.10. Match Factor Heterogenous

Match factor heterogenous merupakan kombinasi peralatan mekanis dengan jenis alat angkut yang berbeda – beda. Hal ini disebabkan oleh jumlah alat angkut yang besar dan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan produksi, dibandingkan dengan jumlah alat muat yang relatif kecil. (Burt & Caccetta, 2018).

Persamaan *match factor heterogeneous fleet* adalah sebagai berikut :

$$MF = \frac{(\sum_i X_i)(\sum_i t_{i,i'} \cdot X_i)}{X_{i'} \sum_i t_i \cdot X_i} \dots\dots\dots(3.23)$$

Dengan rata – rata waktu edar yang dinyatakan dalam t_x , sebagai berikut :

$$t_x = \frac{\sum_i t_i X_i}{\sum_i X_i} \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan :

MF = *Match Factor* atau faktor keserasian

x_i = Jumlah alat angkut tipe i

$x_{i'}$ = Jumlah alat gali muat tipe i'

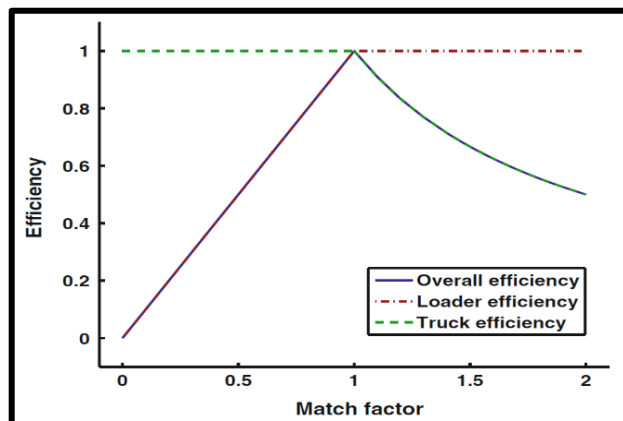
t_i = Waktu edar alat angkut tipe i

t_x = Waktu edar rata – rata alat angkut keseluruhan

$t_{i,i'}$ = Waktu edar alat muat tipe i' untuk mengisi alat angkut tipe i

Keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut berpengaruh terhadap faktor kerja dimana hubungan yang tidak serasi tersebut akan menurunkan faktor kerja itu sendiri. Terdapat grafik untuk menyimpulkan tingkat keserasian kerja alat, dapat dilihat pada Gambar 3.13. Hasil dari grafik disimpulkan faktor keserasian terhadap faktor efektivitas kerja alat, dijelaskan seperti dibawah ini :

1. $MF < 1$, artinya keadaan ini menunjukkan kerja alat angkut 100% sedangkan alat muat bekerja $< 100\%$.
2. $MF > 1$, artinya kerja alat muat 100% sedangkan alat angkut $< 100\%$.
3. $MF = 1$, artinya keserasian kerja sempurna, kerja alat muat dan alat angkut 100%.



Gambar 3.13

Grafik Hubungan Antara Faktor Keserasian dan Faktor Efisiensi Alat
(Burt & Caccetta, 2018)

3.11. Teori Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengetahui data yang diambil telah memenuhi atau belum yang disesuaikan dengan tingkat ketelitian yang dipakai. Data pengamatan dalam metode ini dapat dihitung dengan persamaan :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} x \sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \dots\dots\dots(3.25)$$

(Wignjosoebroto, 2006)

Keterangan :

- | | | | |
|------|--|------|----------------------|
| N | = Jumlah data yang diperoleh | s | = Tingkat ketelitian |
| N' | = Jumlah data pengamatan secara teoritis | k | = Harga indeks |
| | | Xi | = Data pengamatan |

Secara statistik, semakin tinggi tingkat kepercayaan dan semakin tinggi tingkat ketelitian yang diinginkan dari suatu pengukuran akan semakin banyak data sampel n pengukuran yang harus diambil. Harga indeks (k) yang diperoleh bergantung pada tingkat kepercayaan yang dipakai, yaitu :

1. Tingkat kepercayaan 90% maka nilai $k = 1$
2. Tingkat kepercayaan 95% maka nilai $k = 2$
3. Tingkat kepercayaan 99% maka nilai $k = 3$

Nilai tingkat ketelitian (s) yang didapatkan bergantung pada tingkat kepercayaan yang dipakai, antara lain :

1. Tingkat kepercayaan 90% maka nilai $s = 0,10$
2. Tingkat kepercayaan 95% maka nilai $s = 0,05$
3. Tingkat kepercayaan 99% maka nilai $s = 0,01$

Nilai N akan dibandingkan dengan N' , jika $N' < N$ maka data yang diambil sudah cukup, dan sebaliknya jika $N' > N$ maka dengan tingkat keyakinan dan ketelitian yang demikian perlu dilakukan pengambilan data kembali, karena data yang diambil dianggap belum cukup (Wignjosoebroto,2006).

BAB IV

HASIL PENELITIAN

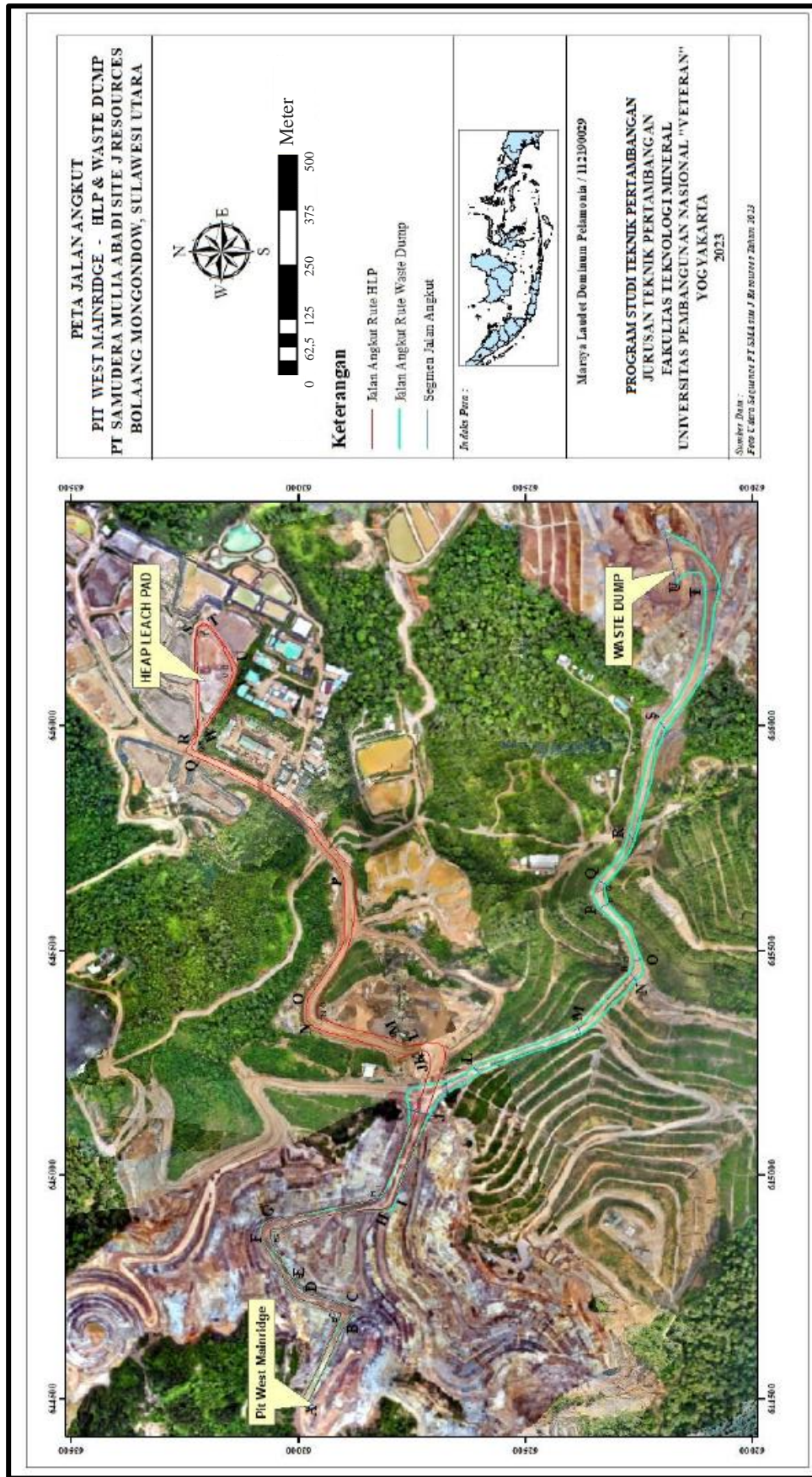
4.1. Tinjauan Lokasi Penambangan

Lokasi penelitian berada di Pit *West Mainridge*, sebelah Barat dari Pit *Office* dengan target elevasi RL-650. Material penambangan merupakan hasil peledakan yang terdiri dari material *ore* dan *waste*. Total produk hasil peledakan adalah 639.720 ton pada bulan Februari 2023, produk memiliki distribusi ukuran 100% lolos ayakan 30 cm, 99,81% lolos ayakan 20 cm dan 88,52% lolos ayakan 10 cm. Material *ore* diangkut menuju HLP sedangkan material *waste* diangkut menuju *waste dump Magazine*. Peta jalan angkut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Peralatan mekanis yang digunakan terdiri dari, 1 unit *excavator* VOL 950E dengan kombinasi tiga jenis alat angkut yaitu 6 unit OHT CAT 773E, 3 unit DT LG DW90A, 1 unit ADT VOL A45G. (Lampiran B dan Lampiran C). *Front* penambangan merupakan suatu luasan area dalam wilayah pertambangan yang menjadi konsentrasi pembongkaran dan pemuatan. Kegiatan penambangan berada pada blok MRC-650M dengan target elevasi RL-650. Pit *West Mainridge* memiliki lebar *front* penambangan sebesar 27,13 m, berdasarkan hasil perhitungan lebar *front* minimum yang diperlukan adalah 27 m. Perhitungan lebar *front* minimum dapat dilihat pada Lampiran D.

4.2. Tahapan Pemuatan

Kegiatan pemuatan material *ore* dan *waste* menggunakan *excavator* VOL 950E memiliki kapasitas volume *bucket* sebesar 5,6 m³, sedangkan alat angkut terdiri dari kombinasi tiga jenis alat, yaitu OHT CAT 773E memiliki kapasitas volume *vessel* 30,51 m³, DT LG DW90A memiliki kapasitas volume *vessel* 27,47 m³, dan ADT VOL A45G yang memiliki kapasitas volume *vessel* 18,13 m³.



Gambar 4.1
 Peta Jalan Angkut

4.2.1. Pola Pemuatan

Pola pemuatan terbagi atas beberapa jenis, antara lain :

1. Pola Pemuatan Berdasarkan Jumlah Penempatan Posisi Alat Angkut

Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan alat angkut adalah *single back up*. Pola *single back up* adalah kondisi ketika alat angkut memposisikan diri untuk dimuati sampai penuh, setelah alat angkut pertama berangkat maka alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati dan begitu seterusnya.

2. Pola Pemuatan Berdasarkan Kedudukan Alat Muat Terhadap Alat Angkut

Pola pemuatan berdasarkan kedudukan alat muat terhadap alat angkut adalah pola *top loading*. Pola *top loading* menggambarkan kondisi alat muat ditempatkan di atas jenjang atau alat angkut berada di bawah alat muat. Pola pemuatan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2.
Pola Pemuatan

4.2.2. Faktor Pengisian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Bucket fill factor diperoleh dari hasil pengamatan secara langsung di lapangan (Lampiran E). Nilai BFF yang diperoleh adalah 100%.

4.2.3. Jumlah Curah *Bucket*

Pengamatan jumlah curah *bucket excavator* VOL 950E terhadap OHT CAT 773E berjumlah 7 kali curah dengan volume rata – rata *vessel* 30,24 m³, DT LG DW90A berjumlah 6 kali curah dan volume rata – rata *vessel* adalah 27,22 m³ dan alat ADT VOL A45G berjumlah 4 kali curah dengan volume rata – rata adalah 18,03 m³.

4.2.4. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Faktor pengembangan material merupakan perbandingan antara volume insitu dan volume *loose*. Material *ore* memiliki berat rata – rata 53,76 ton dengan volume insitu 25,47 m³ dan volume *loose* 31,31 m³, nilai faktor pengembangan yang diperoleh adalah 0,834. Material *waste* memiliki berat rata – rata 52,86 ton dengan volume insitu 24,13 m³ dan volume *loose* 29,04 m³, nilai faktor pengembangan yang diperoleh adalah 0,831. Perhitungan nilai faktor pengembangan dapat dilihat pada Lampiran F.

4.3. Jalan Angkut

Jalan angkut merupakan akses penghubung antara Pit *West Mainridge* menuju lokasi HLP untuk pengangkutan material *ore* dan lokasi *waste dump Magazine* untuk pengangkutan material *waste*.

4.3.1. Kondisi Jalan Angkut

Material *ore* dan *waste* diangkut dari Pit *West Mainridge* menuju (HLP) dan *waste dump Magazine* menggunakan 3 jenis alat angkut, yaitu OHT CAT 773E, DT LG DW90A, dan ADT VOL A45G. Permukaan jalan angkut cenderung tidak rata dan memiliki banyak undulasi, selain itu ketika hujan kondisi jalan angkut menjadi licin dan membutuhkan waktu untuk pengeringan. Kondisi jalan angkut dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3.
Kondisi Jalan Angkut

4.3.2. Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut terdiri atas beberapa parameter antara lain, jarak, lebar jalan, radius tikungan, superelevasi, kemiringan (*grade*) jalan dan *cross slope*. Data geometri jalan angkut dapat dilihat pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.4. Perhitungan geometri jalan angkut dapat dilihat pada Lampiran G.

1. Jarak Jalan Angkut

Jarak jalan angkut dari Pit *Waste Mainridge* menuju *Heap Leach Pad* (HLP) adalah 2,7 km, sedangkan jarak jalan angkut menuju *waste dump Magazine* adalah 3 km.

2. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Kemiringan jalan angkut menurut KEPMEN ESDM 1827 K/30/MEM/2018 adalah tidak lebih dari 12%. Kemiringan jalan angkut terbesar menuju HLP dan *waste dump Magazine* berada pada segmen jalan F-G* memiliki kemiringan sebesar 11,5% (Tabel 4.1 dan Tabel 4.2).

3. Lebar Jalan Angkut

- Lebar Jalan Angkut Lurus 2 Jalur

Lebar minimum jalan angkut lurus untuk kondisi dua jalur adalah 17,5 m. Alat angkut terbesar yaitu OHT CAT 773E memiliki lebar 5 m sesuai dengan spesifikasi alat (Lampiran C).

- Lebar Jalan Angkut Lurus 1 Jalur

Jalan angkut 1 jalur berada pada segmen R-Y menuju lokasi HLP (Tabel 4.1). Lebar minimum jalan angkut lurus untuk kondisi satu jalur adalah 10 m.

- Lebar Jalan Angkut Tikungan

Lebar minimum jalan angkut pada kondisi tikungan 1 jalur adalah 14,25 m dan kondisi tikungan 2 jalur adalah 25 m. Jalan tikungan 1 jalur berada pada 3 segmen antara lain S-T, U-V, dan W-X yang menuju lokasi HLP, (Tabel 4.1).

Tabel 4.1

Lebar dan Kemiringan Jalan Angkut (Pit *West Mainridge* – HLP)

No	Segmen	Jarak (m)	Kemiringan (%)	Keterangan	Lebar (m)	Keterangan
1	A-B	204	11%	Memenuhi	16,2	Tidak Memenuhi / 2 Jalur
2	B-C*	35,63	6%	Memenuhi	39,9	Memenuhi / Tikungan
3	C-D	85,41	11%	Memenuhi	22,16	Memenuhi / 2 Jalur
4	D-E*	65,1	6%	Memenuhi	29,5	Memenuhi / Tikungan
5	E-F	92,46	11%	Memenuhi	18,2	Memenuhi / 2 Jalur
6	F-G*	70,3	11,5%	Memenuhi	20,3	Tidak Memenuhi / Tikungan

(Lanjutan Tabel 4.1)

No	Segmen	Jarak (m)	Kemiringan (%)	Keterangan	Lebar (m)	Keterangan
7	G-H	183,4	7%	Memenuhi	21,14	Memenuhi / 2 Jalur
8	H-I*	64,9	-3%	Memenuhi	33,5	Memenuhi / Tikungan
9	I-J	310,13	-2%	Memenuhi	37,3	Memenuhi / 2 Jalur
10	J-K*	38,39	-3%	Memenuhi	26	Memenuhi / Tikungan
11	K-L	51,412	-11%	Memenuhi	22,33	Memenuhi / 2 Jalur
12	L-M*	34,85	-9%	Memenuhi	32,53	Memenuhi / Tikungan
13	M-N	171	-4%	Memenuhi	26,3	Memenuhi / 2 Jalur
14	N-O*	40	7%	Memenuhi	30,5	Memenuhi / Tikungan
15	O-P	167	-10%	Memenuhi	24	Memenuhi / 2 Jalur
16	P-Q	86	-5%	Memenuhi	36	Memenuhi / 2 Jalur
17	Q-R*	72	-1%	Memenuhi	27,2	Memenuhi / Tikungan
18	R-S	424	3%	Memenuhi	16	Tidak Memenuhi / 1 Jalur
19	S-T*	19,6	-6%	Memenuhi	8,3	Tidak Memenuhi / Tikungan
20	T-U	254	-10%	Memenuhi	6,6	Tidak Memenuhi / 1 Jalur
21	U-V*	37,8	-1%	Memenuhi	6	Tidak Memenuhi / Tikungan
22	V-W	103	4%	Memenuhi	8	Tidak Memenuhi / 1 Jalur
23	W-X*	24,2	5%	Memenuhi	8,2	Tidak Memenuhi / Tikungan
24	X-Y	105	9%	Memenuhi	5,3	Tidak Memenuhi / 1 Jalur

Tabel 4.2

Lebar dan Kemiringan Jalan Angkut (Pit West Mainridge – Waste dump)

No	Segmen	Jarak (m)	Kemiringan (%)	Keterangan	Lebar (m)	Keterangan
1	A-B	204	11%	Memenuhi	16,2	Tidak Memenuhi / 2 Jalur
2	B-C*	35,63	5,9%	Memenuhi	39,9	Memenuhi / Tikungan
3	C-D	85,41	11%	Memenuhi	22,16	Memenuhi / 2 Jalur
4	D-E*	65,1	5,8%	Memenuhi	29,5	Memenuhi / Tikungan
5	E-F	92,46	10,6%	Memenuhi	18,2	Memenuhi / 2 Jalur
6	F-G*	70,3	11,5%	Memenuhi	20,3	Tidak Memenuhi / Tikungan
7	G-H	183,4	6,7%	Memenuhi	21,14	Memenuhi / 2 Jalur
8	H-I*	64,9	-3,2%	Memenuhi	33,5	Memenuhi / Tikungan
9	I-J	205	-0,5%	Memenuhi	30	Memenuhi / 2 Jalur
10	J-K*	60	-3%	Memenuhi	56	Memenuhi / Tikungan
11	K-L	391,1	7,5%	Memenuhi	18,25	Memenuhi / 2 Jalur
12	L-M	140,67	-5,0%	Memenuhi	25,85	Memenuhi / 2 Jalur
13	M-N*	64,3	-1,8%	Memenuhi	26,5	Memenuhi / Tikungan
14	N-O	132	9,8%	Memenuhi	16,3	Tidak Memenuhi / 2 Jalur
15	O-P*	59	4,5%	Memenuhi	26	Memenuhi / Tikungan
16	P-Q	56,38	1,2%	Memenuhi	17,6	Memenuhi / 2 Jalur
17	Q-R	301	-3,1%	Memenuhi	21,1	Memenuhi / 2 Jalur
18	R-S	247	-9,4%	Memenuhi	25	Memenuhi / 2 Jalur
19	S-T	180	-9,0%	Memenuhi	20	Memenuhi / 2 Jalur
20	T-U*	112	-3,2%	Memenuhi	31	Memenuhi / Tikungan

4. Radius Tikungan

Nilai radius tikungan jalan sebesar 17,69 m, dengan kecepatan maksimum alat adalah 25 km/jam sehingga diperoleh *friction factor* sebesar 0,21.

5. Superelevasi

Nilai superelevasi pada tikungan adalah 0,04 m/m. Nilai ini diperoleh berdasarkan kecepatan maksimum alat sebesar 25 km/jam dan radius tikungan jalan sebesar 17,69 m. Nilai beda tinggi minimum yang direncanakan pada kondisi 1 jalur

adalah 0,57 m sedangkan untuk kondisi 2 jalur adalah 1 m. Data superelevasi dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

6. Cross Slope

KEPMEN ESDM 1827 K/30/MEM/2018 menyatakan bahwa nilai *cross slope* paling kurang adalah 2%. Nilai *cross slope* yang diperoleh sebesar 0,02 m/m, telah memenuhi ketentuan yang berlaku.

Tabel 4.3
Data Superelevasi (Pit West Mainridge – HLP)

No	Segmen	Lebar (m)	Superelevasi (m/m)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
1	B-C*	39,9	0,04	1,59	Memenuhi
2	D-E*	29,5	0,04	1,18	Memenuhi
3	F-G*	20,3	0,04	0,81	Tidak Memenuhi
4	H-I*	33,5	0,04	1,34	Memenuhi
5	J-K*	26	0,04	1,04	Memenuhi
6	L-M*	32,53	0,04	1,30	Memenuhi
7	N-O*	30,5	0,04	1,22	Memenuhi
8	Q-R*	27,2	0,04	1,08	Memenuhi
9	S-T*	8,3	0,04	0,33	Tidak Memenuhi
10	U-V*	6	0,04	0,24	Tidak Memenuhi
11	W-X*	8,2	0,04	0,38	Tidak Memenuhi

*tikungan

Tabel 4.4
Data Superelevasi (Pit West Mainridge – Waste dump Magazine)

No	Segmen	Lebar (m)	Superelevasi (m/m)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
1	B-C*	39,9	0,04	1,59	Memenuhi
2	D-E*	29,5	0,04	1,18	Memenuhi
3	F-G*	20,3	0,04	0,81	Tidak Memenuhi
4	H-I*	33,5	0,04	1,34	Memenuhi
5	J-K*	56	0,04	2,24	Memenuhi
6	M-N*	26,5	0,04	1,06	Memenuhi
7	O-P*	26	0,04	1,04	Memenuhi
8	T-U*	31	0,04	1,24	Memenuhi

*tikungan

4.4. Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar alat muat adalah waktu rata – rata yang ditempuh oleh alat muat meliputi waktu untuk menggali (*digging time*), waktu berputar dengan muatan (*swing load*), waktu menumpahkan muatan ke dalam *vessel* (*dumping time*), dan waktu berputar tanpa muatan (*swing empty*). Data diperoleh dari hasil observasi di lapangan dan memenuhi standar kecukupan data berdasarkan analisis metode uji kecukupan data, (Lampiran H). Waktu edar rata-rata alat muat adalah 23,75 detik atau 0,40 menit. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran I.

Waktu edar alat angkut adalah waktu edar rata – rata yang terdiri dari waktu manuver, waktu pemuatan material (*loading time*), waktu pengangkutan material (*travel load*), waktu manuver dengan muatan, waktu kembali dalam keadaan kosong (*travel empty*). Waktu edar rata – rata pada 10 unit alat angkut menuju dua lokasi penimbunan material *ore* dan *waste* antara lain OHT CAT 773E adalah 24,16 menit, DT LG DW90A adalah 26,99 menit dan ADT VOL A45G adalah 29,02 menit. Waktu edar alat angkut dan alat muat masing – masing dapat dilihat pada Tabel 4.5. (Lampiran J).

Tabel 4.5
Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

Material	Jenis Alat Muat dan Alat Angkut	Waktu Edar (menit)
Ore	<i>Excavator Volvo 950E</i>	0,40
	<i>Off Highway Truck CAT 773E</i>	23,38
	<i>Dump Truck Liugong DW90A</i>	28,48
Waste	<i>Excavator Volvo 950E</i>	0,40
	<i>Off Highway Truck CAT 773E</i>	24,55
	<i>Dump Truck Liugong DW90A</i>	31,99
	<i>Articulated Dump Truck A45G</i>	29,02

4.5. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja tersedia pada bulan Februari 2023 adalah 28 hari kerja. Waktu kerja dalam 1 hari adalah 24 jam atau 1.440 menit yang terbagi dalam 2 *shift*, sehingga waktu kerja tersedia dalam satu *shift* adalah 12 jam atau 720 menit.

Efektifitas peralatan mekanis ditentukan berdasarkan metode *overall equipment effectiveness* (OEE) dan *six big losses* untuk mengetahui faktor hambatan yang paling mempengaruhi kinerja alat muat dan alat angkut.

4.5.1. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan metrik untuk mengetahui tingkat efektivitas alat muat dan alat angkut. Metode OEE terbagi atas 3 parameter, antara lain *availability factor*, *performance factor*, dan *quality factor*. Perhitungan parameter - parameter dalam metode OEE dapat dilihat pada Lampiran K.

1. *Availability Factor*

Faktor ketersediaan (*availability factor*) merupakan perbandingan antara *actual available time* dengan *total time*. Nilai *actual available time* diperoleh dari

hasil pengurangan *total time* dalam 1 hari yaitu 1440 menit dengan hambatan yang mempengaruhi *availability factor* antara lain *non scheduled time*, *downtime*, dan *setup and adjustment*. Persentase *availability factor* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6
Availability Factor

NO	Indikator	Waktu (menit)			
		Excavator VOL 950E	OHT CAT 773E	ADT VOL A45G	DT LG DW90A
1	<i>Losses : Setup & Adjustment</i>				
	P2H	6,45	5,63	6,32	5,67
	Pengisian Bahan Bakar	0,00	3,03	4,28	5,22
	Terlambat Bekerja	9,50	28,78	29,55	28,46
	Pulang Lebih Awal	10,21	17,19	19,40	16,09
	Jumlah	36,16	54,63	59,55	55,45
2	<i>Losses : Downtime</i>	131,20	74,61	108,30	100,00
3	<i>Total Losses</i>	167,37	129,23	167,85	155,89
4	<i>Total Time</i>	1440	1440	1440	1440
5	<i>Actual Available Time</i>	1273	1311	1272	1284
6	<i>Availability Factor</i>	88,38%	91,03%	88,34%	89,17%

2. *Performance Factor*

Faktor kinerja alat (*performance factor*) adalah perbandingan antara selisih nilai *operation time* dan *speed loss* terhadap total nilai *operation time*. Nilai *operation time* diperoleh dari pengurangan nilai *actual available time* pada perhitungan *availability factor* dengan waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *performance factor* meliputi *idle time* dan *minor stoppage* atau pemberhentian alat sejenak serta ketidakefisiensian operator saat bekerja.

Speed loss atau kerugian kecepatan diperoleh dari waktu edar dikali dengan jumlah ritase produksi. Waktu edar alat muat adalah 0,40 menit sedangkan waktu edar alat angkut dihitung berdasarkan rata – rata waktu menuju dua lokasi penimbunan antara lain OHT CAT 773E adalah 24,16 menit, DT LG DW90A adalah 30,82 menit dan ADT VOL A45G adalah 29,02 menit. Nilai *performance factor* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7
Performance Factor

NO	Indikator	Waktu (menit)			
		Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
1	Rata – Rata Waktu Edar	0,40	24,16	30,82	29,02
	<i>Jumlah Ritase Produksi dalam 1 Jam</i>	152x curah	3x ritase	2x ritase	2x ritase
2	<i>Losses : Minor Stoppage</i>				
	Berhenti Sebelum Istirahat	7,36	15,50	11,36	11,71

(Lanjutan Tabel 4.7)

NO	Indikator	Waktu (menit)			
		Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
	Terlambat Setelah Istirahat	2,54	6,07	16,09	5,79
	Toilet	4,86	19,72	20,19	14,22
	Sholat	0	18,63	19,39	16,61
	Hambatan Operasional	11,46	13,18	15,45	15,42
	Jumlah	26,21	73,11	82,48	63,75
3	<i>Losses : Idle Time</i>				
	Istirahat	120	120	120	120
	Cuaca & Sliperry	40,03	21,79	18,17	5,73
	Jumlah	160,03	141,79	138,17	125,73
4	<i>Total Losses</i>	186,24	214,90	220,65	189,48
5	<i>Actual Available Time</i>	1272	1311	1284	1272
6	<i>Operation Time</i>	1086,39	1095,87	1063,46	1082,66
7	<i>Performance Factor</i>	94,48%	94,49%	94,20%	94,64%

3. Quality Factor

Kualitas produk ditentukan dari perbandingan produk bersih dengan total produk yang dihasilkan. Variabel “produk” yang digunakan adalah data hasil pengamatan curah *bucket* alat muat saat melayani alat angkut. Produk diklasifikasikan berdasarkan tiga kategori faktor pengisian antara lain kategori 90% yaitu *bucket* dalam kondisi peres, kategori 100% yaitu *bucket* dalam kondisi standar dan kategori 110% yaitu *bucket* dalam kondisi munjung.

Nilai faktor kualitas (*quality factor*) merupakan perbandingan nilai *net operation time* dengan *total operation time*. *Net operation time* adalah selisih nilai *operation time* dengan *defect production time*. Nilai *defect production time* diperoleh dari jumlah produk cacat dikali dengan waktu edar peralatan mekanis. Nilai *quality factor* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8
Quality Factor

NO	Indikator	Waktu (menit)			
		Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
1	Waktu Edar (menit)	0,40	24,16	30,82	29,02
2	Jumlah Produksi Ritase dalam 1 Jam	152x curah	3x ritase	2x ritase	2x ritase
3	Hasil Pengamatan BFF (curah)				
	<i>Production Input (n)</i>	100	100	100	100
	<i>Good Quality (BFF ≥ 100%)</i>	85	85	85	85
	<i>Defect Quality (BFF < 100%)</i>	15	15	15	15
		15%	15%	15%	15%
	Jumlah Produksi Cacat dalam 1 Jam	22,74	0,38	0,30	0,30
4	<i>Quality Time</i>				
	<i>Defect Production Time</i>	216,00	217,43	221,89	208,96
	<i>Operation Time</i>	1086	1095	1063	1082

(Lanjutan Tabel 4.8)

NO	Indikator	Waktu (menit)			
		Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
	<i>Net Production Time</i>	870,39	878,44	841,57	873,70
5	<i>Quality Factor (%)</i>	80,12%	80,16%	79,14%	80,70%

Berdasarkan hasil *availability factor*, *performance factor* dan *quality factor*, persentase nilai OEE dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Persentase *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Indikator	Nilai OEE			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Availability Factor</i>	88,38%	91,03%	89,17%	88,34%
<i>Performance Factor</i>	94,48%	94,49%	94,20%	94,64%
<i>Quality Factor</i>	80,12%	80,16%	79,14%	80,70%
Nilai OEE	66,90%	68,94%	64,48%	67,47%

4.5.2. Six Big Losses

Six big losses merupakan jenis – jenis kerugian berdasarkan metode OEE yang menyebabkan peralatan tidak dapat bekerja secara optimal, terdiri dari *downtime losses*, *setup and adjustment*, *idling and minor stoppage*, *reduce speed losses*, *defect in process*, dan *reduced yield losses*. Perhitungan *six big losses* dapat dilihat pada Lampiran L.

1. Downtime Losses

Downtime losses adalah kerugian waktu yang disebabkan oleh kerusakan pada peralatan mekanis menyebabkan alat yang tidak dapat beroperasi. *Downtime losses* dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10
Downtime Losses

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
<i>Downtime</i>	131,20	74,61	100,45	108,03
<i>Total Losses</i>	10,31%	5,69%	7,82%	8,51%

2. Setup and Adjustment

Setup and adjustment adalah kerugian waktu saat persiapan dan penyetelan alat sebelum beroperasi, contohnya pemeriksaan dan perawatan harian (P2H), waktu pengisian bahan bakar, keterlambatan kerja dan berhenti kerja sebelum waktu yang ditetapkan. Data *setup and adjustment* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11
Setup and Adjustment

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
<i>Setup and Adjustment</i>				
P2H	6,45	5,63	5,67	6,32
Pengisian Bahan Bakar	0	3,03	5,22	4,28
Terlambat Bekerja	19,50	28,78	28,46	29,55
Pulang Lebih Awal	10,21	17,19	16,09	19,40
Jumlah	36,16	54,63	55,45	59,55
<i>Total Losses</i>	2,84%	4,17%	4,32%	4,68%

3. *Idling and Minor Stoppage*

Idling and minor stoppage adalah kerugian yang disebabkan karena pemberhentian alat sejenak seperti waktu hujan & *slippery*, waktu istirahat, hambatan operasional, ketidakefisiensian operator saat bekerja yaitu berhenti bekerja sebelum istirahat, terlambat bekerja setelah istirahat, dan keperluan operator lainnya. Data *idling and minor stoppage* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12
Idling and Minor Stoppage

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
<i>Idling & Minor Stoppage</i>				
Istirahat	120	120	120	120
Cuaca & <i>Slippery</i>	40,03	21,79	18,17	5,73
Berhenti Sebelum Istirahat	7,36	15,5	11,71	11,36
Terlambat Setelah Istirahat	2,54	6	5,79	16,09
Toilet	4,86	19,72	14,22	20,19
Sholat	0	18,63	16,61	19,39
Hambatan Operasional	11,46	13,18	15,42	15,45
Jumlah	186,24	214,90	201,92	208,21
<i>Total Losses</i>	14,63%	16,40%	15,72%	16,37%

4. *Reduce Speed Losses*

Reduce speed losses adalah kerugian karena waktu edar aktual alat mekanis lebih besar dari waktu edar yang direncanakan. Data waktu edar alat secara teoritis dihitung berdasarkan distribusi statistika, sedangkan data waktu edar aktual diperoleh saat observasi di lapangan. Data *reduce speed losses* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13
Reduce Speed Losses

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
Rata – Rata Waktu Edar	0,40	24,16	30,82	29,02
Jumlah Ritase Produksi Alat dalam 1 Jam	152x curah	3x ritase	2x ritase	2x ritase
<i>Total Losses</i>	4,71%	4,61%	4,80%	4,56%

5. *Defect in Process*

Defect in process adalah kerugian waktu yang disebabkan oleh alat ketika menghasilkan produk cacat atau produk yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Data produk merupakan hasil pengamatan *bucket fill factor* dengan kondisi 90 – 110%. Data *defect in process* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14
Defect in Process

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
Rata – rata waktu edar	0,40	24,16	30,82	29,02
Ritase Produksi Alat dalam 1 Jam	152x curah	3x ritase	2x ritase	2x ritase
<i>Defect in Process</i>				
<i>Production Input (n)</i>	100	100	100	100
<i>Net Product (BFF ≥ 100%)</i>	85	85	85	85
<i>Product Defect (BFF < 100%)</i>	15	15	15	15
	15%	15%	15%	15%
<i>Total Product Defect</i>	23,40	0,38	0,30	0,30
<i>Total Losses</i>	0,71%	0,69%	0,72%	0,68%

6. *Reduced Yield Losses*

Reduced yield losses adalah kerugian waktu yang disebabkan oleh alat ketika menghasilkan produk yang tidak terpakai mengakibatkan produksi tidak maksimal. Data *reduced yield losses* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15
Reduce Yield Losses

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Loading Time</i>	1273	1311	1284	1272
Rata – rata waktu edar	0,40	24,16	30,82	29,02
Ritase Produksi Alat dalam 1 Jam	152x curah	3x ritase	2x ritase	2x ritase
<i>Reduce Yield Losses</i>				
Kapasitas Alat (ton)	8	55,5	50	33
Rata – Rata Muatan (ton)	7,20	53	45	30
Material yang Tidak Terpakai (ton)	0,80	2,15	4,96	2,92

(Lanjutan Tabel 4.15)

Indikator	Waktu (menit)			
	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
Total Material Tidak Terpakai (ton)	18,24	0,80	1,49	0,87
<i>Total Losses</i>	0,57%	1,48%	3,57%	2,00%

Data *six big losses* alat muat dan alat angkut dari seluruh indikator kerugian dapat dilihat pada Tabel 4.16, (Lampiran L).

Tabel 4.16
Data Six Big Losses

Indikator	Excavator Volvo 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT Volvo A45G
<i>Downtime</i>	10,31%	5,69%	7,82%	8,51%
<i>Setup and Adjustment</i>	2,84%	4,17%	4,32%	4,68%
<i>Idling & Minor Stoppage</i>	14,63%	16,40%	15,72%	16,37%
<i>Reduce Speed</i>	4,71%	4,61%	4,80%	4,56%
<i>Defect in Process</i>	0,71%	0,69%	0,72%	0,68%
<i>Reduce Yield Losses</i>	0,57%	1,48%	3,57%	2,00%

4.6. Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Produksi material *ore* dan *waste* dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18, sedangkan persentase ketercapaian produksi alat mekanis dapat dilihat pada Tabel 4.19. Perhitungan produksi alat muat dilihat pada Lampiran M sedangkan produksi alat angkut dapat dilihat pada Lampiran N.

Tabel 4.17
Produksi Material Ore

Jenis Alat	Jumlah Unit	Produksi (ton/bulan)
<i>Excavator Volvo 950E</i>	1	577.235
OHT CAT 773E	2	136.863
DT Liugong DW90A	1	46.429
ADT Volvo A45G	0	0

Tabel 4.18
Produksi Material Waste

Jenis Alat	Jumlah Unit	Produksi (ton/bulan)
<i>Excavator Volvo 950E</i>	1	577.235
OHT CAT 773E	4	268.553
DT Liugong DW90A	2	85.167
ADT Volvo A45G	1	39.696

Tabel 4.19
Total Produksi

	Material Ore (ton/bulan)	Material Waste (ton/bulan)
Target Produksi	202.969	419.807
Kemampuan Produksi	183.291	393.418
% Ketercapaian	90,31%	93,71%

4.7. Faktor Keserasian Kerja (*Match Factor*) Alat Muat dan Alat Angkut

Keserasian kerja peralatan mekanis diperoleh berdasarkan persamaan *heterogenous truck fleets*. *Heterogenous truck fleet* adalah kombinasi *fleet* yang terdiri dari alat muat dan alat angkut dengan jenis berbeda-beda. Kombinasi yang paling efisien adalah kombinasi dengan nilai MF yang serasi (1) atau yang mendekati (1). Kombinasi peralatan mekanis dalam 1 *fleet* terdiri dari 1 unit *excavator* VOL 950E dengan 10 unit alat angkut yaitu, 6 unit OHT CAT 773E, 3 unit DT LG DW90A, dan 1 unit ADT VOL A45G. Nilai *match factor* yang diperoleh adalah 0,95. (Lampiran O).

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Produksi *project Mainridge* bulan Januari 2023 di lokasi Pit *West Mainridge* antara lain material *ore* sebesar 178.331 ton/bulan dan material *waste* sebesar 404.793 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 97%. Target produksi yang tidak tercapai dibebankan pada bulan selanjutnya, sehingga target produksi pada Bulan Februari 2023 menjadi semakin meningkat. Target produksi yang baru untuk material *ore* adalah 202.969 ton/bulan dan material *waste* adalah 419.807 ton/bulan.

Berdasarkan Tabel 4.19, produksi material *ore* yang dihasilkan saat ini adalah 183.291 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 90,31% sedangkan material *waste* adalah 393.418 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 93,71% belum memenuhi target produksi pada Bulan Februari 2023. Peralatan mekanis yang belum bekerja optimal perlu diketahui penyebabnya dan dilakukan perbaikan untuk dapat meningkatkan produksi maupun efektivitas alat tersebut. Perhitungan produksi alat dapat dilihat pada Lampiran N.

5.2. Analisis Faktor – Faktor Penyebab Ketidaktercapaian Target Produksi

Produksi material *ore* pada bulan Februari 2023 adalah 90,31% dan material *waste* adalah 93,71%, belum memenuhi target yang ditetapkan. Ketidaktercapaian target produksi pada alat muat dan alat angkut menjadi suatu permasalahan yang perlu diketahui penyebabnya. Permasalahan tersebut selanjutnya diintegrasikan dalam *fishbone diagram* untuk membantu mengidentifikasi faktor – faktor yang berpengaruh, agar dapat melakukan perbaikan dan target produksi dapat tercapai.

1.2.1. Analisis Ketidaktercapaian Target Produksi berdasarkan *Fishbone Diagram*

Target produksi yang tidak tercapai pada Bulan Februari 2023 menjadi fokus permasalahan dalam penelitian ini. *Fishbone diagram* digunakan untuk mengidentifikasi faktor – faktor yang mengakibatkan timbulnya permasalahan

antara lain, faktor manusia (*man*), faktor peralatan (*machine*), faktor material, sistem kerja (*method*), dan lingkungan (*environment*). (Gambar 5.1).

1. Faktor Material

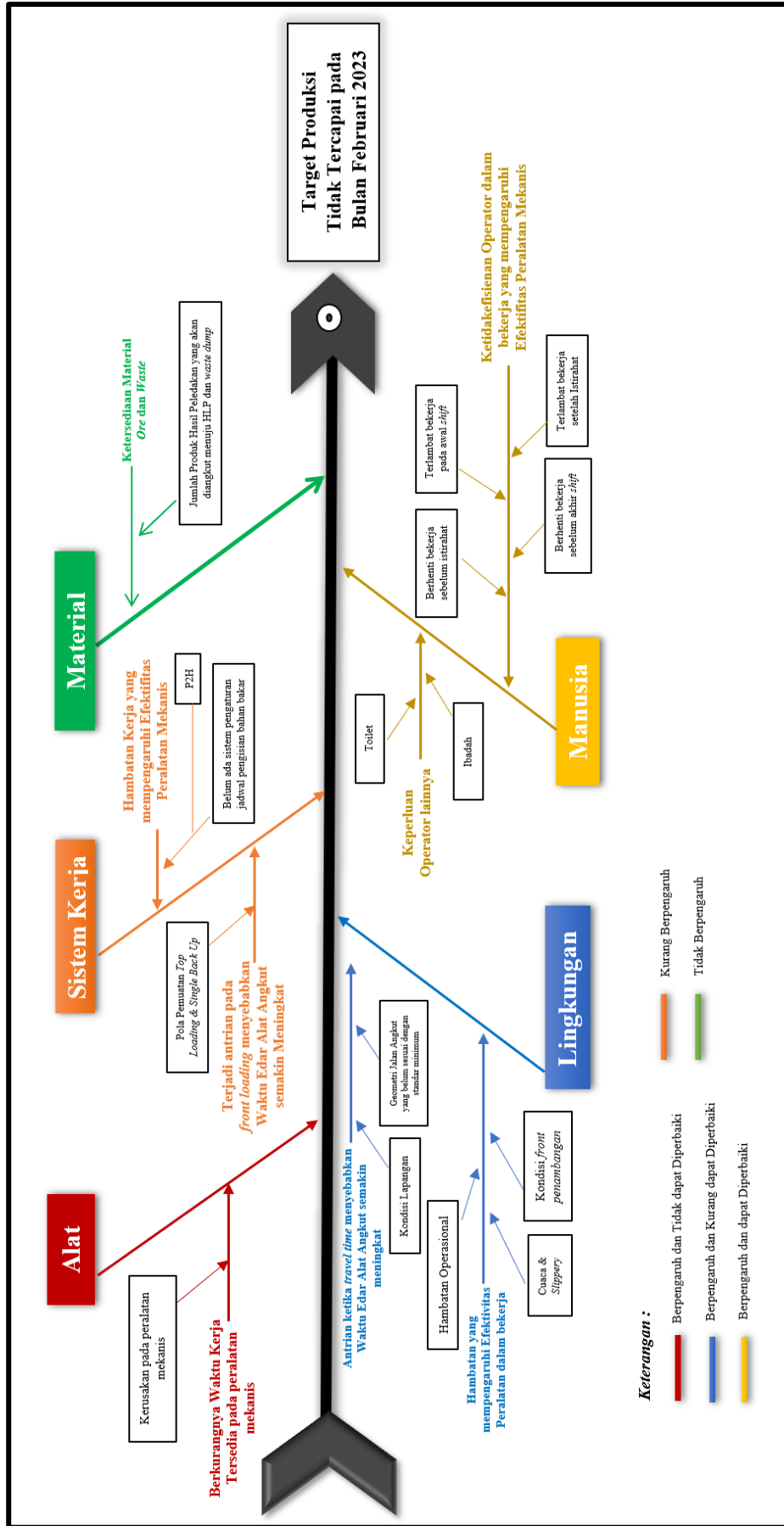
Material penambangan merupakan produk hasil peledakan sebesar 639.720 ton pada bulan Februari 2023 yang terbagi atas material *ore* dan *waste*. Produk hasil peledakan inilah yang selanjutnya diangkut menuju HLP dan *waste dump* Magazine. Target produksi yang ditetapkan pada Bulan Februari 2023 adalah 622.776 ton/bulan antara lain untuk material *ore* adalah 202.969 ton/bulan dan material *waste* adalah 419.807 ton/bulan.

2. Faktor Manusia

1) Operator terlambat bekerja diawal *shift* mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 19,50 menit dan alat angkut 28,93 menit (Tabel 4.11). Operator terlambat bekerja dipengaruhi oleh kondisi saat pergantian *shift* yang tidak efisien. Pada saat unit sarana mengantarkan operator menuju front penambangan lokasi pemberhentian tidak dilakukan disatu tempat tetapi menyesuaikan dengan lokasi alat yang parkir di beberapa tempat. Hambatan ini merupakan salah satu penyebab kerugian yang dapat menurunkan tingkat efektifitas peralatan mekanis. Tingkat efektivitas kerja yang rendah akan menyebabkan produksi tidak tercapai.

2) Operator berhenti bekerja sebelum istirahat pukul 12.00 WITA mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 7,36 menit dan alat angkut sebesar 12,86 menit. Jarak *front* penambangan dengan lokasi HLP adalah 2,7 km dan *waste dump* adalah 3 km. Jarak yang jauh antara *front* penambangan, lokasi penimbunan maupun area parkir menyebabkan sebagian operator cenderung memperlambat waktu diperjalanan agar kehilangan ritase terakhir sebelum istirahat, selain itu operator berhenti lebih awal juga disebabkan karena adanya evakuasi sebelum kegiatan peledakan yang dilakukan pada pukul 12.00 WITA. Hambatan ini merupakan salah satu penyebab berkurangnya efektifitas dalam bekerja sehingga mengakibatkan ketidaktercapaian pada target produksi.

3) Operator terlambat bekerja setelah istirahat mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 2,54 menit dan kerugian pada alat angkut 9,32 menit. Operator alat angkut terlambat bekerja karena melakukan pengisian bahan bakar pada saat jam kerja, sehingga kehilangan waktu ritase pertama setelah istirahat.



Gambar 5.1
Fishbone Diagram

Operator alat muat yang terlambat disebabkan karena adanya pemindahan alat menuju *loading point* yang baru yang dilakukan setelah istirahat. Hambatan ini terjadi dan berdampak pada ketidakefektifan operator dalam bekerja sehingga dapat menyebabkan rendahnya tingkat efektivitas kerja yang berpengaruh terhadap ketercapaian produksi yang belum memenuhi target.

4) Operator yang berhenti bekerja sebelum akhir *shift* mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 10,21 menit dan alat angkut sebesar 17,56 menit. Hambatan ini dipengaruhi oleh jarak antara lokasi penimbunan dengan *front* penambangan yang jauh menyebabkan sebagian operator memperlambat waktu perjalanan agar tidak beroperasi kembali pada ritase akhir dan langsung memarkirkan alat pada area *front* penambangan. Hambatan ini apabila tidak diperbaiki akan menyebabkan rendahnya efektivitas dalam bekerja sehingga produksi tidak dapat tercapai.

5) Keperluan operator lainnya meliputi waktu ibadah dan toilet mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 4,86 menit dan alat angkut 18,13 menit. Hambatan ini termasuk dalam kerugian yang dapat menyebabkan efektivitas kerja menjadi rendah dan berpengaruh terhadap ketidaktercapaian target produksi yang dihasilkan.

3. Faktor Metode/Sistem Kerja

1) Pola Pemuatan

- Pola Pemuatan berdasarkan Penempatan Posisi Alat Angkut

Pola pemuatan berdasarkan penempatan posisi alat angkut adalah pola *single back up* (Gambar 4.2). Pola pemuatan ini menyesuaikan dengan kondisi *front* penambangan yang tidak terlalu besar. *Front* penambangan memiliki lebar yaitu 27,13 m apabila dibandingkan dengan lebar minimum secara teoritis adalah 27 m, (Lampiran D) telah memenuhi standar yang ditetapkan akan tetapi tetap tidak memungkinkan untuk menggunakan pola *double back up* yang membutuhkan lebih banyak tempat untuk kegiatan pemuatan, sehingga terjadi waktu antrian pada alat angkut kedua ketika menunggu alat angkut pertama dimuati.

- Pola Pemuatan berdasarkan kedudukan Alat Muat terhadap Alat Angkut

Pola pemuatan berdasarkan kedudukan alat muat terhadap alat angkut adalah pola *top loading* (Gambar 4.2). Pola *top loading* berdampak terhadap rata – rata

waktu edar alat muat yang dihasilkan yaitu 0,40 menit (Tabel 4.5). Pola yang diterapkan akan mengurangi sudut *swing* dan resiko kontak langsung dengan *vessel* dapat diminimalisir, sehingga pola *top loading* lebih menguntungkan terhadap aktivitas pemuatan di lapangan.

2) Waktu Pengisian Bahan Bakar

Pengisian bahan bakar menghasilkan kerugian pada alat angkut 4,18 menit. Hal ini disebabkan karena belum adanya sistem pengaturan jadwal untuk melakukan pengisian bahan bakar terhadap alat yang beroperasi saat itu, sehingga memungkinkan terjadi waktu antrian pada alat karena dilakukan dalam waktu yang bersamaan saat jam kerja, yaitu setelah waktu istirahat.

3) Pemeriksaan dan Perawatan Harian (P2H).

Kegiatan pemeriksaan dan perawatan harian menghasilkan kerugian pada alat muat 6,45 menit dan alat angkut sebesar 5,87 menit.

4. Faktor Alat

Faktor peralatan disebabkan oleh peralatan mekanis yang mengalami kerusakan tidak direncanakan (*unschedule breakdown*) mengakibatkan kerugian waktu pada alat muat 131,20 menit dan alat angkut antara lain OHT CAT 773E sebesar 74,61 menit, DT LG DW90A sebesar 100,45 menit dan ADT VOL A45G sebesar 108 menit. *Excavator* VOL 950E merupakan alat yang memiliki waktu hambatan tertinggi, dipengaruhi oleh kondisi peralatan mekanis itu sendiri sehingga efektivitas kerjanya menjadi rendah dan target produksi tidak tercapai.

5. Faktor Lingkungan

1) Kondisi Lapangan

Produksi yang tidak tercapai salah satunya dipengaruhi oleh kondisi di lapangan. Kondisi yang baik berpengaruh terhadap kinerja peralatan mekanis yang lebih optimal sehingga produksi dapat meningkat, sebaliknya kondisi jalan yang berdebu pada musim kemarau dan menjadi licin pasca hujan menyebabkan terjadi waktu hambatan operasional terhadap peralatan mekanis. Rata – rata waktu hambatan operasional pada alat muat adalah 11,46 menit dan alat angkut adalah 14,68 menit (Tabel 4.12).

Kondisi pasca hujan menyebabkan jalan angkut menjadi licin dan membutuhkan waktu untuk pengeringan, sehingga hal tersebut mengakibatkan alat

angkut memiliki waktu hambatan operasional yang relatif lebih besar daripada alat muat. Selain itu, area sekitar *loading point* relatif tidak rata dan memiliki banyak undulasi. Perawatan jalan yang telah dilakukan adalah berkoordinasi dengan operator *motor grader* dan *bulldozer* untuk mengkondisikan jalan maupun area *loading point* agar siap digunakan. Perawatan jalan angkut dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2

Perawatan Jalan Angkut menggunakan *Bulldozer*

Hambatan operasional juga disebabkan oleh jalan yang berdebu saat musim kemarau mengakibatkan jarak pandang operator menjadi pendek serta membahayakan kegiatan operasional di lapangan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara jalan angkut selalu dijaga dan dilakukan penyiraman secara berkala menggunakan *water truck* yang telah disediakan (Gambar 5.3).



Gambar 5.3

Penyiraman Jalan Angkut menggunakan *Water Truck*

2) Geometri Jalan Angkut

Jalan angkut terbagi atas 2 antara lain jalan angkut menuju HLP memiliki jarak 2,7 km dan jalan angkut menuju *waste dump* Magazine adalah 3 km. Lebar minimum jalan angkut diperoleh berdasarkan ukuran alat angkut terbesar yaitu OHT CAT 773E dengan lebar 5 m sesuai spesifikasi alat (Lampiran B). Jalan lurus membutuhkan lebar minimum untuk kondisi 2 jalur sebesar 17,5 m, dan lebar minimum untuk 1 jalur sebesar 10 m, sedangkan pada jalan tikungan membutuhkan

lebar paling sedikit 14,25 m untuk kondisi 1 jalur dan 25 m untuk kondisi 2 jalur, dengan radius tikungan sebesar 17,69 m dan superelevasi sebesar 0,04 m/m. Nilai beda tinggi tikungan jalan angkut pada kondisi 1 jalur adalah 0,5 m sedangkan kondisi 2 jalur adalah 1 m. Perhitungan lebar minimum jalan angkut dapat dilihat pada Lampiran G.

Tabel 4.1, menunjukkan bahwa jalan angkut menuju HLP terdiri atas 24 segmen jalan, terdapat 9 segmen jalan angkut yang tidak memenuhi lebar minimum, sedangkan pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa jalan angkut menuju *waste dump* Magazine terdiri atas 20 segmen jalan, terdapat 3 segmen jalan angkut yang tidak memenuhi lebar minimum. Pada tikungan jalan angkut Pit West Mainridge - HLP terdapat 3 segmen jalan yang tidak memenuhi nilai superelevasi maksimum (Tabel 4.3), sedangkan pada tikungan jalan angkut Pit West Mainridge – *waste dump* terdapat 1 segmen jalan yang tidak memenuhi (Tabel 4.4). Data segmen jalan angkut yang tidak memenuhi lebar minimum dan beda tinggi pada tikungan, dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5.1
Data Segmen Jalan Angkut yang tidak Memenuhi Standar
(Pit West Mainridge – HLP)

No	Segmen	Jarak (m)	Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
1	A-B	204	16,2		Tidak Memenuhi / 2 Jalur
2	F-G*	70,3	20,3	0,81	Tidak Memenuhi / Tikungan
3	R-S	424	16		Tidak Memenuhi / 1 Jalur
4	S-T*	19,6	8,3	0,33	Tidak Memenuhi / Tikungan
5	T-U	254	6,6		Tidak Memenuhi / 1 Jalur
6	U-V*	37,8	6	0,24	Tidak Memenuhi / Tikungan
7	V-W	103	8		Tidak Memenuhi / 1 Jalur
8	W-X*	24,2	8,2	0,38	Tidak Memenuhi / Tikungan
9	X-Y	105	5,3		Tidak Memenuhi / 1 Jalur

Tabel 5.2
Data Segmen Jalan Angkut yang tidak Memenuhi Standar
(Pit West Mainridge – *waste dump* Magazine)

No	Segmen	Jarak (m)	Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
1	A-B	204	16,2		Tidak Memenuhi / 2 Jalur
2	F-G*	70,3	20,3	0,81	Tidak Memenuhi / Tikungan
3	N-O	132	16,3		Tidak Memenuhi / 2 Jalur

Data segmen jalan angkut yang tidak memenuhi standar lebar minimum (Tabel 5.1 dan Tabel 5.2) menjadi salah satu penyebab terjadinya hambatan operasional di lapangan pada alat angkut. Hambatan operasional merupakan salah satu penyebab kerugian *idling & minor stoppage*. Hambatan ini terjadi pada ketiga jenis alat angkut antara lain OHT CAT 773E memiliki waktu hambatan operasional sebesar 13,18 menit, ADT VOL A45G sebesar 15,42 menit dan DT LG DW90A sebesar 15,45 menit (Tabel 4.12). Waktu hambatan terjadi karena jalan yang sempit dan menyebabkan antrian terhadap alat angkut. Hambatan tersebut perlu ditekan dengan cara memperbaiki lebar jalan angkut sehingga dapat mempercepat waktu edar alat serta meningkatkan produksi.

Data kemiringan jalan angkut tertinggi menuju HLP dan *waste dump Magazine* berada pada segmen jalan F-G* dengan kemiringan jalan sebesar 11,5% (Tabel 4.1 dan Tabel 4.2). Kemiringan jalan angkut menuju HLP dan *waste dump Magazine* memenuhi ketentuan yang berlaku menurut KEPMEN ESDM 1827 K/30/MEM/2018 kemiringan jalan angkut tidak lebih dari 12% sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan.

3) Cuaca & *Sliperry*

Hambatan cuaca dan *sliperry* menghasilkan kerugian waktu pada alat muat sebesar 40,03 menit dan alat angkut sebesar 15,23 menit. Hambatan ini merupakan fenomena alamiah yang tidak dapat dihindari, dan berpengaruh terhadap indikator *setup and adjustment*.

Berdasarkan Gambar 5.1, *fishbone diagram* bertujuan untuk membantu menyimpulkan permasalahan secara komprehensif. Permasalahan yang terjadi adalah ketidakcapaian target produksi pada Bulan Februari 2023. Permasalahan dapat dikerucutkan penyebabnya, berdasarkan faktor – faktor yang dianalisis dalam *fishbone diagram*. Permasalahan terjadi akibat pengaruh dari efektivitas kerja peralatan mekanis dan meningkatnya waktu edar alat karena adanya hambatan kerja, sehingga fokus penelitian ini pada hal tersebut.

Efektivitas kerja maupun peningkatan waktu edar terhadap alat muat dan alat angkut dianalisis menggunakan implementasi dari *Total Productive Maintenance* yaitu penerapan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Hambatan kerja yang mempengaruhi efektivitas perlu diperbaiki agar produksi dapat tercapai.

5.2.2. Analisis Efektivitas Peralatan Mekanis berdasarkan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

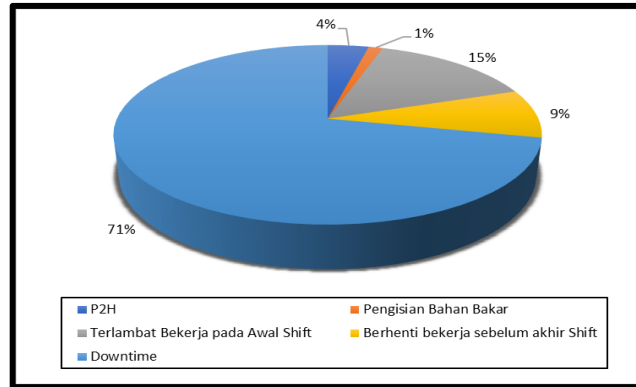
Analisis metode *overall equipment effectiveness* (OEE) pada alat muat dan alat angkut digunakan sebagai metrik untuk menganalisis tingkat efektivitas alat dalam bekerja. Nilai OEE *excavator* VOL 950E adalah 66,90% sedangkan alat angkut yaitu OHT CAT 773E adalah 68,94%, ADT VOL A45G adalah 67,47% dan DT LG DW90A adalah 66,48% (Tabel 4.9).

Kemampuan produksi material *ore* sebesar 90,31% dan material *waste* 93,71% (Tabel 4.19) belum memenuhi target yang ditetapkan, salah satunya disebabkan oleh persentase nilai OEE yang relatif rendah. Menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), tingkat efektivitas peralatan mekanis berada dikategori sedang (Nilai OEE 60% - 84%) artinya kondisi ini dianggap wajar dan memiliki peluang besar untuk dapat melakukan perbaikan. Nilai OEE dipengaruhi oleh tiga parameter utama antara lain *availability factor*, *performance factor*, dan *quality factor*. Ketiga parameter tersebut berperan dalam menciptakan efektivitas peralatan mekanis.

1. *Availability Factor*

Nilai faktor ketersediaan (*availability factor*) peralatan mekanis berkisar antara 88% - 91% (Tabel 4.6). ADT VOL A45G memiliki persentase waktu ketersediaan paling rendah dibandingkan peralatan mekanis lainnya yaitu 88,34%, sedangkan OHT CAT 773E memperoleh persentase waktu ketersediaan terbesar yaitu 91,03%. Nilai ini dipengaruhi oleh waktu hambatan kerja meliputi waktu kerusakan alat (*downtime losses*) maupun waktu ketika persiapan dan penyetelan alat sebelum dioperasikan (*setup and adjustment*) seperti waktu pengisian bahan bakar, pemeriksaan dan pengecekan harian (P2H), terlambat bekerja pada awal *shift* dan pulang lebih awal sebelum akhir *shift*.

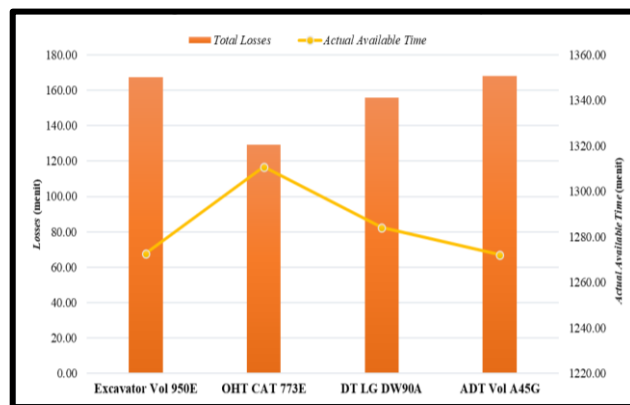
Persentase rata – rata waktu hambatan kerja peralatan mekanis yang mempengaruhi faktor ketersediaan (*availability factor*) dapat dilihat pada Gambar 5.4. Waktu kerja tersedia dalam satu hari adalah 1440 menit. Alat muat memiliki total waktu hambatan kerja sebesar 167,37 menit, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E memiliki waktu hambatan 129,23 menit, ADT VOL A45G sebesar 167,85 menit, dan DT LG DW90A sebesar 155,89 menit (Tabel 4.6).



Gambar 5.4

Diagram Hambatan Kerja *Availability Factor*

Hambatan kerja pada peralatan mekanis sebesar 71% disebabkan oleh waktu kerusakan pada alat yang mengakibatkan alat tidak dapat beroperasi, sedangkan kerugian 29% lainnya dipengaruhi oleh beberapa hambatan kerja seperti terlambat bekerja pada awal *shift*, pengisian bahan bakar saat jam kerja, berhenti bekerja sebelum akhir *shift* dan P2H (Gambar 5.4). Waktu hambatan kerja tentu akan berpengaruh terhadap faktor ketersediaan peralatan mekanis. Hubungan antara waktu hambatan kerja dengan faktor ketersediaan peralatan mekanis dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5

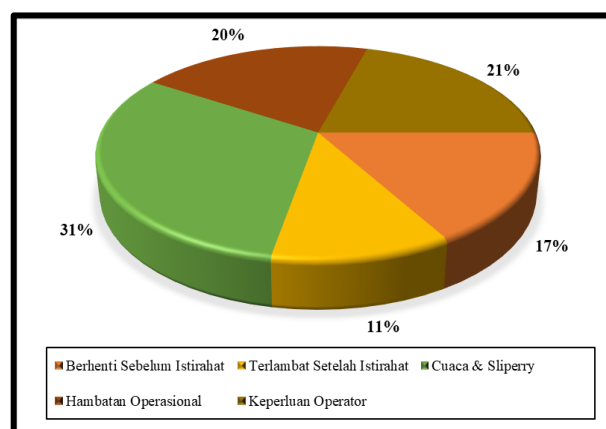
Grafik Hubungan Waktu Hambatan Kerja dengan *Availability Factor*

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa ADT VOL A45G memiliki waktu hambatan kerja terbesar yang berpengaruh terhadap rendahnya persentase waktu ketersediaan alat, sedangkan OHT CAT 773E memiliki waktu hambatan kerja terendah sehingga grafik waktu ketersediaannya paling tinggi dibandingkan dengan alat lainnya. Waktu hambatan kerja berbanding terbalik dengan faktor ketersediaan. Perhitungan *availability factor* dapat dilihat pada Lampiran K.

2. Performance Factor

Berdasarkan Tabel 4.7, nilai faktor kinerja alat (*performance factor*) berkisar antara 94,20% - 94,64%. ADT VOL A45G memiliki persentase kinerja alat tertinggi yaitu 94,64% sedangkan DT LG DW90A memiliki persentase kinerja alat terendah yaitu 94,20% jika dibandingkan dengan peralatan lainnya. Faktor kinerja dipengaruhi oleh waktu ketersediaan alat, waktu edar, jumlah ritase produksi, dan hambatan kerja meliputi *idle time* dan *minor stoppage*.

Waktu edar rata – rata pada alat muat adalah 0,40 menit, alat mampu menghasilkan produk dalam 1 jam sebanyak 152 kali curah *bucket* kedalam *vessel*. Alat muat memiliki waktu hambatan kerja sebesar 186,24 menit. Waktu edar alat angkut dihitung berdasarkan nilai rata – rata waktu alat menuju dua lokasi penimbunan material yaitu HLP dan *waste dump Magazine*. OHT CAT 773E memiliki rata – rata waktu edar sebesar 24,16 menit, alat mampu menghasilkan 3 kali ritase produksi per jam. Alat ini memiliki waktu hambatan kerja sebesar 214,90 menit. DT LG DW90A memiliki waktu edar rata – rata 30,82 menit, alat mampu menghasilkan 2 kali ritase produksi per jam. Alat ini memiliki waktu hambatan kerja sebesar 220,65 menit, sedangkan ADT VOL A45G memiliki rata – rata waktu edar 29,02 menit, alat mampu menghasilkan 2 kali ritase produksi per jam. Alat ini memiliki waktu hambatan kerja sebesar 189,48 menit. (Tabel 4.7). Persentase rata – rata waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *performance factor* dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6.

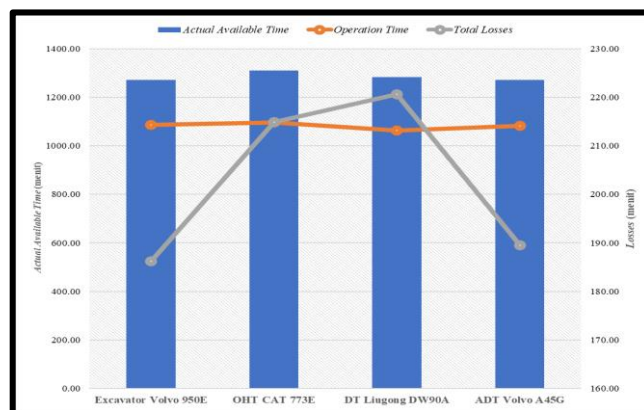
Diagram Hambatan Kerja *Performance Factor*

Berdasarkan Gambar 5.6, kerugian sebesar 31% dari total waktu hambatan kerja peralatan mekanis dipengaruhi oleh faktor cuaca & *slippery*, sedangkan

persentase kerugian hambatan lainnya antara lain terlambat bekerja setelah istirahat sebesar 11%, berhenti bekerja sebelum istirahat sebesar 17%, hambatan operasional sebesar 20% dan keperluan operator lainnya memiliki rata – rata persentase kerugian 21% yang berpengaruh terhadap faktor kinerja peralatan mekanis.

DT LG DW90A memiliki waktu hambatan paling tinggi mengakibatkan rendahnya waktu kerja efektif (*operation time*), sedangkan *excavator* VOL 950E memiliki waktu hambatan terkecil akan tetapi waktu ketersediaannya tidak sebanyak peralatan yang lain, hal ini mengakibatkan waktu kerja efektif (*operation time*) alat menjadi kecil. OHT CAT 773E memiliki waktu ketersediaan alat paling tinggi yang mempengaruhi waktu kerja efektifnya menjadi lebih besar dibandingkan alat lainnya. ADT VOL A45G memiliki persentase faktor kinerja yang paling tinggi, disebabkan oleh waktu hambatan yang relatif rendah sehingga waktu kerja efektifnya menjadi lebih besar.

Faktor kinerja sangat dipengaruhi oleh waktu kerja efektif, waktu hambatan dan waktu ketersediaan peralatan mekanis. Hubungan antara waktu ketersediaan alat (*actual available time*), waktu hambatan kerja (*total losses*), waktu kerja efektif (*operation time*), dan faktor kinerja alat (*performance factor*), dapat dilihat pada Gambar 5.7. Waktu kerja efektif akan berbanding terbalik dengan waktu hambatan kerja dan berbanding lurus dengan tingginya waktu ketersediaan alat. Perhitungan *performance factor* dapat dilihat pada Lampiran K.



Gambar 5.7

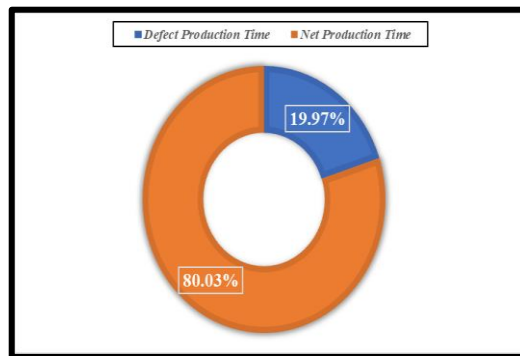
Grafik Hubungan Waktu Tersedia, Hambatan Kerja dan Waktu Efektif Kerja

3. *Quality Factor*

Faktor kualitas (*Quality Factor*) peralatan mekanis berkisar 79% - 80%. ADT VOL A45G memiliki persentase kualitas tertinggi yaitu 80,70% dan

DT LG DW90A memiliki persentase kualitas terendah dibandingkan dengan alat lainnya yaitu 79,14% (Tabel 4.8). Nilai faktor kualitas dipengaruhi oleh jumlah produk bersih dan produk cacat yang dihasilkan oleh peralatan mekanis. Variabel “produk” diperoleh berdasarkan hasil pengamatan curah *bucket* alat muat saat melayani alat

angkut. Produk bersih apabila termasuk dalam kategori $\geq 100\%$ memiliki kondisi standar dan munjung. Produk cacat adalah produk kategori $< 100\%$ memiliki kondisi peres. Persentase produk cacat adalah 15% dan produk bersih adalah 85% dari total produk. Perbandingan antara waktu yang dibutuhkan alat untuk menghasilkan produk bersih dengan waktu kerja efektif (*operation time*) akan mendapatkan persentase nilai faktor kualitas alat tersebut. Persentase waktu yang diperlukan alat untuk menghasilkan produk bersih dan produk cacat dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8

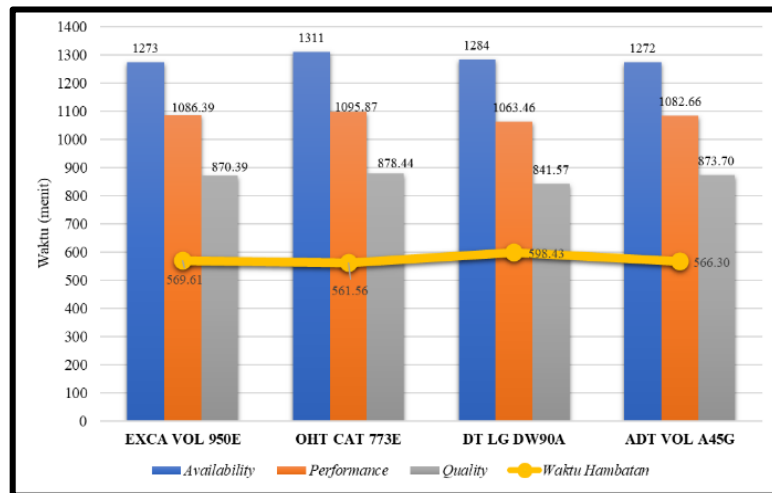
Diagram Waktu Kerja Alat dalam menghasilkan Produk Bersih dan Cacat

Berdasarkan Gambar 5.8, menunjukkan bahwa dari total waktu kerja efektif (*operation time*) alat muat dan alat angkut, persentase waktu yang digunakan oleh alat untuk menghasilkan produk bersih adalah 80,03% sedangkan kerugian sebesar 19,97% merupakan waktu kerja alat menghasilkan produk yang cacat, hal inilah yang mempengaruhi faktor kualitas pada alat muat dan alat angkut. *Excavator* VOL 950E memiliki waktu untuk menghasilkan produk cacat sebesar 216 menit, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E sebesar 217,43 menit, DT LG DW90A sebesar 221,89 menit dan ADT VOL A45G sebesar 208,96 menit.

ADT VOL A45G memiliki waktu kerja yang paling kecil dalam menghasilkan produk cacat sehingga berpengaruh terhadap tingginya faktor kualitas alat tersebut. Semakin banyak waktu untuk menghasilkan produk cacat

menyebabkan semakin rendah kualitas alat tersebut sebaliknya semakin banyak waktu untuk menghasilkan produk bersih maka akan semakin tinggi juga faktor kualitas alat tersebut. Perhitungan *quality factor* dapat dilihat pada Lampiran K.

Hubungan antara *availability factor*, *performance factor* dan *quality factor* terhadap waktu hambatan kerja dapat dilihat pada Gambar 5.9. Nilai OEE sangat dipengaruhi oleh tiga parameter utama yang berdampak terhadap tingkat efektivitas peralatan mekanis. Berdasarkan *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*, persentase nilai OEE dikategorikan optimum apabila lebih dari 84%. Nilai OEE alat muat dan alat angkut tidak memenuhi standar optimum, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan meminimalisir waktu hambatan kerja agar dapat meningkatkan tingkat efektivitas kerja alat, dan kemampuan produksi alat tersebut.



Gambar 5.9.

Grafik Hubungan *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dengan Waktu Hambatan Kerja Alat

5.2.2. Analisis *Six Big Losses*

Analisis *six big losses* bertujuan untuk menentukan tingkat hambatan yang paling dominan terhadap efektivitas peralatan mekanis agar dapat diminimalisir. Persentase kumulatif *six big losses* dapat dilihat pada Gambar 5.10, sedangkan data waktu hambatan kerja secara kumulatif yang mempengaruhi *six big losses* dapat dilihat pada Tabel 5.3. Perhitungan *six big losses* dilihat pada Lampiran L.

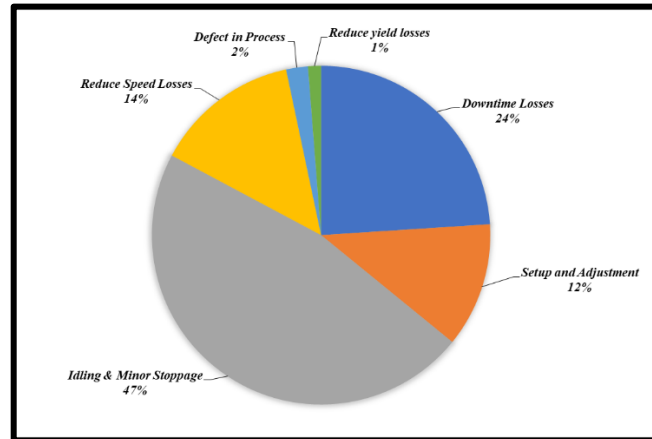
Tabel 5.3

Data Kumulatif *Six Big Losses*

No	Indikator	Total Waktu Hambatan (menit)
1	<i>Downtime</i>	414,56

(Lanjutan Tabel 5.3)

No	Indikator	Total Waktu Hambatan (menit)
2	<i>Setup and Adjusment</i>	205,79
3	<i>Idling & Minor Stoppage</i>	811,27
4	<i>Reduce Speed</i>	240,08
5	<i>Defect in Process</i>	36,04
6	<i>Reduce Yield Losses</i>	21,41
Total		1729,14



Gambar 5.10

Diagram Persentase Kumulatif *Six Big Losses*

1. *Idling and Minor Stoppage*

Gambar 5.10, menunjukkan bahwa indikator *idling and minor stoppage* merupakan indikator terbesar yang mempengaruhi tingkat efektivitas peralatan mekanis dengan persentase kumulatif sebesar 47% dan total waktu hambatan adalah 811,27 menit. Rata – rata waktu hambatan kerja pada alat muat adalah 186,24 menit dan alat angkut antara lain OHT CAT 773E adalah 214,90 menit, DT LG DW90A adalah 201,92 menit dan ADT VOL A45G adalah 208,21 menit (Tabel 4.12). *Idling & minor stoppage* merupakan kerugian yang disebabkan oleh pemberhentian alat sementara waktu yang dipengaruhi oleh cuaca maupun faktor ketidakefisienan operator dalam bekerja.

2. *Downtime Losses*

Downtime losses memiliki total waktu hambatan kerja sebesar 414,56 menit (Tabel 5.3), dengan persentase kumulatif mencapai 24% (Gambar 5.10). Kerugian yang disebabkan oleh kerusakan alat merupakan hambatan terbesar kedua yang mempengaruhi tingkat efektivitas peralatan mekanis. Persentase *downtime losses* berkisar antara 5% - 10% (Tabel 4.10). Rata – rata waktu kerusakan pada alat muat 131,20 menit, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E 74,61 menit,

DT LG DW90A adalah 100,45 menit dan ADT VOL A45G adalah 108 menit. Data *downtime losses* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

3. *Reduce Speed Losses*

Reduce speed losses memiliki total waktu hambatan kerja secara kumulatif adalah 240,08 menit (Tabel 5.3) dengan persentase kumulatif mencapai 14% (Gambar 5.10). Persentase *reduce speed losses* alat berkisar antara 4,56% - 4,80% (Tabel 4.13). Kerugian ini disebabkan oleh ketidaksesuaian waktu edar peralatan mekanis secara aktual dengan waktu edar yang direncanakan. Kerugian juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan geometri jalan angkut.

4. *Setup and Adjustment*

Setup and adjustment total waktu hambatan kerja sebesar 205,79 menit (Tabel 5.3) dengan persentase kumulatif 12% (Gambar 5.10). Persentase *setup and adjustment* pada alat muat dan alat angkut berkisar antara 2% - 4% (Tabel 4.11), kerugian ini dipengaruhi oleh waktu penyetelan atau persiapan alat sebelum dioperasikan. Contoh hambatan kerja seperti P2H, pengisian bahan bakar, terlambat bekerja dan pulang lebih awal.

5. *Defect in Process*

Indikator kerugian lainnya yang mempengaruhi tingkat efektivitas peralatan mekanis adalah indikator *defect in process*. Indikator ini memiliki persentase kumulatif sebesar 2% (Gambar 5.10) dengan total waktu hambatan kerja 36,04 menit (Tabel 5.3). Persentase kerugian terhadap alat muat dan alat angkut berkisar antara 0,68% - 0,72% (Tabel 4.14). Kerugian ini dipengaruhi oleh kemampuan alat dalam menghasilkan produk bersih dengan meminimalisir jumlah produk cacat. (Lampiran L).

6. *Reduce Yield Losses*

Reduce yield losses adalah kerugian waktu kerja yang disebabkan oleh alat ketika menghasilkan material yang tidak terpakai atau terbuang sehingga produksi menjadi tidak maksimal. Alat muat mengalami kerugian sebesar 0,57% sedangkan pada alat angkut berkisar antara 1,48% - 3,57% (Tabel 4.15). Indikator ini memiliki persentase kerugian secara kumulatif sebesar 1% (Gambar 5.10), dengan total waktu hambatan kerja adalah 21,41 menit (Tabel 5.3). Persentase kerugian

tergolong rendah jika dibandingkan dengan indikator kerugian lainnya. Alat angkut yang mengalami kerugian ini dipengaruhi oleh kondisi jalan yang tidak stabil saat melakukan *travel time* menyebabkan material terjatuh keluar dari dalam *vessel*. Faktor cuaca juga dapat mempengaruhi karakteristik material sehingga terendapkan pada bagian bawah *vessel*. Seluruh material yang jatuh ketika proses pengangkutan maupun yang terendapkan dalam *vessel* ataupun *bucket* termasuk dalam kategori material yang terbuang atau tidak terpakai. (Lampiran L).

1.3. Upaya Peningkatan Produksi

Alat muat dan alat angkut memiliki nilai OEE yang berkisar antara 66% - 68% (Tabel 4.9). Menurut *Japan Institute of Plant Maintenance*, tingkat efektivitas alat berada pada kategori sedang (OEE 60%- 84%), artinya produk masih dianggap wajar dan memiliki peluang besar untuk melakukan perbaikan. Berdasarkan Gambar 5.10, *idling and minor stoppage* merupakan indikator kerugian dalam *Six Big Losses* dengan persentase kumulatif tertinggi yaitu 47%. Nilai tersebut mengakibatkan efektivitas kerja alat menjadi rendah dan mempengaruhi ketercapaian produksi material *ore* dan *waste* pada peralatan mekanis. Persentase ketercapaian produksi material *ore* adalah 90,31% dan material *waste* 93,71% (Tabel 4.19), belum memenuhi target yang ditetapkan.

Upaya perbaikan perlu dilakukan agar target produksi dapat tercapai. Perbaikan yang dilakukan adalah meningkatkan efektivitas alat berdasarkan metode OEE dan meminimalisir hambatan kerja yang terklasifikasi dalam *six big losses*. Nilai perbaikan terhadap waktu hambatan kerja diperoleh berdasarkan perhitungan secara statistik distribusi data yang paling dominan dibawah nilai rata – rata.

5.3.1. Peningkatan Efektivitas Alat berdasarkan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

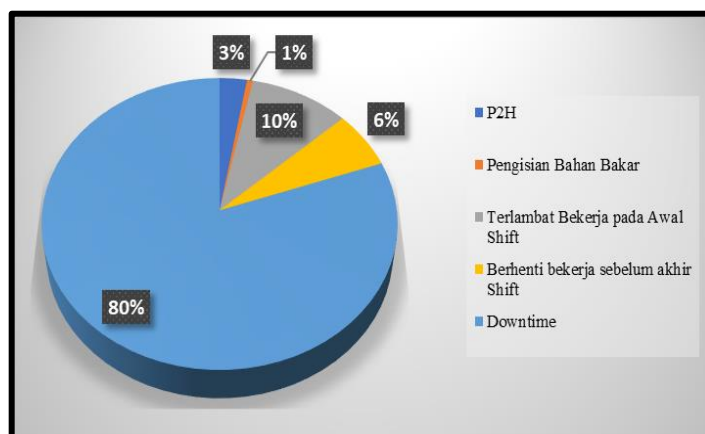
1. Peningkatan *Availability Factor*

Faktor ketersediaan sebelum perbaikan berkisar antara 88% - 91% (Tabel 4.6). Persentase faktor ketersediaan dapat ditingkatkan dengan meminimalisir waktu hambatan kerja seperti P2H, pengisian bahan bakar, terlambat bekerja dan pulang lebih awal. Perbaikan *availability factor* dilihat pada Tabel 5.4. Perhitungan nilai perbaikan *availability factor* dapat dilihat pada Lampiran Q.

Tabel 5.4
Perbaikan *Availability Factor*

No	Indikator	Waktu (menit)							
		EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		ADT VOL A45G		DT LG DW90A	
		Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
1	<i>Set Up & Adjustment</i>								
	P2H	6,45	3	5,63	3	6,32	5	5,67	3
	Pengisian Bahan Bakar	0	0	3,03	0	4,28	0	5,22	3
	Terlambat Bekerja	19,50	7	28,78	12	29,55	18	28,46	12
	Pulang Lebih Awal	10,21	4	17,19	7	19,40	13	16,09	8
	Jumlah	36,16	14	54,63	22	59,55	36	55,45	26
2	<i>Downtime</i>	131,20	131,20	74,61	74,61	108,30	108,30	100	100
3	<i>Total Losses</i>	167,37	145,20	129,23	96,61	167,85	144,30	155,89	126,45
4	<i>Total Time</i>	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
5	<i>Actual Available Time</i>	1273	1295	1311	1343	1272	1296	1284	1314
6	<i>Availability Factor</i>	88,38%	89,92%	91,03%	93,29%	88,34%	89,98%	89,17%	91,22%
	% Peningkatan	1,5%		2,3%		1,6%		2,0%	

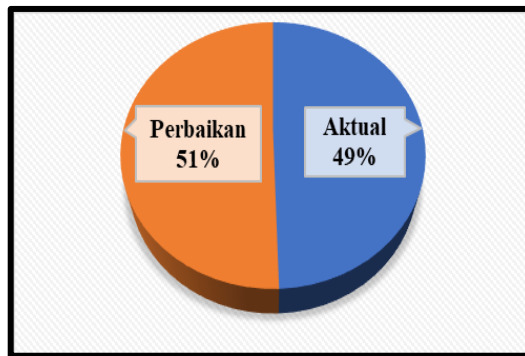
Berdasarkan Tabel 5.4, nilai *availability factor* setelah perbaikan berkisar antara 89% - 93%. Persentase *availability factor* mengalami peningkatan pada alat muat sebesar 1,5% sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E sebesar 2,3%, ADT VOL A45G sebesar 1,6% dan DT LG DW90A sebesar 2%. Persentase waktu hambatan kerja setelah diperbaiki dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11
Diagram Hambatan Kerja *Availability Factor* setelah Perbaikan

Berdasarkan Gambar 5.11, apabila dibandingkan dengan data persentase hambatan kerja sebelum perbaikan (Gambar 5.1), menunjukkan bahwa kerugian akibat kerusakan alat tetap memiliki persentase terbesar, sedangkan kerugian karena faktor hambatan lain seperti P2H dari 4% setelah diperbaiki menjadi 3% , pengisian bahan bakar dari 0,98% menjadi 0,80%, terlambat bekerja pada awal *shift* dari 15% menjadi 10%, serta berhenti bekerja sebelum akhir *shift* mengalami penurunan nilai dari 9% menjadi 6%. Perbandingan persentase nilai *availability factor* alat muat dan alat angkut secara kumulatif dapat dilihat pada Gambar 5.12.

Availability factor mengalami perubahan nilai rata – rata yaitu dari 49% naik secara kumulatif menjadi 51%.



Gambar 5.12
Diagram Peningkatan Nilai *Availability Factor*

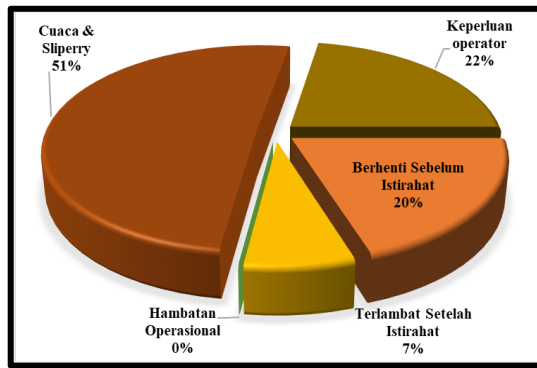
2. *Performance Factor*

Persentase faktor kinerja (*performance factor*) alat muat dan alat angkut berkisar antara 94,20% - 94,64% (Tabel 4.7). Faktor kinerja alat dapat lebih ditingkatkan dengan mempercepat waktu edar, jumlah ritase produksi, dan menekan waktu hambatan kerja meliputi *idle time* dan *minor stoppage*. Data perbaikan *performance factor* dapat dilihat pada Tabel 5.5. Perhitungan perbaikan *performance factor* dapat dilihat pada Lampiran Q.

Tabel 5.5
Perbaikan *Performance Factor*

No	Indikator	Waktu (menit)							
		EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
		Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
1	Waktu Edar Rata - Rata	0,40	0,37	24,16	23,08	30,82	28,98	29,02	28,15
	<i>Jumlah Produksi per Jam</i>	152	161	3	3	2	2	2	2
2	<i>Minor Stoppage</i>								
	Berhenti Sebelum Istirahat	7,36	5	15,5	9	11	10	11,71	10
	Terlambat Setelah Istirahat	2,54	0	6,07	5	16	4	5,79	3
	Toilet	4,86	3	20	5	20	5	14,22	8
	Sholat	0	0	18,63	18,63	19	19	16,61	17
	Hambatan Operasional	11,46	0	13,18	0	15,45	0	15,42	0
	Jumlah	26,21	8	73,11	37,63	82,48	38,39	63,75	37,61
3	<i>Idle Time</i>								
	Istirahat	120	120	120	120	120	120	120	120
	Cuaca & Sliperry	40,03	40,03	21,79	21,79	18,17	18,17	6	6
	Jumlah	160,03	160,03	141,79	141,79	138,17	138,17	125,73	125,73
	<i>Total Losses</i>	186,24	168,03	214,90	179,43	220,65	176,56	189,48	163,34
4	<i>Actual Available Time</i>	1272	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
5	<i>Operation Time</i>	1086,39	1126,77	1095,87	1163,97	1063,46	1136,99	1082,66	1132,36
6	<i>Performance Factor</i>	94,48%	94,68%	94,49%	94,95%	94,20%	94,90%	94,64%	95,07%
	% Peningkatan	0,20%		0,47%		0,70%		0,43%	

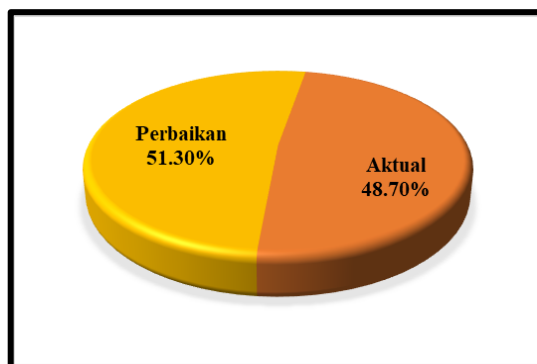
Berdasarkan Tabel 5.5, nilai *performance factor* setelah perbaikan berkisar antara 94,68% - 95,07%, alat muat mengalami peningkatan sebesar 0,20% sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E sebesar 0,47%, DT LGDW90A sebesar 0,70% dan ADT VOL A45G adalah 0,43%. Persentase waktu hambatan kerja dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13

Diagram Hambatan Kerja *Performance Factor* setelah Perbaikan

Berdasarkan Gambar 5.13, waktu hambatan kerja paling besar dipengaruhi oleh cuaca dan & *slippery* sebesar 51%, hal ini disebabkan karena tidak dilakukan perbaikan terhadap waktu hambatan yang dipengaruhi oleh faktor cuaca akan tetapi untuk faktor hambatan lain seperti hambatan operasional dapat diperbaiki menjadi 0. Nilai perbandingan waktu kerja efektif alat secara aktual dan setelah perbaikan, dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14

Diagram Peningkatan Waktu Kerja Efektif (*Operation Time*) Peralatan Mekanis

Faktor hambatan lainnya antara lain terlambat bekerja setelah istirahat dapat diperbaiki menjadi 7%, berhenti sebelum waktu istirahat dapat diperbaiki menjadi 20%, dan keperluan operator lainnya dapat diperbaiki menjadi 22%. (Gambar 5.13). Hasil dari perbaikan hambatan kerja dalam *performance factor*, akan meningkatkan

waktu kerja efektif (*operation time*) peralatan mekanis. Perbaikan hambatan operasional dipengaruhi oleh kondisi lapangan maupun geometri jalan angkut, sehingga perbaikan terhadap pelebaran jalan angkut juga dilakukan untuk meningkatkan waktu edar dan jumlah ritase produksi pada alat muat dan alat angkut.

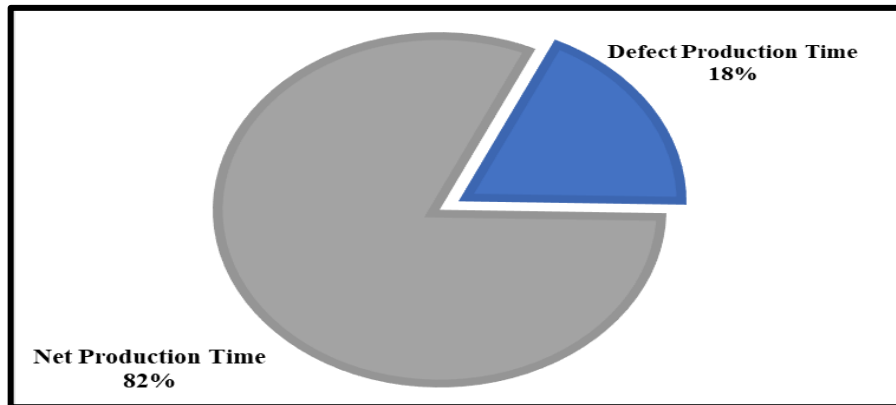
3. *Quality Factor*

Persentase faktor kualitas berkisar antara 79% - 80% (Tabel 4.8). Nilai kualitas alat dapat diperbaiki dengan meningkatkan waktu kerja efektif alat untuk menghasilkan produk bersih dan meminimalisir produk cacat, selain itu waktu edar juga dapat ditingkatkan agar jumlah ritase produksi yang dihasilkan semakin bertambah. Perbaikan faktor kualitas alat dapat dilihat pada Tabel 5.6. Perhitungan perbaikan nilai *quality factor* dapat dilihat pada Lampiran Q.

Tabel 5.6
Perbaikan *Quality Factor*

No	Indikator	Waktu (menit)							
		EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
		Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
1	Waktu Edar Rata - Rata	0,40	0,37	24,16	23,08	31,99	29,38	29,02	28,15
	Produksi Ritase per Jam	152	161	3	3	2	2	2	2
2	<i>Quality</i>								
	<i>Production Input (n)</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
	<i>Good Quality (BFF ≥ 100%)</i>	85	85	85	85	85	85	85	85
	<i>Defect Quality (BFF < 100%)</i>	15	15	15	15	15	15	15	15
		15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
	Jumlah Produksi Cacat dalam 1 Jam	23x curah	24x curah	1x ritse	1x ritase	1x ritase	1x ritase	1x ritase	1x ritase
	<i>Defect Production Time (menit)</i>	216	216	217,43	211,42	221,89	208,68	208,96	201
3	<i>Operation Time (menit)</i>	1086,39	1126,77	1095,87	1163,97	1063,46	1136,99	1082,66	1132,36
4	<i>Net Production Time (menit)</i>	870,39	910,77	878,44	952,54	841,57	928,32	873,70	931,36
5	<i>Quality Factor</i>	80,12%	80,83%	80,16%	81,84%	79,14%	81,65%	80,70%	82,25%
	% Peningkatan	0,71%		1,68%		2,51%		1,55%	

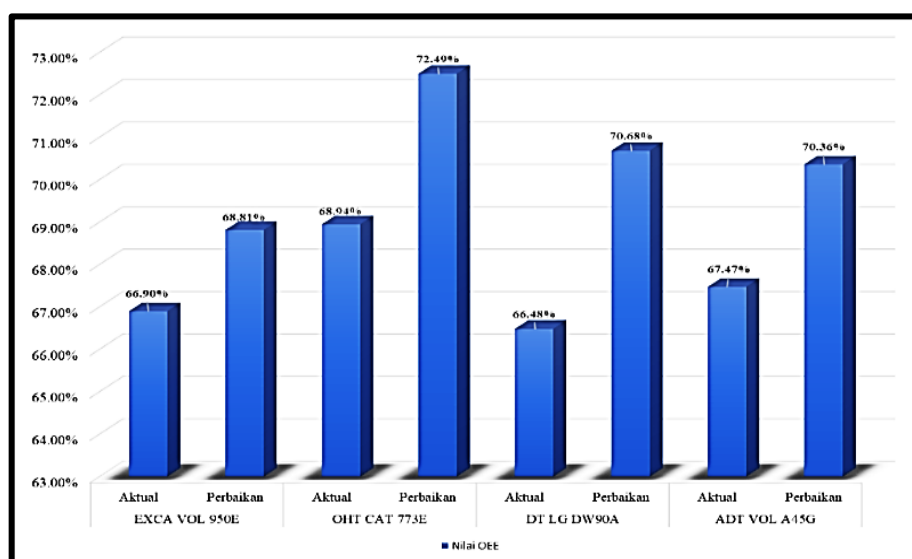
Nilai *quality factor* setelah perbaikan berkisar antara 80% - 82%, alat muat mengalami peningkatan sebesar 0,71%, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E adalah 1,68%, DT LG DW90A adalah 2,51% dan ADT VOL A45G adalah 1,55% (Tabel 5.6). Perbaikan terhadap waktu kerja alat dalam menghasilkan produk bersih dan meminimalisir produk cacat dapat dilihat pada Gambar 5.15. Waktu untuk menghasilkan produk bersih (*net production time*) mengalami peningkatan setelah perbaikan menjadi 82% sedangkan kerugian waktu dalam menghasilkan produk cacat (*defect production time*) dapat diperbaiki menjadi 18%.



Gambar 5.15

Diagram Waktu Kerja Alat menghasilkan Produk Bersih dan Produk Cacat setelah Perbaikan

Berdasarkan data hasil perbaikan parameter *availability factor* (Tabel 5.4), *performance factor* (Tabel 5.5) dan *quality factor* (Tabel 5.6), persentase nilai OEE peralatan mekanis mengalami perubahan yang sebelumnya berkisar antara 66% - 68% (Tabel 4.6) meningkat dengan rentang nilai antara 68% – 72%. Data perbandingan nilai OEE sebelum dan setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Gambar 5.16. Persentase nilai OEE alat muat mengalami peningkatan sebesar 1,91%, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E meningkat 3,55%, DT LG DW90A sebesar 4,20% dan ADT VOL A45G sebesar 2,89%. Menurut *Japan Institute of Plant Maintenance*, tingkat efektivitas peralatan mekanis tetap berada pada kategori sedang (OEE 60%- 84%). Perbaikan OEE dilihat pada Lampiran Q.



Gambar 5.16

Grafik Peningkatan Nilai OEE

5.3.2. Perbaikan *Six Big Losses*

Perbaikan *six big losses* bertujuan untuk meminimalisir waktu hambatan kerja sehingga dapat meningkatkan efektivitas peralatan mekanis dalam bekerja. Nilai perbaikan ditentukan berdasarkan distribusi statistik data yang paling dominan (modus) dibawah nilai rata – rata waktu hambatan kerja.

1. *Idling & Minor Stoppage*

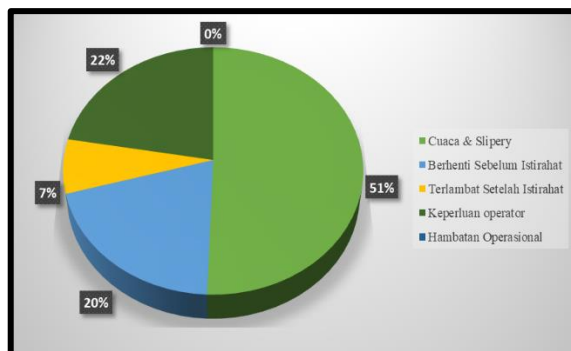
Persentase kumulatif *idling and minor stoppage* sebesar 46% (Gambar 5.10), persentase kerugian ini paling tinggi dibandingkan dengan indikator kerugian yang lain. Kerugian ini dapat diminimalisir dengan menekan waktu hambatan kerja sebagai berikut :

1) Hambatan karena operator berhenti bekerja sebelum istirahat pukul 12.00 WITA mengakibatkan waktu kerugian pada alat muat 7,36 menit dapat diperbaiki menjadi 5 menit, hal ini karena data waktu hambatan diatas rata – rata 7,36 menit disebabkan adanya evakuasi untuk kegiatan peledakan, sedangkan alat angkut memiliki rata – rata waktu hambatan 15,50 menit dapat diperbaiki menjadi 9 menit. Hambatan ini disebabkan oleh jarak yang jauh antara *front* penambangan, lokasi penimbunan dengan area parkir, menyebabkan operator kehilangan waktu pada ritase terakhir, upaya yang dapat dilakukan adalah menyediakan area parkir yang dekat dengan lokasi penimbunan agar ritase terakhir sebelum istirahat dapat dioptimalkan, hal tersebut juga dapat memudahkan operator ketika selesai dari lokasi penimbunan tidak mengalami kehilangan waktu istirahat akibat menuju area parkir yang jauh.

2) Hambatan karena operator terlambat bekerja setelah waktu istirahat mengakibatkan kerugian pada alat muat sebesar 2,54 menit ditekan menjadi 0. Distribusi data yang melebihi 2,54 menit disebabkan karena adanya pemindahan *loading point* dalam satu *front* penambangan. Alat angkut memiliki rata – rata waktu hambatan sebesar 6,07 menit dapat ditekan menjadi 5 menit. Hambatan ini terjadi karena operator melakukan pengisian bahan bakar setelah waktu istirahat, upaya yang dapat dilakukan adalah menjadwalkan pembagian waktu pengisian bahan bakar bagi seluruh operator yang bertugas, sehingga seluruh operator wajib untuk melakukan pengisian bahan bakar sesuai dengan waktu yang ditetapkan dan dapat meminimalisir waktu antrian saat saat mengisi bahan bakar.

3) Kerugian akibat keperluan operator pada alat muat adalah 4,86 menit dapat ditekan menjadi 3 menit, sedangkan pada alat angkut rata – rata memiliki rata – rata waktu hambatan sebesar 18,13 menit dapat ditekan menjadi 12,11 menit.

4) Hambatan operasional mengakibatkan kerugian pada alat muat 11,46 menit dapat ditekan menjadi 0, dan pada alat angkut memiliki rata – rata waktu hambatan sebesar 14,68 menit dapat ditekan menjadi 0. Hambatan operasional termasuk dalam faktor lingkungan (Gambar 5.8), yang dipengaruhi oleh kondisi lapangan dan geometri jalan angkut. Upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan pelebaran jalan angkut sesuai dengan standar yang ditetapkan, agar waktu tunggu dapat diminimalisir serta meningkatkan waktu edar peralatan mekanis. Peningkatan waktu edar akan berpengaruh terhadap jumlah ritase produksi yang akan dihasilkan. Persentase waktu hambatan kerja setelah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 5.17. Data perbandingan *idling & minor stoppage* sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.7.



Gambar 5.17

Diagram Hambatan Kerja *Idling & Minor Stoppage* setelah Perbaikan

Tabel 5.7

Perbaikan *Idling & Minor Stoppage*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
Istirahat	120	120	120	120	120	120	120	120
Cuaca & Slipery	40,03	40,03	21,79	21,79	18,17	18,17	5,73	5,73
Berhenti Sebelum Istirahat	7,36	5	15,50	9	11,71	10	11,36	10
Terlambat Setelah Istirahat	2,54	0	6,07	5	5,79	3	16,09	4
Toilet	4,86	3	19,72	5	14,22	8	20,19	5
Sholat	0	0	18,63	18,63	16,61	16,61	19,39	19,39
Hambatan Operasional	11,46	0	13,18	0	15,42	0	15,45	0
Jumlah	186,24	168,03	214,90	179,43	201,92	175,77	208,21	164,12
Persentase	14,63%	12,98%	16,40%	13,36%	15,72%	13,38%	16,37%	12,67%
% Penurunan	1,6%		3,04%		2,34%		3,70%	

Berdasarkan Gambar 5.17, menunjukkan bahwa waktu hambatan kerja setelah perbaikan dipengaruhi oleh adalah faktor cuaca & *slippery* dengan persentase hambatan secara kumulatif adalah 51%, sedangkan faktor hambatan lain seperti berhenti sebelum istirahat memiliki kerugian sebesar 20%, terlambat bekerja setelah istirahat sebesar 7%, hambatan operasional 0 dan keperluan operator lainnya sebesar 22%.

2. Downtime Losses

Downtime losses merupakan kerugian tertinggi kedua setelah *idling and minor stoppage* dengan persentase kumulatif 22% (Gambar 5.10). Kerugian ini dapat diminimalisir dengan melakukan penjadwalan dan pengecekan rutin terhadap alat muat dan alat angkut agar tidak terjadi kerusakan mendadak. Data *downtime* tidak ada perbaikan waktu hambatan akan tetapi kerugian ini dipengaruhi oleh waktu kerja efektif alat yang meningkat setelah perbaikan, sehingga persentase *downtime losses* dapat mengalami penurunan. Data perbaikan *downtime losses* dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8
Perbaikan *Downtime Losses*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
<i>Downtime</i>	131,20	131,20	74,61	74,61	100,45	100,45	108	108
Persentase	10,31%	10,13%	5,69%	5,55%	7,82%	7,65%	8,51%	8,36%
% Penurunan	0,18%		0,14%		0,18%		0,15%	

3. Reduce Speed Losses

Reduce speed losses memiliki persentase kumulatif sebesar 14% (Gambar 5.10). Kerugian ini dipengaruhi oleh waktu edar dan jumlah ritase produksi peralatan mekanis. *Reduce speed losses* dapat diperbaiki dengan mempercepat waktu edar alat sehingga jumlah ritase produksi juga akan semakin meningkat. Alat muat memiliki waktu edar rata – rata 0,40 menit secara aktual (Tabel 4.13), dengan rata – rata waktu tunggu atau hambatan operasional sebesar 11,46 menit. Waktu hambatan tersebut perlu diminimalisir untuk meningkatkan waktu edar terhadap alat muat.

Alat angkut memiliki rata – rata waktu edar menuju dua lokasi penimbunan material *ore* dan *waste* antara lain OHT CAT 773E adalah 24,16 menit,

DT LG DW90A adalah 30,82 menit dan ADT VOL A45G adalah 29,02 menit (Tabel 4.13). Alat angkut juga memiliki rata – rata waktu tunggu atau hambatan operasional sebesar 14,68 menit yang disebabkan oleh kondisi lapangan dan penyempitan jalan, sehingga perlu adanya perbaikan terhadap geometri jalan angkut untuk mengurangi waktu antrian agar dapat mempercepat waktu edar dan disesuaikan dengan waktu yang direncanakan.

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 terdapat 10 segmen jalan yang perlu dibenahi sehingga dapat menghasilkan percepatan terhadap waktu edar alat angkut. Perbaikan segmen jalan angkut menyesuaikan dengan perhitungan nilai minimum lebar jalan untuk 1 jalur adalah 10 m, lebar 2 jalur adalah 17,5 m dan lebar tikungan adalah 25 m, serta melakukan penebalan pada ruas jalan tikungan sehingga dapat menyesuaikan dengan batas superelevasi maksimum untuk mengurangi potensi slip pada alat angkut (Lampiran G). Data perbaikan segmen jalan angkut menuju HLP dan *waste dump* Magazine, dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan 5.10.

Tabel 5.9
Perbaikan Segmen Jalan Angkut yang tidak Memenuhi Standar
(Pit West Mainridge – HLP)

No	Segmen	Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan		Keterangan
		Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	
1	A-B	16,2		17,5		2 Jalur
2	F-G*	20,3	0,81	25	1	2 Jalur
3	R-S	16		10		1 Jalur
4	S-T*	8,3	0,33	14,5	0,5	1 Jalur
5	T-U	6,6		10		1 Jalur
6	U-V*	6	0,24	14,5	0,5	1 Jalur
7	V-W	8		10		1 Jalur
8	W-X*	8,2	0,38	14,5	0,5	1 Jalur
9	X-Y	5,3		10		1 Jalur

*tikungan

Tabel 5.10
Perbaikan Segmen Jalan Angkut yang tidak Memenuhi Standar
(Pit West Mainridge – *Waste dump* Magazine)

No	Segmen	Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan		Keterangan
		Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	Lebar (m)	Beda Tinggi (m)	
1	A-B	16,2		17,5		2 Jalur
2	F-G*	20,3	0,8	25	1	Tikungan
3	N-O	16,3		17,5		2 Jalur

*tikungan

Geometri jalan angkut yang telah diperbaiki, akan meminimalisir waktu tunggu pada alat saat beroperasi, hal tersebut juga akan berpengaruh terhadap waktu edar alat yang menjadi semakin lebih cepat. Upaya memperbaiki waktu edar alat muat dan alat angkut bertujuan untuk memaksimalkan jumlah ritase produksi. Perbaikan waktu edar dilakukan berdasarkan metode uji distribusi statistika. Data perbaikan waktu edar pada peralatan mekanis dapat dilihat pada Tabel 5.11, Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 (Lampiran P).

Tabel 5.11
Perbaikan Waktu Edar Alat Muat

	<i>digging time(s)</i>	<i>swing isi(s)</i>	<i>loading time(s)</i>	<i>swing kosong(s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	7,85	6,3	4,3	5,3	23,75	0,40
Perbaikan	7,75	5,8	3,96	4,73	22,33	0,37

Tabel 5.12
Perbaikan Waktu Edar Alat Angkut (Material Ore)

OHT CAT 773E								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	30	147	633	32	33	528	1403	23,38
Perbaikan	26	140	594	30	26	517	1333	22,22
DT LG DW90A								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	29	136	809	29	30	608	1640	27,33
Perbaikan	27	130	795	24	30	577	1583	26,39
ADT VOLVO A45G								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	38	134	785	34	36	681	1709	28,48
Perbaikan	35	121	727	30	31	613	1556	25,93

Tabel 5.13
Perbaikan Waktu Edar Alat Angkut (Material Waste)

OHT CAT 773E								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	31	130	721	16	26	549	1473	24,55
Perbaikan	30	130	699	15	30	545	1448	24,13
DT LG DW90A								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	28	126	879	16	23	669	1741	29,02
Perbaikan	24	124	852	15	20	642	1675	27,92
ADT VOLVO A45G								
	<i>Manuver (s)</i>	<i>Loading (s)</i>	<i>Travel (s)</i>	<i>Manuver (s)</i>	<i>Dumping (s)</i>	<i>Travel Empty (s)</i>	<i>Cycle Time (s)</i>	<i>Cycle Time (m)</i>
Aktual	38	105	903	34	26	814	1919	31,99
Perbaikan	35	96	883	26	22	769	1831	30,51

Berdasarkan Tabel 5.11, waktu edar rata – rata alat muat mengalami peningkatan dari 0,40 menit dapat dimaksimalkan 0,37 menit, sedangkan pada alat

angkutan terbagi atas dua lokasi penimbunan material *ore* dan *waste* (Tabel 5.12 dan Tabel 5.13). Nilai rata – rata alat angkut menuju dua lokasi penimbunan antara lain OHT CAT 773E memiliki waktu edar 24,16 menit meningkat menjadi 23,49 menit, DT LG DW90A dari 30,28 menit menjadi 28,98 menit serta ADT VL A45G dari 28 menit menjadi 26,80 menit. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran P. Data perbaikan *reduce speed* dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14
Perbaikan *Reduce Speed*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
<i>Cycle Time</i>	0,40	0,37	24,16	23,08	30,82	28,98	29,02	28,15
Jumlah Ritase alat dalam 1 Jam (Curah & Ritase)	152x curah	161x curah	3x ritase	3x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase
Persentase	4,71%	4,63%	4,61%	4,37%	4,80%	4,41%	4,56%	4,31%
% Penurunan	0,08%		0,24%		0,39%		0,25%	

Upaya perbaikan waktu edar berpengaruh terhadap faktor keserasian (*match factor*) peralatan mekanis. *Match factor* ditentukan berdasarkan persamaan *heterogenous truck fleet* yang merupakan persamaan kombinasi antara satu jenis alat muat dengan beberapa jenis alat angkut. Kombinasi kerja antara alat muat dengan tiga jenis alat angkut yaitu 6 unit OHT CAT 773E, 3 unit DT LGDW90A, dan 1 unit ADT VOL A45G, menghasilkan nilai MF setelah perbaikan sebesar 0,93 ($MF \leq 1$), artinya alat angkut telah bekerja optimal (100%) sedangkan alat muat memiliki waktu tunggu ketika beroperasi. Nilai MF dipengaruhi oleh nilai rata – rata alat angkut menuju dua lokasi penimbunan (*truck cycle time*) serta total waktu alat muat melayani alat angkut (*truck loading time*). Perhitungan perbaikan faktor keserasian alat dapat dilihat pada Lampiran S.

4. Setup and Adjustment

Persentase *setup and adjustment* peralatan mekanis berkisar antara 2% - 4% (Tabel 4.9). Kerugian ini dapat ditekan dengan cara :

- 1) Operator terlambat bekerja pada awal *shift* mengakibatkan kerugian pada alat muat sebesar 19,50 menit dapat ditekan menjadi 7 menit, sedangkan alat angkut memiliki rata – rata waktu hambatan sebesar 28,78 menit dapat ditekan 12 menit.

Hambatan ini disebabkan oleh kondisi saat pergantian *shift* yang tidak efisien yaitu ketika lokasi pemberhentian bagi operator menyesuaikan dengan lokasi parkir alat di beberapa tempat. Upaya yang dapat dilakukan adalah menyediakan lokasi parkir yang dekat dengan *front* penambangan sehingga operator hanya akan diantar menuju satu lokasi pemberhentian.

2) Operator berhenti bekerja lebih awal sebelum akhir *shift* mengakibatkan kerugian pada alat muat sebesar 10,21 menit dapat ditekan menjadi 4 menit sedangkan alat angkut memiliki rata - rata waktu kerugian 17,56 menit dapat ditekan menjadi 9,33 menit. Upaya yang dapat dilakukan adalah mengatur kondisi ketersediaan lokasi parkir agar dekat dengan *front* penambangan maupun lokasi penimbunan, sehingga dapat memudahkan operator dalam bekerja ketika pergantian *shift* operator diwajibkan untuk memarkirkan alat yang mudah dijangkau.

3) Kerugian akibat waktu pengisian bahan bakar saat bekerja, alat angkut memiliki rata – rata waktu hambatan sebesar 4,18 menit dapat ditekan menjadi 1 menit, sedangkan alat muat tidak ada kerugian yang dihasilkan. Data perbaikan *setup and adjustment* dapat dilihat pada Tabel 5.14. Upaya yang dapat dilakukan adalah membuat sistem penjadwalan pengisian bahan bakar untuk seluruh operator alat angkut yang bekerja, pengaturan waktu pengisian bahan bakar dilakukan dalam beberapa kali selama 1 *shift*, sehingga dapat meminimalisir waktu antrian dan dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15
Perbaikan *Setup and Adjustment*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
P2H	6,45	3	5,63	3	5,67	5,67	6,32	5
Pengisian Bahan Bakar	0	0	3,03	0	5,22	3	4,28	0
Terlambat Bekerja	19,50	7	28,78	12	28,46	12	29,55	18
Pulang Lebih Awal	10,21	4	17,19	7	16,09	8	19,40	13
Jumlah	36,16	14	54,63	22	55,45	28,67	59,55	36
Persentase	2,84%	1,08%	4,17%	1,64%	4,32%	2,18%	4,68%	2,78%
% Penurunan	1,76%		2,53%		2,13%		1,90%	

5. Defect in Process

Defect in process merupakan kerugian dengan rata – rata persentase kumulatif sebesar 2% (Gambar 5.10). Persentase kerugian ini terjadi akibat adanya produk yang cacat atau yang tidak sesuai standar sehingga dapat diminimalisir dengan meningkatkan waktu kerja efektif alat untuk menghasilkan produk bersih dan memperkecil kemungkinan adanya produk cacat. Perbaikan *defect in process* dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16
Perbaikan *Defect in Process*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
<i>Cycle Time Plan</i>	0,40	0,37	24,16	23,08	30,82	29,98	29,02	28,15
Produksi Ritase dalam 1 jam	152x curah	161x curah	3x ritase	3x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase
<i>Gross Product</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Net Product</i>	85	85	85	85	85	85	85	85
<i>Product Defect</i>	15	15	15	15	15	15	15	15
	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Cacat Produksi Dalam 1 Jam	23x curah	24x curah	0,38x ritase	0,38 x ritase	0,30 x ritase	0,30 x ritase	0,30 x ritase	0,30 x ritase
Persentase	0,71%	0,69%	0,69%	0,66%	0,72%	0,66%	0,68%	0,65%
% Penurunan	0,0015%		0,035%		0,058%		0,038%	

6. Reduce Yield Losses

Reduce yield losses merupakan kerugian dengan rata – rata persentase kumulatif sebesar 1% (Gambar 5.10). Indikator ini merupakan indikator dengan kerugian paling kecil dibandingkan lainnya, akan tetapi kerugian tersebut tetap perlu diminimalisir yaitu dengan meningkatkan waktu kerja efektif, perbaikan geometri jalan angkut sehingga tidak mengakibatkan terjadi hambatan operasional yang membuat material keluar dari *vessel* saat diangkut menuju lokasi penimbunan. Perbaikan *reduce yield losses* dapat dilihat pada Tabel 5.17.

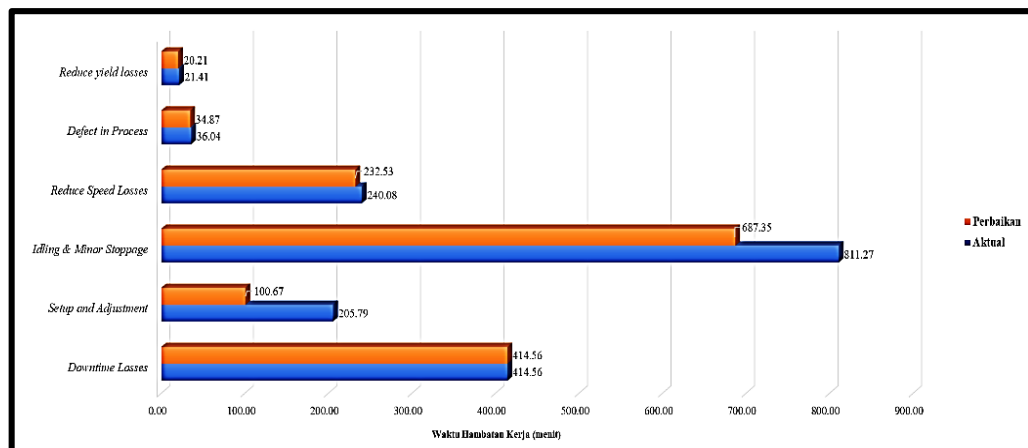
Tabel 5.17
Perbaikan *Reduce Yield Losses*

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Loading Time</i>	1273	1295	1311	1343	1284	1314	1272	1296
<i>Cycle Time Plan</i>	0,40	0,37	24,16	23,08	30,82	29,98	29,02	28,15
Jumlah Produksi Ritase dalam 1 jam	152x curah	161x curah	3x ritase	3x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase	2x ritase
Jumlah Cacat Produksi Dalam 1Jam	23x curah	24x curah	0,38	0,38	0,30	0,30	0,30	0,30

(Lanjutan Tabel 5.17)

Indikator	Waktu (menit)							
	EXCA VOL 950E		OHT CAT 773E		DT LG DW90A		ADT VOL A45G	
	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan	Aktual	Perbaikan
<i>Reduce Yield Losses</i>								
Kapasitas Alat (ton)	8	8	55,5	55,5	50	50	33	33
Rata - Rata Muatan (ton)	7,20	7,20	53,73	54,88	45,04	48,81	30,08	32,02
Material yang Tidak Terpakai (ton)	0,80	0,80	2,15	0,64	4,96	1,19	2,92	0,98
Total Material Tidak Terpakai Dalam 1 Jam	18,24	19,32	0,80	0,24	1,49	0,36	0,87	0,29
Persentase	0,57%	0,56%	1,48%	0,42%	3,57%	0,79%	2,00%	0,63%
% Penurunan	0,01%		1,064%		2,783%		1,363%	

Six big losses diperbaiki untuk meningkatkan tingkat efektivitas peralatan mekanis, agar kemampuan produksi alat dapat ditingkatkan. Grafik perbandingan sebelum dan setelah perbaikan *six big losses* dapat dilihat pada Gambar 5.18. *Six big losses* mengalami penurunan waktu hambatan kerja atau kerugian terhadap peralatan mekanis. *Setup and adjustment* mengalami penurunan waktu kerugian sebesar 105,11 menit, *idling & minor stoppage* sebesar 123,92 menit, *reduce speed losses* sebesar 7,55 menit, *defect in process* sebesar 1,17 menit, *reduce yield losses* sebesar 1,20 menit. *Downtime losses* tidak ada penurunan waktu kerugian akan tetapi dipengaruhi oleh peningkatan waktu kerja efektif alat setelah perbaikan sehingga berdasarkan Tabel 5.8, persentase *downtime losses* alat muat mengalami penurunan sebesar 0,18% dan persentase rata – rata alat angkut sebesar 0,16%.



Gambar 5.18
Grafik Perbaikan *Six Big Losses*

Berdasarkan Gambar 5.18, *idling & minor stoppage* tetap menjadi indikator kerugian paling tinggi setelah dilakukan perbaikan, akan tetapi nilai hambatan kerja

tidak lebih besar dari kondisi aktualnya, sedangkan *defect in process* maupun *reduce yield losses* tetap merupakan kerugian paling kecil jika dibandingkan dengan indikator kerugian lainnya. Perhitungan perbaikan *six big losses* dapat dilihat pada Lampiran R.

5.3.4. Peningkatan Produksi setelah Perbaikan

Target produksi material *ore* pada bulan Februari tahun 2023 adalah 202.969 ton/bulan dan material *waste* adalah 419.807 ton/bulan. Produksi material *ore* saat ini sebesar 183.291 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 90,31% (Tabel 4.17) dan material *waste* sebesar 393,418 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 93,71% (Tabel 4.18), belum memenuhi target yang ditetapkan.

Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi alat angkut dan alat muat adalah, meningkatkan efektivitas peralatan mekanis berdasarkan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan meminimalisir waktu hambatan kerja yang terklasifikasi dalam *six big losses*. Data perbandingan ketercapaian produksi sebelum dan setelah perbaikan pada alat muat dan alat angkut, dapat dilihat pada Tabel 5.17, Tabel 5.18 dan Tabel 5.19. Perhitungan perbaikan produksi dapat dilihat pada Lampiran U.

Tabel 5.17
Produksi Material *Ore* setelah Perbaikan

Jenis Alat	Jumlah Unit	Produksi (ton/bulan)
<i>Excavator Volvo 950E</i>	1	631.442
OHT CAT 773E	2	151.379
DT Liugong DW90A	1	54.214
ADT Volvo A45G	0	0

Tabel 5.18
Produksi Material *Waste* setelah Perbaikan

Jenis Alat	Jumlah Unit	Produksi (ton/bulan)
<i>Excavator Volvo 950E</i>	1	631.442
OHT CAT 773E	4	287.342
DT Liugong DW90A	2	94.940
ADT Volvo A45G	1	43.036

Tabel 5.19
Peningkatan Produksi setelah Perbaikan

	Material <i>Ore</i> (ton/bulan)	Material <i>Waste</i> (ton/bulan)
Target Produksi	202.969	419.807
Kemampuan Produksi	205.593	425.318
% Ketercapaian	101,29%	101,31%

Peralatan mekanis yang terdiri dari 1 unit alat muat dengan kombinasi 3 jenis alat angkut yaitu 6 unit OHT CAT 773E, 3 unit DT LG DW90A dan 1 unit ADT VOL A45G setelah dilakukan perbaikan mengalami perubahan terhadap produksi yang dihasilkan. Kemampuan produksi material *ore* mengalami peningkatan sebesar 10,99%, sedangkan produksi material *waste* meningkat sebesar 7,60% (Tabel 5.19). Produksi material *ore* dan *waste* telah memenuhi target yang ditetapkan pada bulan Februari 2023.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Produksi material *ore* di Pit *West Mainridge* sebesar 183.291 ton/bulan dengan persentase ketercapaian adalah 90,31% dan material *waste* sebesar 393.418 ton/bulan dengan persentase ketercapaian adalah 93,71%, belum mencapai target pada bulan Februari 2023.
2. Faktor – faktor penghambat ketidaktercapaian target produksi dianalisis berdasarkan *fishbone diagram* diketahui penyebab utamanya adalah rendahnya tingkat efektivitas alat muat dan alat angkut dan meningkatnya waktu edar alat akibat terjadinya hambatan kerja. Nilai efektivitas alat berdasarkan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berkisar antara 64% - 68%. Efektivitas rendah karena terdapat hambatan kerja yang diklasifikasikan berdasarkan *Six Big Losses* secara kumulatif antara lain 47% yang dipengaruhi oleh indikator *idling & minor stoppage*, *downtime losses* sebesar 24%, *reduce speed losses* sebesar 14%, *setup and adjustment* sebesar 12% dan *defect in process* sebesar 2% dan 1% disebabkan oleh *reduce yield losses*.
3. Upaya untuk meningkatkan produksi antara lain :
 - 1) Peningkatan Efektivitas Kerja Alat berdasarkan Metode OEE
Efektivitas peralatan mekanis diperbaiki dengan meningkatkan persentase OEE menjadi 68% - 72%, berada pada kategori sedang (OEE 60% - 84%) menurut JIPM. Nilai OEE pada alat muat mengalami peningkatan sebesar 1,91%, sedangkan alat angkut antara lain OHT CAT 773E meningkat sebesar 3,55%, DT LG DW90A meningkat sebesar 4,20% dan ADT VOL A45G meningkat sebesar 2,89%.

2) Meminimalisir *Six Big Losses*

Setup and adjustment mengalami penurunan waktu kerugian sebesar 105,11 menit, *idling & minor stoppage* sebesar 123,92 menit, *reduce speed losses* sebesar 7,55 menit, *defect in process* sebesar 1,17 menit, *reduce yield losses* adalah 1,20 menit sedangkan *downtime losses* tidak ada penurunan waktu kerugian akan tetapi dipengaruhi oleh peningkatan waktu kerja efektif alat setelah perbaikan sehingga persentase *downtime losses* alat muat mengalami penurunan sebesar 0,18% dan persentase rata – rata alat angkut sebesar 0,16%.

3) Peningkatan Produksi setelah Perbaikan

Kemampuan produksi material *ore* setelah dilakukan perbaikan adalah 205.593 ton/bulan dengan persentase ketercapaian sebesar 101,29% mengalami peningkatan sebesar 10,99%, sedangkan produksi material *waste* adalah 425.318 ton/bulan dengan persentase ketercapaian 101,31% mengalami kenaikan sebesar 7,60%. Produksi material *ore* dan *waste* telah memenuhi target yang ditetapkan pada bulan Februari 2023.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Perlu dilakukan pelebaran bagi 10 segmen jalan angkut dari Pit *West Mainridge* menuju HLP & *waste dump Magazine* untuk meminimalisir waktu antrian dan meningkatkan waktu edar pada peralatan mekanis.
2. Pengaturan sistem penyediaan area parkir yang dekat dengan lokasi penimbunan maupun *front* penambangan, sehingga waktu keterlambatan pada awal dan akhir *shift* dapat diminimalisir.
3. Memaksimalkan efektivitas kerja peralatan mekanis dengan terus membenahi faktor – faktor yang berpotensi menjadi hambatan kerja, untuk mencapai efektivitas dengan kategori **kelas dunia** ($OEE \geq 85\%$).

DAFTAR PUSTAKA

1. Apandi & Bachri. (1997). *Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
2. Blanchard, S. B. (1997). An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in The Manufacturing Environment. *Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol 3*.
3. Burt & Caccetta. (2018). *Equipment Selection for Mining : with Case Studies*. Department of Mathematics and Statistics The University of Malbourne Parkville. VIC Australia.
4. Borris. (2006). *Total Productive Maintenance*. Mcgraw-Hil. <https://doi.org/10.1036/0071467335>.
5. Bozogebrahimi dkk. (2003). *Sizing Equipment for Open Pit Mining – A Review of Critical Parameters*. *Mining Technology*. Vol. 112, pp. A171-A179.
6. Coccia, Mario. (2017). The Fishbone Diagram to Identify, Systematize and Analyze the sources of General Purpose Technologies. *Journal of Social and Administrative Sciences, Vol 4*.
7. Hassan dkk. (1985). A Construction Algorithm for the Selection and Assignment of Materials Handling Equipment. *International Journal of Production Research*. 23 (2), 381 – 392.
8. Hensen, R. C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production / Maintenance Tool for Increased Profit 1st Edition*”. Industrial Press Inc. New York.
9. Hartman H. (1987). *Introductory Mining Engineering*. The University of Alabama. Tuscaloska, Alabama.
10. Hustrulid dkk. (2006). *Open Pit Mine Planning Design 3rd Edition*. CRC Press. London.
11. Hustrulid & Kuchta. (2013), *Open Pit Mine Planning & Design : Vol. 1 – Fundamentals*, Chapter 4. AA Balkema. Netherland.
12. Indonesianto, Yanto. (2007). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.

13. Ishikawa. (1968). *Guide to Quality Control*. Tokyo: JUSE.
14. Kadarusman dkk. (2004), *Petrology, Geochemistry and Paleogeographic Reconstruction of The East Sulawesi Ophiolite*. Indonesia. *Tectonophysics* 392, Pp 55-83, 2004.
15. Kaufman & Ault. (1977). *Design Of Surface Mine Haulage Roads*. Washington. USA.
16. Kurniawan. (2013). *Manajemen Perawatan Industri: Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
17. Magar & Shinde. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement Manufacturing Process. *International Journal of Engineering Research and General Science, Vol 2, Issue 4, June – July*.
18. Mousa. 2017. *Performance Evaluation of Bucket Based Excavating Loading and Transport (Belt) Equipment-An OEE Approach*. DOI 10.1515/AMSC2017 – 0008.
19. Monenco. (1989). *Design Manual For Surface Mine Haul Roads*. Monenco Consultants Limited. Calgary, Alberta.
20. Nakajima. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Cambridge, M A, Productivity Press.
21. Nakajima. (1989). *TPM Development Program : Implementing Total Productive Maintenance*. Portland, OR, Productivity Press.
22. Nichols. (1999). *Sedimentology and Stratigraphy*, Blackwell Science Ltd, London.
23. Okes, Duke. (2009). *Root Cause Analysis : The Core of Problem Solving and Corrective Action*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
24. Prodjosumarto. (1995). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
25. Saputra. (2018). Evaluasi Jalan Angkut untuk Meningkatkan Produktivitas di PT Semen Padang, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Pertambangan, 4 (1), 2-3*.
26. Seelye. (1945). *Design Data Book for Civil Engineers*. Vol 1, New York: John Wiley.
27. Sharma. (2006). *Manufacturing Excellence through TPM Implementation : A Practical Analysis*. *Industrial Management & Data System. 106 (2), 256 – 280*.

28. Stamatis. (2010). *The OEE Primer : Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability and Maintainability*. Productivity Press.
29. Sutardji. 2006. *Diklat Kuliah Geologi Indonesia*. Semarang: UNES.
30. Suwandhi. (2004). *Diklat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: UNISBA.
31. Tannant & Bruce Regensburg. (2001). *Guidelines for Mine Haul Road Design*, Kelowna, B. C. Canada.
32. Thompson. (2013). *The Design and Maintenance of Surface Mine Haul Roads*. University Of Pretoria. South Africa.
33. Tenriajeng, A. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
34. Trail dkk. (1974). *The General Geological Survey of Block II, Sulawesi Utara, Indonesia*. PT. Tropic Endeavor.
35. Waqas dkk. (2015). Performance Measurement of Surface Mining Equipment by Using Overall Equipment Effectiveness. *Pakistan Journal of Science*. 67 (2), 212 – 213.
36. Wignjosoebroto. (2006). *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.
37. _____. (1973). *Manual Rural High Way Design*. Washington, DC.
38. _____. (2013). *Caterpillar Performance Handbook*. Edition 43. USA.
39. _____. (2018). *Brochure Volvo Excavator*.
40. _____. (2018). *Brochure Volvo Articulated Haulers*.
41. _____. (2018). *Caterpillar Performance Handbook Edition 48*. Peoria. Illinois. USA.
42. _____. (2018). *Keputusan Menteri ESDM No. 1827K/30/MEM/2012 Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik: Lampiran II tentang Pedoman Pengelolaan Teknis Pertambangan*.
43. _____. (2020). *Brochure DW90A Mining Truck. Edition 2*. China.
44. _____. (2023). *Suhu dan Kelembaban Relative*. Diakses pada 10 April 2023 di <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA CURAH HUJAN

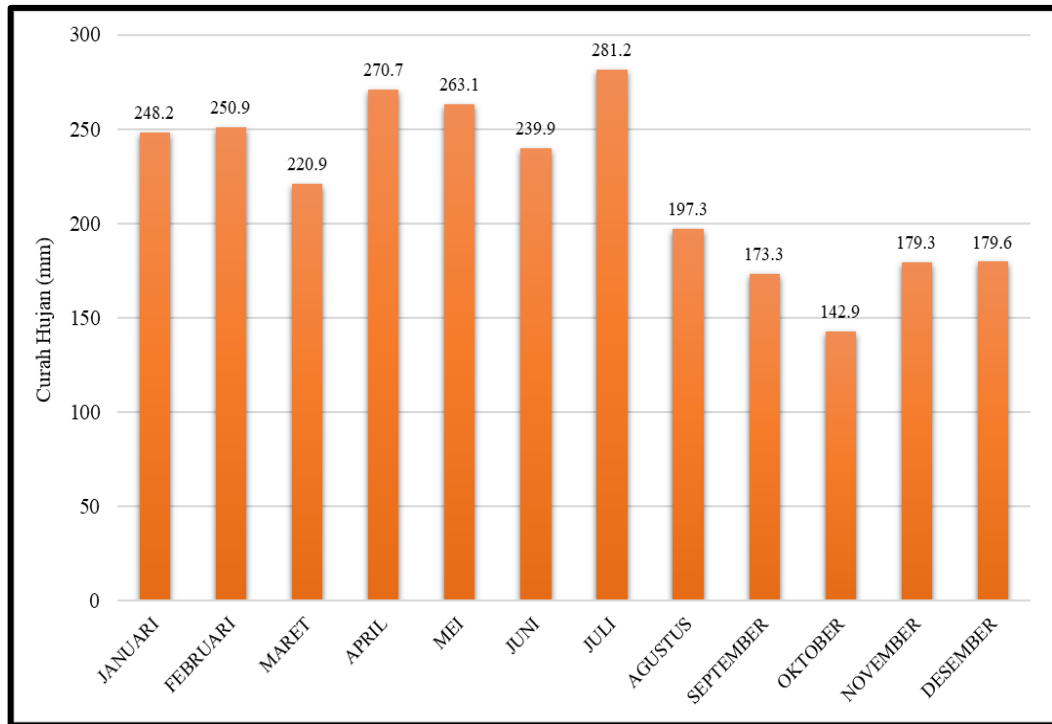
A. Data Curah Hujan

Berikut merupakan tabulasi data curah hujan dilokasi penelitian Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara dari tahun 2012-2022, dapat dilihat pada Tabel A.1, dan grafik curah hujan dapat dilihat pada Gambar A.1.

Tabel A.1
Data Curah Hujan Bulanan (2012-2022)

TAHUN	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
	(mm)											
2012	177,0	147,5	289,3	220,6	243,6	158,4	253,5	109,8	43,8	86,1	239,7	182,9
2013	231,2	223,9	87,0	251,3	234,1	150,0	304,0	173,8	86,2	127,6	154,6	180,7
2014	237,4	87,3	87,9	110,1	178,0	171,7	57,7	108,7	34,9	35,3	168,0	183,7
2015	357,0	539,0	206,5	379,5	414,0	496,0	207,0	35,0	0,5	4,5	137,5	202,5
2016	177,5	284,0	82,0	266,5	224,5	218,0	431,5	142,0	434,5	323,0	264,5	245,0
2017	219,0	263,4	351,5	301,2	399,5	348,0	315,8	590,2	433,2	157,3	243,0	182,1
2018	189,7	418,7	347,0	427,8	416,9	212,0	119,2	92,6	56,8	78,3	156,7	250,8
2019	279,4	116,8	170,6	215,3	122,0	238,7	330,5	70,3	53,5	158,9	72,3	211,8
2020	323,7	130,2	307,6	252,3	181,4	303,6	534,5	315,3	156,0	260,7	335,2	206,5
2021	308,7	285,2	243,8	208,2	208,5	143,2	175,5	312,5	399,9	112,2	200,7	129,8
2022	229,3	264,2	256,7	345,3	271,2	199,5	364,5	220,5	207,2	227,7	0	0
Total	2729,8	2760,0	2429,8	2978,2	2893,7	2639,1	3093,7	2170,8	1906,4	1571,6	1972,2	1975,9
Rata - rata	248,2	250,9	220,9	270,7	263,1	239,9	281,2	197,3	173,3	142,9	179,3	179,6
Maksimal	357,0	539,0	351,5	427,8	416,9	496,0	534,5	590,2	434,5	323,0	335,2	250,8
Minimum	177,0	87,3	82,0	110,1	122,0	143,2	57,7	35,0	0,5	4,5	0	0

$$\begin{aligned}
 \text{Curah hujan rata-rata} &= \frac{\text{Jumlah curah hujan rata-rata (2012-2022)}}{12} \\
 &= \frac{2647,37}{12} \\
 &= 220,61\text{mm/bulan}
 \end{aligned}$$

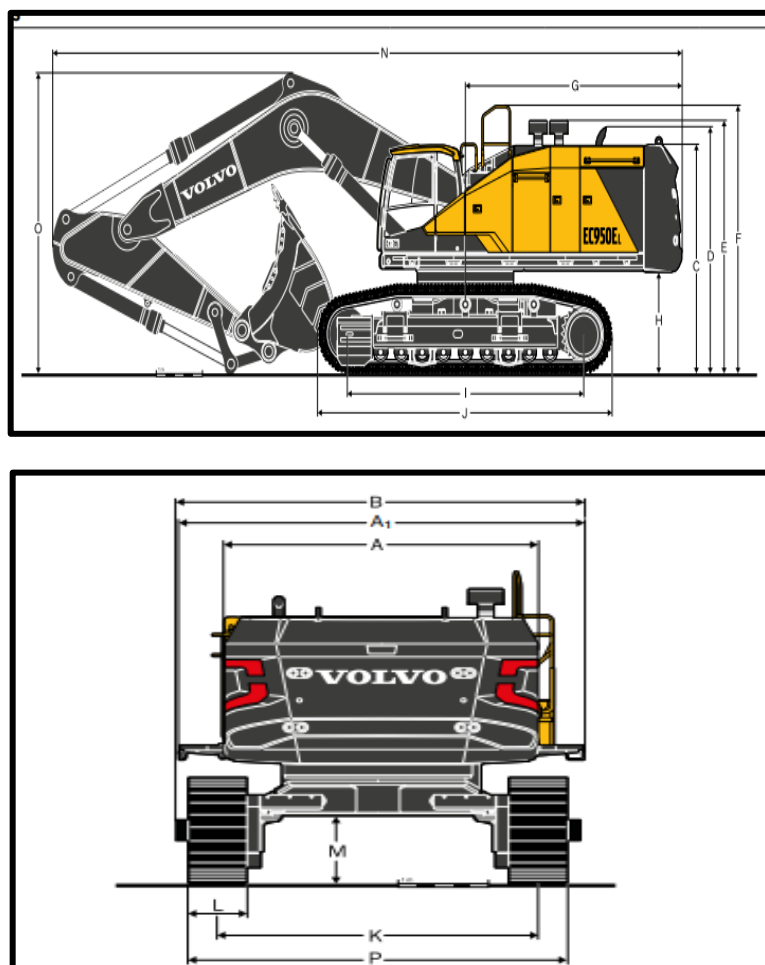


Gambar A.1
Grafik Rata – Rata Curah Hujan Tahun 2012 - 2022

LAMPIRAN B

SPESIFIKASI ALAT MUAT

B.1. *Excavator Volvo 950E*



Gambar B.1
Dimensi Excavator Volvo 950E

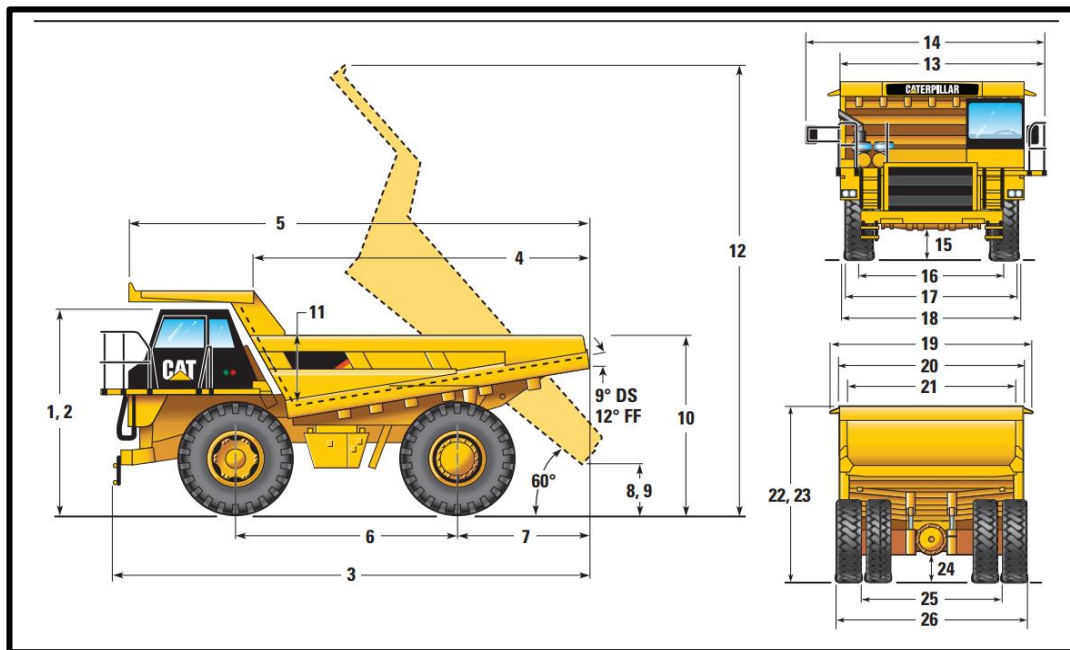
1. *Merk* : Volvo
2. *Type* : *Excavator Volvo 950E*
3. *Type Engine* : Volvo – D16E
4. *Kapasitas Bucket (Heaped)* : 5,6 m³

5. <i>Max. Power</i>	: 1.800 r/min
6. <i>Fuel Tank</i>	: 1.265 l
7. <i>Max. Slew Speed</i>	: 6,9 r/min
8. <i>Max. Drawbar Pull</i>	: 565 kN
9. <i>Max. Travel Speed</i>	: 4,4 km/jam
10. <i>Gradeability</i>	: 33°
11. <i>Dimensi</i>	
a. <i>Boom</i>	: 7,25 m
b. <i>Arm</i>	: 2,95 m
c. <i>Track Length</i>	: 6.380 mm
d. <i>Overall Width</i>	: 4.505 mm
e. <i>Overall High of Cab</i>	: 3.655 mm
f. <i>Overall Length</i>	: 13.615 mm

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI ALAT ANGKUT

C.1. *Off Highway Truck (OHT) Caterpillar 773E*



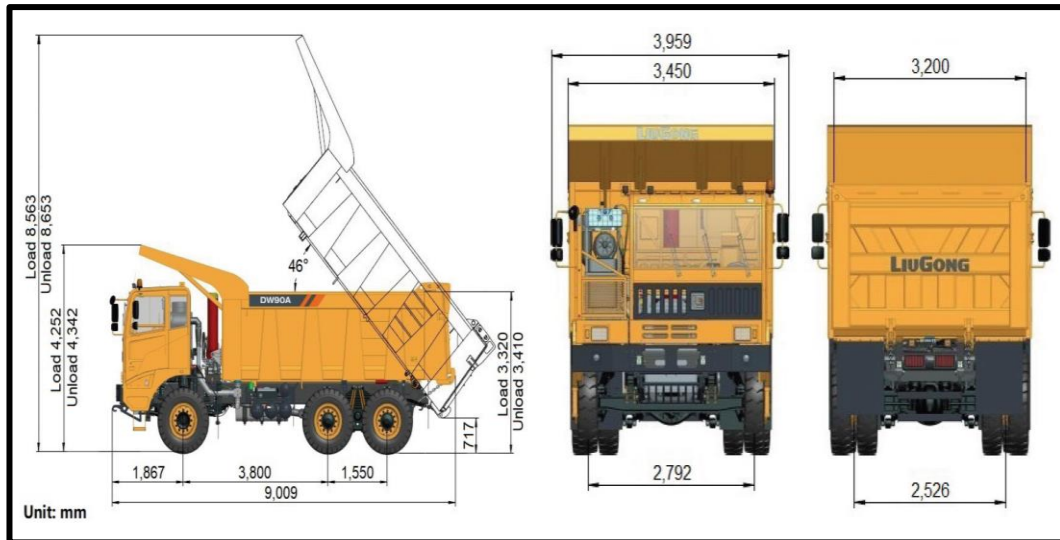
Gambar C.1
Dimensi OHT CAT 773E

1. *Merk* : Caterpillar
2. *Type* : 773E
3. *Mesin*
 - a. *Model Mesin* : Cat 3412E
 - b. *Tenaga* : 710 HP
4. *Kecepatan Max (Muatan)*: 62,2 km/jam
5. *Bobot Kerja Kotor* : 99.300 kg
6. *Bobot Mesin* : 30.730 kg
7. *Bobot Bak* : 9.210 kg
8. *Kapasitas Payload* : 55.200 kg

9. Kapasitas Bak
 - a. *Struck* : 26,6 m³
 - b. *Heaped* : 35,2 m³
10. Distribusi Beban
 - a. Berat Kosong : Depan 47,3%
: Belakang 52,7%
 - b. Berat Muatan : Depan 33,3%
: Belakang 52,7%
11. Kapasitas Bahan Bakar : 700 liter
12. *Turning radius* : 21,70 meter
13. Dimensi *Truck*
 - a. Panjang : 9,12 meter
 - b. Tinggi : 4,398 meter
 - c. Lebar : 5,076 meter
14. Dimensi *Vessel*
 - a. Panjang : 8,535 meter
 - b. Tinggi : 1,802 meter
 - c. Lebar : 3,910 meter
15. Jarak antar as roda : 4,191 meter
16. Jarak bagian depan dengan as roda : 2,146 meter
17. Sudut penyimpangan roda depan : 31°
18. Lebar jejak depan : 4,040 meter
19. *Grade* maksimum : 30%
20. Kecepatan transmisi
 - a. Gigi 1 : 9,9 km/jam
 - b. Gigi 2 : 13,9 km/jam
 - c. Gigi 3 : 18,8 km/jam
 - d. Gigi 4 : 25,2 km/jam
 - e. Gigi 5 : 34,1 km/jam
 - f. Gigi 6 : 45,9 km/jam
 - g. Gigi 7 : 62,2 km/jam
 - h. Gigi Mundur : 13,1 km/jam

7. *Ground Pressure*
 - a. *Loaded* : *Front* = 146 kPa, *Rear* = 175 kPa
 - b. *Unloaded* : *Front* = 146 kPa, *Rear* = 50 kPa
8. Kapasitas Bak
 - a. *Struck* : 18,4 m³
 - b. *Heaped* : 24 m³
9. Kapasitas Bahan Bakar : 700 liter
10. *Dumping System*
 - a. *Tipping angel* : 72°/70°
 - b. *Tipping time with load* : 12 detik
 - c. *Lowering Time* : 10 detik
11. Dimensi *Truck*
 - a. Panjang : 9,12 meter
 - b. Tinggi : 4,398 meter
 - c. Lebar : 5,076 meter
12. Dimensi *Vessel*
 - a. Panjang : 11,26 meter
 - b. Tinggi : 37,69 meter
 - c. Lebar : 34,33 meter
13. Jarak antar as roda : 4,191 meter
14. Kecepatan transmisi
 - a. Gigi 1 : 6 km/jam
 - b. Gigi 2 : 9 km/jam
 - c. Gigi 3 : 10 km/jam
 - d. Gigi 4 : 15 km/jam
 - e. Gigi 5 : 22 km/jam
 - f. Gigi 6 : 27 km/jam
 - g. Gigi 7 : 36 km/jam
 - h. Gigi 8 : 48 km/jam
 - i. Gigi 9 : 57 km/jam

C.3. *Dump Truck (DT) Liugong DW90A*



Gambar C.3
Dimensi *Dump Truck* Liugong DW90A

1. *Merk* : Liugong
2. *Type* : DW90A
3. *Mesin*
 - a. *Model Mesin* : Cummins – QSM11
 - b. *Tenaga* : 416 HP
 - c. *Bobot Mesin* : 31.000 kg
4. *Kecepatan Max (Muatan)*: 40 km/jam
5. *Bobot Kerja Kotor* : 90.000 kg
6. *Bobot Bak* : 9.210 kg
7. *Kapasitas Payload* : 59.000 kg
8. *Kapasitas Bak*
 - a. *Struck* : 30 m³
 - b. *Heaped* : 36 m³
9. *Distribusi Beban*
 - a. *Berat Kosong* : Depan 43,42%
: Belakang 34,10%
 - b. *Berat Muatan* : Depan 42,52%
: Belakang 33,20%
10. *Kapasitas Bahan Bakar* : 600 liter

11. Dimensi *Truck*

- a. Panjang : 9,009 meter
- b. Tinggi : 4,342 meter
- c. Lebar : 3,450 meter

12. Kecepatan transmisi

- a. Gigi 1 : 5 km/jam
- b. Gigi 2 : 7 km/jam
- c. Gigi 3 : 10 km/jam
- d. Gigi 4 : 13 km/jam
- e. Gigi 5 : 18 km/jam
- f. Gigi 6 : 29 km/jam
- g. Gigi 7 : 35 km/jam

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN LEBAR MINIMUM
FRONT PENAMBANGAN

Lebar minimum *front* penambangan Excavator Volvo 950E dengan kombinasi tiga jenis alat angkut OHT CAT 773E, DT LG DW90A dan ADT VOL A45G, sebagai berikut :

$$W_{min} = 2 (0,5 R_s) + a + M_t$$

Keterangan :

W_{min} = Lebar minimum area kerja penambangan, (m)

R_s = Radius ayun alat muat, (m)

a = Jarak tambahan pengaman, (m)

M_t = Lebar alat angkut saat membentuk sudut α , (m)
 $= L_t \cos \alpha + W_t \sin \alpha$

L_t = Panjang alat angkut, (m)

W_t = Lebar alat angkut, (m)

α = Sudut penyimpangan roda depan ($^{\circ}$)

Berdasarkan spesifikasi alat, lebar minimum *front* penambangan diperoleh sebagai berikut :

$$R_s = 13,480 \text{ mm} = 13,48 \text{ m}$$

$$L_t = 9 \text{ m}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

$$W_t = 5 \text{ m}$$

$$\alpha = 31^{\circ}$$

$$\begin{aligned} M_t &= L_t \cos \alpha + W_t \sin \alpha \\ &= 9 \cos 31^{\circ} + 5 \sin 31^{\circ} \\ &= 10,29 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{min} &= 2 (0,5 \times R_s) + a + M_t \\ &= 2 (0,5 \times 13,48) + 3 + 10,29 \\ &= 26,77 \text{ m} \approx 27 \text{ m} \end{aligned}$$


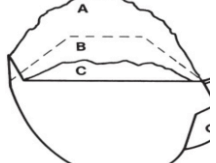

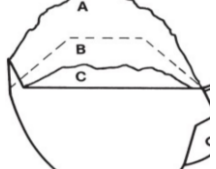

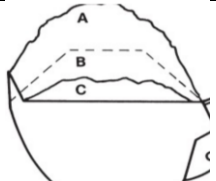

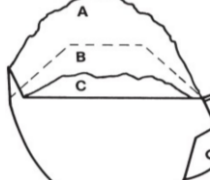

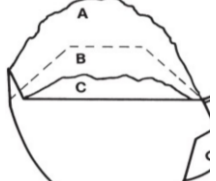
Lebar minimum *front* penambangan di pit *West Mainridge* sebesar 27 m.

LAMPIRAN E


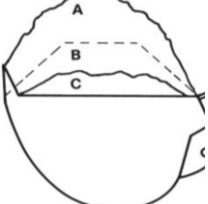

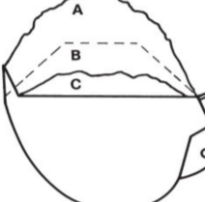

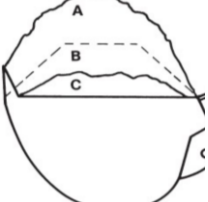

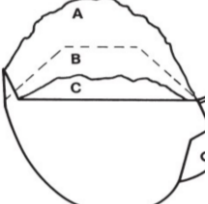

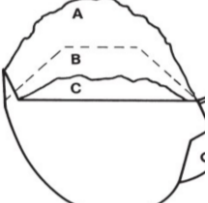

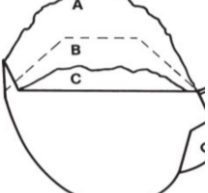

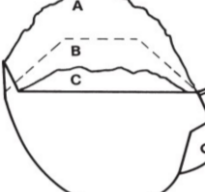

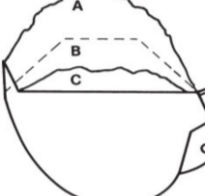
FAKTOR PENGISIAN *BUCKET*

Faktor pengisian mangkuk (*bucket fill factor*) merupakan suatu faktor pengisian *bucket* yang bergantung pada seberapa banyak material tersebut mengisi *bucket*. Nilai BFF dilakukan dengan cara pengamatan secara visual dilapangan, dapat dilihat pada Tabel E.1.


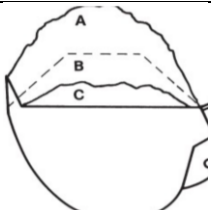

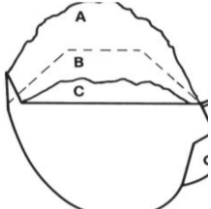

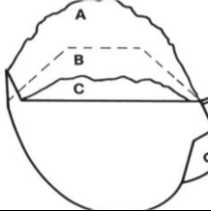

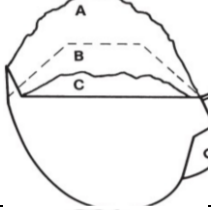
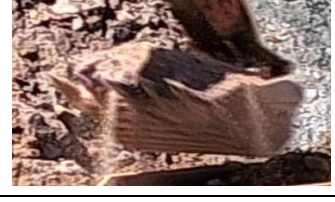
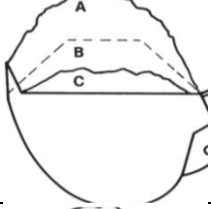

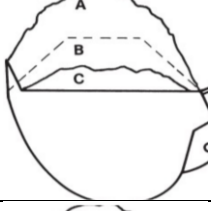

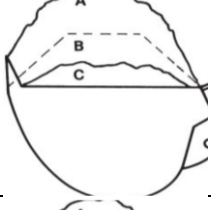

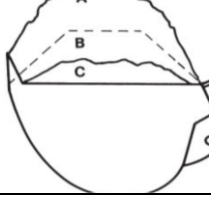
Tabel E.1
Hasil Pengamatan Pengisian *Bucket* di Lapangan

No	Visual <i>Bucket</i>	Teori	Kategori	BFF
1			B	100%
2			B	100%
3			B	100%
4			C	90%
5			C	90%


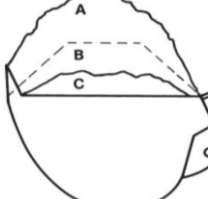

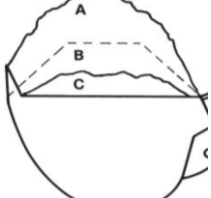

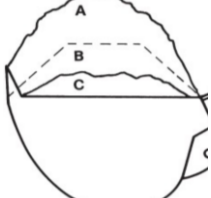

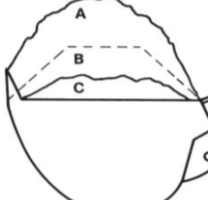

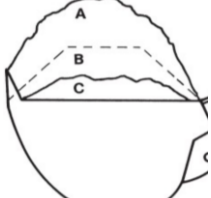

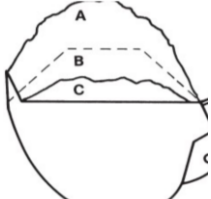

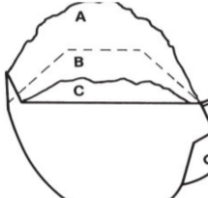

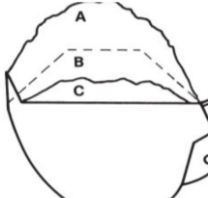
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
6			B	100%
7			C	90%
8			C	90%
9			B	100%
10			B	100%
11			B	100%
12			B	100%
13			B	100%


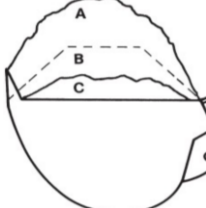

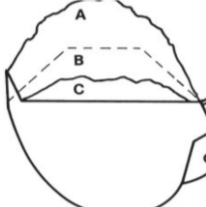

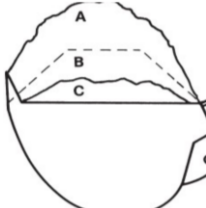

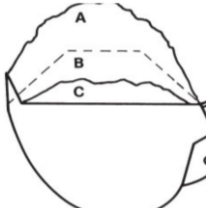

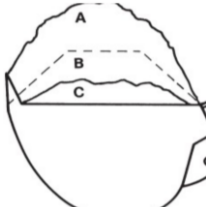

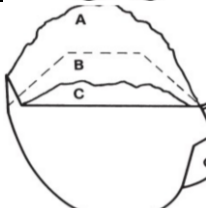

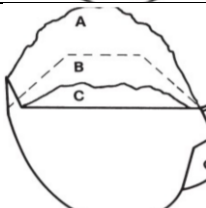

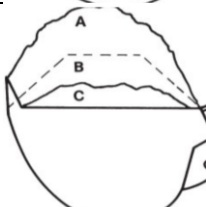
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
14			B	100%
15			B	100%
16			B	100%
17			B	100%
18			B	100%
19			A	110%
20			B	100%
21			B	100%


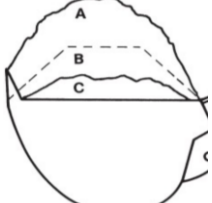

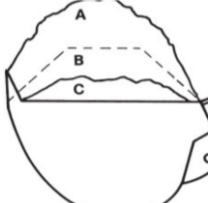

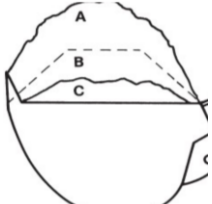

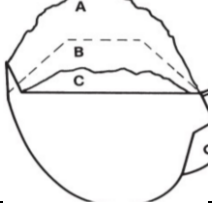

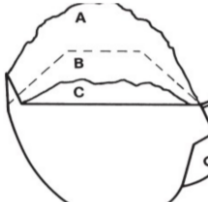

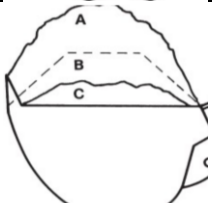

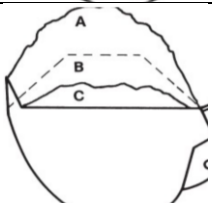

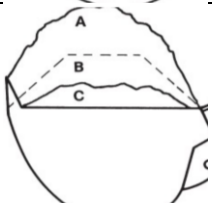
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
22			C	90%
23			C	90%
24			B	100%
25			B	100%
26			B	100%
27			C	90%
28			B	100%
29			B	100%


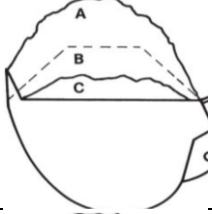

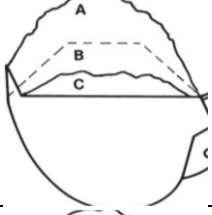

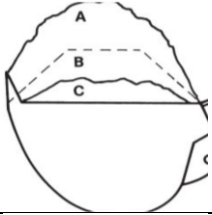

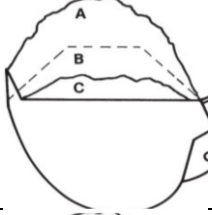

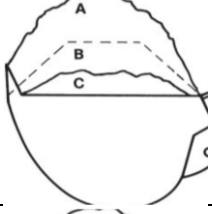

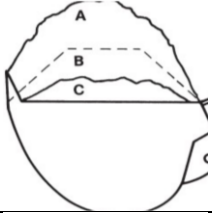

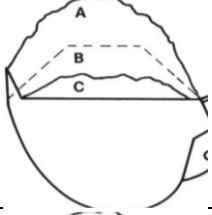

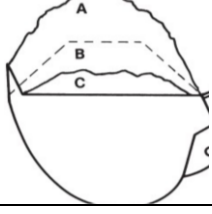
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
30			B	100%
31			B	100%
32			B	100%
33			C	90%
34			C	90%
35			B	100%
36			B	100%
37			B	100%


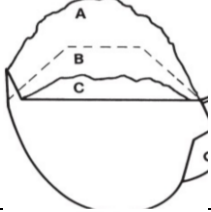

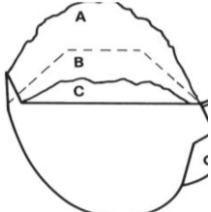

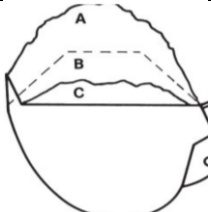

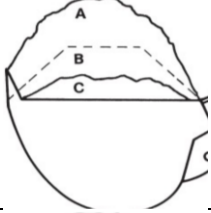

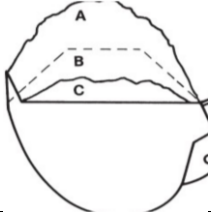

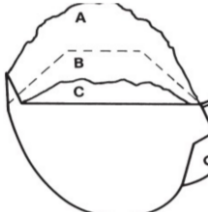

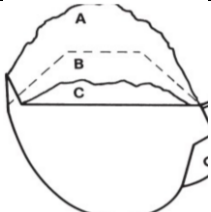

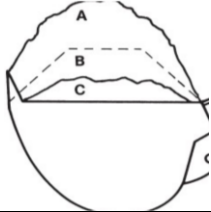
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
38			B	100%
39			C	90%
40			B	100%
41			B	100%
42			B	100%
43			B	100%
44			B	100%
45			C	90%


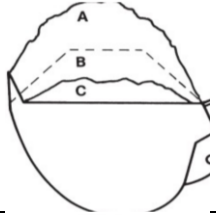

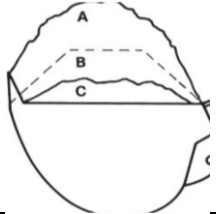

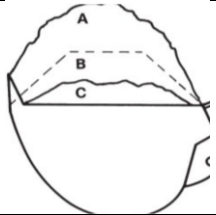

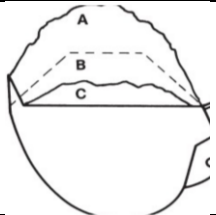

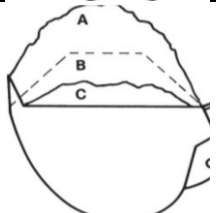

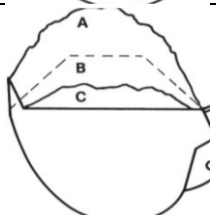

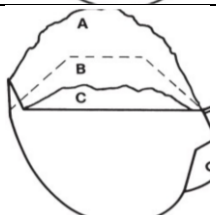

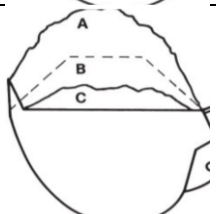
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
46			A	110%
47			B	100%
48			B	100%
49			C	90%
50			B	100%
51			C	90%
52			B	100%
53			B	100%


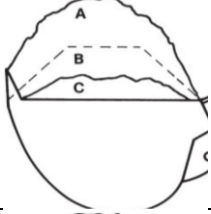

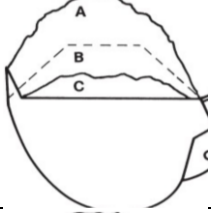

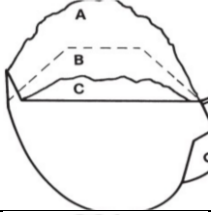

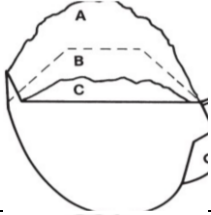

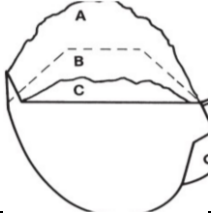

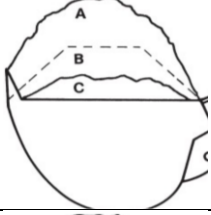

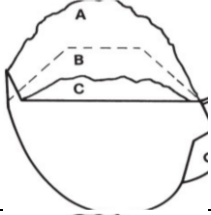

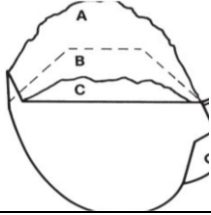
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
54			B	100%
55			C	90%
56			B	100%
57			B	100%
58			B	100%
59			B	100%
60			B	100%
61			B	100%


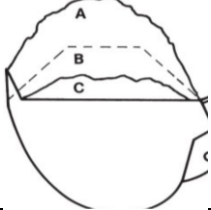

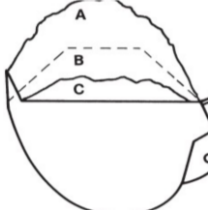

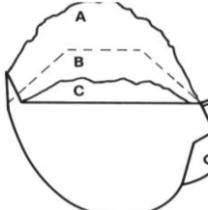

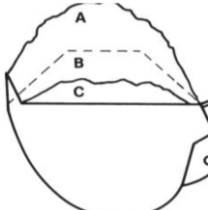

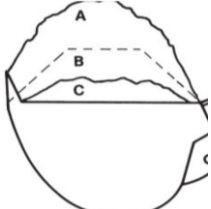

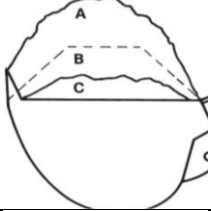

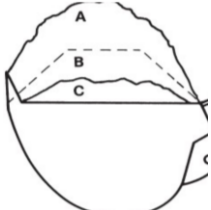

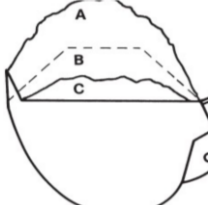
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
62			B	100%
63			B	100%
64			A	110%
65			B	100%
66			B	100%
67			B	100%
68			B	100%
69			B	100%


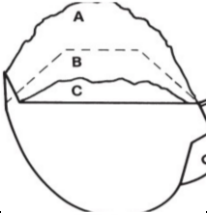

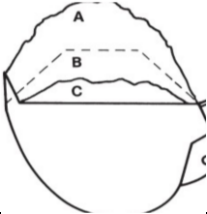

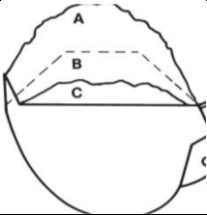

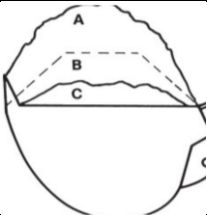

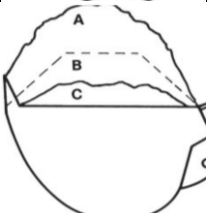

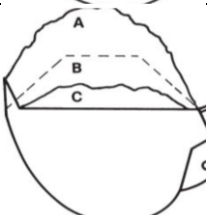

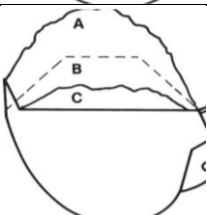

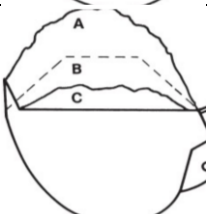
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
70			B	100%
71			B	100%
72			B	100%
73			B	100%
74			B	100%
75			B	100%
76			B	100%
77			B	100%


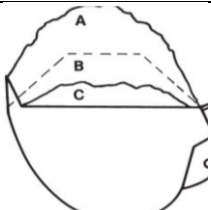

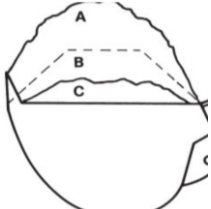

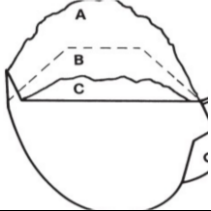

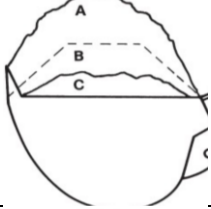

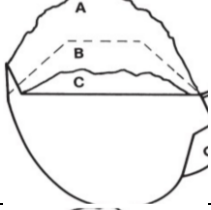

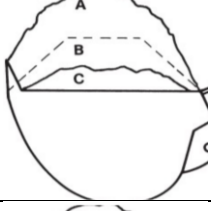

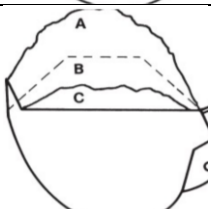
(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
78			B	100%
79			B	100%
80			B	100%
81			B	100%
82			B	100%
83			B	100%
84			B	100%
85			B	100%

(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual Bucket	Teori	Kategori	BFF
86			B	100%
87			B	100%
88			B	100%
89			B	100%
90			B	100%
91			A	110%
92			B	100%
93			B	100%

(Lanjutan Tabel E.1)

No	Visual <i>Bucket</i>	Teori	Kategori	BFF
94			C	90%
95			C	90%
96			B	100%
97			B	100%
98			B	100%
99			B	100%
100			B	100%

Keterangan :

90% = 15 kali curah *bucket* 100% = 80 kali curah *bucket* 110% = 5 kali curah *bucket*

Berdasarkan Tabel E.1, nilai *bucket fill factor* diperoleh dari kondisi yang paling sering muncul (modus) adalah **100%**.

LAMPIRAN F

PERHITUNGAN FAKTOR PENGEMBANGAN

Faktor pengembangan diperoleh berdasarkan perbandingan antara volume material asli (*insitu*) dan volume setelah dilakukan peledakan (*loose*). Berat material *ore* adalah 53.760 ton sedangkan material *waste* adalah 52.860 ton. Perhitungan faktor pengembangan adalah sebagai berikut :

$$SF = \frac{\text{Volume insitu (m}^3\text{)}}{\text{Volume loose (m}^3\text{)}}$$

Keterangan :

SF = Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Volume Insitu = Volume material asli sebelum dilakukan peledakan, m³

Volume *Loose* = Volume material setelah dilakukan peledakan, m³

1. Material *Ore*

$$SF = \frac{\text{Volume insitu (m}^3\text{)}}{\text{Volume loose (m}^3\text{)}}$$

$$SF = \frac{25,47 \text{ m}^3}{31,31 \text{ m}^3}$$

$$SF = 0,834$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas Material } Ore &= \frac{\text{Berat Material } Ore \text{ (ton)}}{\text{Volume loose (m}^3\text{)}} \\ &= \frac{53.760 \text{ ton}}{31,31 \text{ m}^3} = 1,76 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

2. Material *Waste*

$$SF = \frac{\text{Volume insitu (m}^3\text{)}}{\text{Volume loose (m}^3\text{)}}$$

$$SF = \frac{24,13 \text{ m}^3}{29,04 \text{ m}^3}$$

$$SF = 0,831$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas Material } Waste &= \frac{\text{Berat Material } Waste \text{ (ton)}}{\text{Volume loose (m}^3\text{)}} \\ &= \frac{52.860 \text{ ton}}{29,04 \text{ m}^3} = 1,82 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

LAMPIRAN G

GEOMETRI JALAN ANGKUT

G.1. Lebar Jalan pada Jalan Lurus

Jalan angkut di pit *West Mainridge* menuju HLP dan *waste dump Magazine* terdiri atas jalan angkut 1 jalur dan jalan angkut 2 jalur. Perhitungan lebar minimum untuk jalan yang lurus didasarkan Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{\min} \text{ 1 Jalur} = 2 \times W_t \qquad L_{\min} \text{ 2 Jalur} = 3,5 \times W_t$$

Keterangan :

L_{\min} = Lebar jalan angkut lurus minimum, (m)

W_t = Lebar alat angkut terbesar, (m)

Alat mekanis terbesar yang digunakan *Off Highway Truck Caterpillar 773E*.

Perhitungan kondisi jalan lurus untuk 1 jalur dan 2 jalur sebagai berikut :

1. Jalan Lurus 1 Jalur

Lebar total Alat Angkut (W_t) = 5 m (Lampiran C)

$$\begin{aligned} L_{\min} &= (2 \times 5) \\ &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Jalan Lurus 2 Jalur

Lebar total Alat Angkut (W_t) = 5 m (Lampiran C)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah jalur (n)} &= 2 \\ L_{\min} &= (3,5 \times 5) \\ &= 17,5 \text{ m} \end{aligned}$$

G.2. Lebar Jalan Angkut pada Jalan Tikungan

Lebar minimum jalan angkut pada tikungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan menurut AASTHO 1965 Manual Rural High – way sebagai berikut :

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$$

Keterangan :

- W = Lebar minimum jalan angkut pada tikungan, (m)
 U = Jarak jejak roda kendaraan, (m)
 Fa = Selisih lebar jejak ban depan dan ban belakang saat tikungan dilihat dari depan, (m). (Dikoreksi dengan sudut penyimpangan (α) x Ad)
 Fb = Selisih lebar jejak ban depan dan ban belakang saat tikungan dilihat dari belakang, (m). (Dikoreksi dengan sudut penyimpangan (α) x Ab)
 Ad = Lebar jantai depan (Jarak antara poros depan dengan bagian depan), (m)
 Ab = Lebar jantai belakang (Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang), (m)
 Z = Jarak sisi luar truk ke tepi jalan, (m)
 C = Jarak antara dua truk yang bersimpangan, (m)
 α = Sudut penyimpangan (belok) roda depan, ($^{\circ}$)
 n = Jumlah Jalur

Dimensi OHT CAT 773E, sebagai berikut : (Lampiran C)

- Jarak roda (U) = 4,46 m
- Sudut penyimpangan roda (α) = 31°
- Jarak antara poros depan dengan bagian depan (Ad) = 2,15 m
- Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang (Ab) = 2,78 m

Berdasarkan data dimensi, lebar jalan pada tikungan dihitung sebagai berikut :

$$Fa = Ad \times \sin \alpha = 2,15 \times \sin 31^{\circ} = 1,16 \text{ m}$$

$$Fb = Ab \times \sin \alpha = 2,78 \times \sin 31^{\circ} = 1,5 \text{ m}$$

$$C = Z = 0,5 (4,46 + 1,16 + 1,5) = 3,56 \text{ m}$$

1. Lebar Tikungan 1 Jalur

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$= 4,46 + 1,16 + 1,5 + 3,56 + 3,56 = 14,25 \text{ m}$$

2. Lebar Tikungan 2 Jalur

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$= 2 (4,46 + 1,16 + 1,5 + 3,56) + 3,56 = 24,95 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$$

G.3. Perhitungan Radius Tikungan

Perhitungan jari – jari tikungan pada jalan angkut diperoleh dengan persamaan :

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Keterangan :

R = Radius Tikungan, m

V^2 = Kecepatan kendaraan, km/jam

e = Superelevasi (m/m)

f = *friction factor*

Berdasarkan data yang diperoleh :

Kecepatan maksimum alat = 25 km/jam (berdasarkan SOP)

Nilai superelevasi (e) = 7% atau 0,07 m/m (RJ Thompson, 2013)

Nilai koefisien gesek melintang (f), untuk kecepatan ≤ 80 km/jam sebagai berikut :

$$f = -0,00065 V + 0,192$$

$$f = -0,00065 (25) + 0,192 = 0,21$$

Nilai radius tikungan jalan diperoleh, sebagai berikut:

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} = \frac{(25)^2}{127(0,07+0,21)} = 17,69 \text{ m.}$$

G.4. Perhitungan Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan jalan angkut terbagi atas dua lokasi penimbunan yaitu *waste dump* Magazine dan HLP. Kemiringan jalan angkut diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$Grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Keterangan :

Δh = beda tinggi antara 2 titik yang diukur, m

Δx = jarak datar antara 2 titik yang diukur, m

Perhitungan kemiringan jalan angkut segmen B-C*, sebagai berikut :

Diketahui :

Δh = 3,03 m

Δx = 35,63 m

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Kemiringan Jalan (grade)} &= \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \\
 &= \frac{3,03 \text{ m}}{35,63 \text{ m}} \times 100\% \\
 &= 11\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Jarak Kemiringan} &= \sqrt{\Delta h^2 + \Delta x^2} \\
 &= \sqrt{(3,03)^2 + (35,63)^2} \\
 &= 35,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai kemiringan jalan dari pit *West Mainridge* menuju HLP dan *waste dump Magazine* dapat dilihat pada Tabel G.1 dan Tabel G.2.

Tabel G.1
Data Kemiringan Jalan Angkut Pit *West Mainridge* – HLP

No	Segmen	Jarak Datar (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan (%)	Jarak Kemiringan (m)
1	A-B	204	22,44	11%	205,23
2	B-C*	35,63	3,03	6%	35,76
3	C-D	85,41	8,37	11%	85,82
4	D-E*	65,1	3,78	6%	65,21
5	E-F	92,46	7,77	11%	92,79
6	F-G*	70,3	7,38	11,5%	70,69
7	G-H	183,4	13,76	7%	183,92
8	H-I*	64,9	-1,95	-3%	64,93
9	I-J	310,13	-7,75	-2%	310,23
10	J-K*	38,39	-1,92	-3%	38,44
11	K-L	51,412	-6,43	-11%	51,81
12	L-M*	34,85	-1,74	-9%	34,89
13	M-N	171	-6,84	-4%	171,14
14	N-O*	40	-3,16	7%	40,12
15	O-P	167	-17,37	-10%	167,90
16	P-Q	86	-0,95	-5%	86,01
17	Q-R*	72	-2,23	-1%	72,03
18	R-S	424	14,20	3%	424,24
19	S-T*	19,6	0	-6%	19,60
20	T-U	254	-24,64	-10%	255,19
21	U-V*	37,8	-0,49	-1%	37,80
22	V-W	103	4,12	4%	103,08
23	W-X*	24,2	1,09	5%	24,22
24	X-Y	105	9,45	9%	105,42

*tikungan

Tabel G.2
Data Kemiringan Jalan Angkut Pit *West Mainridge* – *Waste dump Magazine*

No	Segmen	Jarak Datar (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan (%)	Jarak Kemiringan (m)
1	A-B	204	22,44	11%	205,23
2	B-C*	35,63	2,10	5,9%	35,69
3	C-D	85,41	9,40	11%	85,93
4	D-E*	65,1	3,78	5,8%	65,21
5	E-F	92,46	9,80	10,6%	92,98
6	F-G*	70,3	8,08	11,5%	70,76
7	G-H	183,4	12,29	6,7%	183,81
8	H-I*	64,9	-2,08	-3,2%	64,93

(Lanjutan Tabel G.2)

No	Segmen	Jarak Datar (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan (%)	Jarak Kemiringan (m)
9	I-J	205	-1,03	-0,5%	205,00
10	J-K*	60	-1,80	-3%	60,03
11	K-L	391,1	29,33	7,5%	392,20
12	L-M	140,67	-7,03	-5,0%	140,85
13	M-N*	64,3	-1,16	-1,8%	64,31
14	N-O	132	12,94	9,8%	132,63
15	O-P*	59	2,66	4,5%	59,06
16	P-Q	56,38	0,68	1,2%	56,38
17	Q-R	301	-9,33	-3,1%	301,14
18	R-S	247	-23,22	-9,4%	248,09
19	S-T	180	-16,20	-9,0%	180,73
20	T-U*	112	-3,58	-3,2%	112,06

*tikungan

G.5. Perhitungan Nilai Superelevasi

Nilai superelevasi ditentukan berdasarkan rekomendasi tabel oleh Suwandhi, 2004. Nilai ini dipengaruhi oleh kecepatan alat angkut dan radius tikungan jalan. Kecepatan maksimum alat angkut dari pit *West Mainridge* menuju *waste dump* Magazine maupun HLP adalah 25 km/jam, dengan radius tikungan jalan sebesar 17,69 m. Nilai superelevasi yang diperoleh adalah 0,04, dapat dilihat pada Tabel G.3.

Tabel G.3
Penentuan Nilai Superelevasi (Suwandhi, 2004)

Radius Tikungan (m)	Kecepatan Kendaraan (km/jam)					
	16	24	32	40	48	≥56
15	0,04	0,04				
30	0,04	0,04	0,04			
46	0,04	0,04	0,04	0,05		
76	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
91	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
183	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
305	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Perhitungan beda tinggi pada tikungan untuk menghindari slip pada tikungan antara lain :

1. Beda Tinggi Pada Tikungan 1 Jalur

$$\begin{aligned} \text{Beda Tinggi} &= \text{Superelevasi} \times \text{Lebar Jalan} \\ &= 0,04 \text{ m/m} \times 14,25 \text{ m} = 0,57 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Beda Tinggi Pada Tikungan 2 Jalur

$$\text{Beda Tinggi} = 0,04 \text{ m/m} \times 25 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

G.6. Nilai *Cross Slope*

Nilai *cross slope* pada jalan angkut paling kurang adalah 2% menurut Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018. sehingga perhitungan nilai beda tinggi sebagai berikut :

$$Q = P \times \text{Cross Slope}$$

$$P = \text{Beda ketinggian poros jalan}$$

$$P = \frac{1}{2} \times 14,25 \text{ m} = 7,13 \text{ m (Kondisi 1 Jalur)}$$

$$= \frac{1}{2} \times 25 \text{ m} = 12,5 \text{ m (Kondisi 2 Jalur)}$$

Nilai beda tinggi yang dibuat adalah :

1. Tikungan 1 Jalur :

$$Q = 7,13 \text{ m} \times 0,02 \text{ m/m}$$

$$Q = 0,14 \text{ m.}$$

2. Tikungan 2 Jalur :

$$Q = 12,5 \text{ m} \times 0,02 \text{ m/m}$$

$$Q = 0,25 \text{ m.}$$

LAMPIRAN H

TEORI UJI KECUKUPAN DATA

Uji kecukupan data adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengetahui data yang diambil telah memenuhi atau belum yang disesuaikan dengan tingkat ketelitian yang dipakai. Data pengamatan dalam metode ini dapat dihitung dengan persamaan :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \times \sqrt{N \sum X i^2 - (\sum X i)^2}}{\sum X i} \right]^2$$

Keterangan :

- N : Jumlah data yang diperoleh
- N' : Jumlah data pengamatan secara teoritis
- s : Tingkat ketelitian (1-10%)
- k : Harga indeks
- Xi : Data pengamatan

Harga indeks (k) yang diperoleh bergantung pada tingkat kepercayaan yang dipakai, yaitu :

1. Tingkat kepercayaan 90% maka nilai k = 1
2. Tingkat kepercayaan 95% maka nilai k = 2
3. Tingkat kepercayaan 99% maka nilai k = 3

Nilai tingkat ketelitian (s) yang didapatkan bergantung pada tingkat kepercayaan yang dipakai, antara lain :

1. Tingkat kepercayaan 90% maka nilai s = 0,10
2. Tingkat kepercayaan 95% maka nilai s = 0,05
3. Tingkat kepercayaan 99% maka nilai s = 0,01

Diketahui :

Jika $N' \leq N$, jumlah data dianggap **memenuhi**

Jika $N' > N$, jumlah data dianggap **tidak memenuhi**

Tabel H.1
Data Tabel Pengamatan CT Excavator Volvo 950E

No	CT (detik) (Xi)	$\Sigma(Xi)^2$	No	CT (detik) (Xi)	$\Sigma(Xi)^2$
1	21,00	441,00	17	23,20	538,24
2	23,00	529,00	18	22,75	517,56
3	28,30	800,89	19	22,33	498,78
4	19,40	376,36	20	23,60	556,96
5	22,25	495,06	21	25,25	637,56
6	22,60	510,76	22	23,40	547,56
7	22,00	484,00	23	24,50	600,25
8	23,00	529,00	24	25,83	667,36
9	25,25	637,56	25	26,25	689,06
10	20,33	413,44	26	24,25	588,06
11	23,60	556,96	27	26,43	698,47
12	25,50	650,25	28	25,57	653,90
13	21,60	466,56	29	21,50	462,25
14	25,45	647,53	30	25,50	650,25
15	25,75	663,06	$\Sigma(Xi)$	712,40	17036,71
16	23,00	529,00			

Diketahui data waktu edar alat Excavator Volvo 950E :

$$N = 30$$

$$\Sigma(Xi) = 712,40$$

$$s = 0,05$$

$$\Sigma(Xi)^2 = 17036,71$$

$$k = 2$$

$$(\Sigma(Xi))^2 = 507509,01$$

Nilai N' diperoleh sebagai berikut :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} x \sqrt{N \Sigma Xi^2 - (\Sigma Xi)^2}}{\Sigma Xi} \right]^2 = \left[\frac{\frac{2}{0,05} x \sqrt{(30 x 17036,71) - 507509,01}}{712,40} \right]^2 = 11,32$$

Nilai $N \geq N'$, menunjukkan bahwa jumlah data yang diambil untuk waktu edar alat muat telah memenuhi persyaratan. Jumlah data yang harus diambil untuk jenis kegiatan lain juga diperhitungkan menggunakan persamaan yang sama. Dapat dilihat pada Tabel H.2.

Tabel H.2
 Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data Waktu Edar dengan
 Tingkat Kepercayaan 95%

Jenis Data	N	s	k	$\sum(X_i)$	$\sum(X_i)^2$	$(\sum(X_i))^2$	N'	Keterangan
CT EXCA VOL 950E	30	0,05	2	712,40	17036,71	507509,01	11,33	Memenuhi
CT OHT CAT 773E (<i>Ore</i>)	30	0,05	2	701,32	16458,01	491845,07	6,7	Memenuhi
CT OHT CAT 773E (<i>Waste</i>)	30	0,05	2	736,47	18089,26	542383,15	0,7	Memenuhi
CT DT LG DW90A (<i>Ore</i>)	30	0,05	2	862,18	24847,43	743360,10	4,4	Memenuhi
CT DT LG DW90A (<i>Waste</i>)	30	0,05	2	959,65	30712,76	920928,12	0,79	Memenuhi
CT ADT VOL A45G (<i>Waste</i>)	30	0,05	2	870,68	25293,61	758089,47	1,52	Memenuhi

LAMPIRAN I

WAKTU EDAR ALAT MUAT

Waktu edar alat muat diperoleh dengan menghitung waktu penggalian hingga pemuatan, terdiri atas waktu menggali (*digging*), waktu *swing* bermuatan, waktu *loading*, dan waktu *swing* kosong. Data waktu edar alat muat dapat dilihat pada Tabel I.

$$CT_m = T1 + T2 + T3 + T4$$

Keterangan :

- CT_m : Waktu edar alat muat, (detik)
 T1 : Waktu alat menggali, (detik)
 T2 : Waktu *swing* bermuatan, (detik)
 T3 : Waktu penumpahan material, (detik)
 T4 : Waktu *swing* kosong, (detik)

Tabel I
Waktu Edar Excavator Volvo 950E

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	CT (detik)
1	5,4	7,0	4,6	4,0	21,0
2	7,0	6,40	4,6	5,0	23,0
3	11,0	6,75	4,2	6,3	28,3
4	5,4	5,6	3,4	5,0	19,4
5	8,0	5,0	4,7	4,5	22,2
6	6,0	8,0	4,0	4,6	22,6
7	9,4	6,7	2,6	3,2	22,0
8	9,0	6,0	3,2	4,7	23,0
9	6,2	8,5	5,5	5,0	25,2
10	6,7	5,2	3,8	4,7	20,3
11	7,6	5,8	4,4	5,8	23,6
12	7,7	7,0	5,2	5,5	25,5
13	7,6	5,4	4,0	4,6	21,6
14	9,0	6,8	4,7	5,0	25,4
15	8,5	6,7	4,5	6,0	25,7
16	6,2	5,5	5,2	6,0	23,0
17	7,2	8,0	3,4	4,6	23,2
18	7,7	5,0	3,7	6,2	22,7
19	7,0	5,5	4,8	5,0	22,3
20	8,4	5,4	3,8	6,0	23,6

(Lanjutan Tabel I)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	CT (detik)
21	8,7	6,7	5,0	4,7	25,2
22	7,8	5,4	3,4	6,8	23,4
23	9,0	5,3	4,0	6,2	24,5
24	9,3	6,0	4,3	6,2	25,8
25	8,2	6,2	4,7	7,0	26,2
26	8,0	6,7	5,2	4,2	24,2
27	9,0	7,0	3,9	6,6	26,4
28	9,0	6,1	4,0	6,4	25,5
29	7,5	5,6	4,3	4,0	21,5
30	7,5	6,0	6,2	5,7	25,5
Total	235,35	187,59	129,81	159,65	712,40
Rata -Rata	7,85	6,25	4,33	5,32	23,75

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel.I), diperoleh rata – rata waktu edar alat muat sebagai berikut :

1. Waktu alat menggali (T1) = 7,85 detik
2. Waktu *swing* bermuatan (T2) = 6,25 detik
3. Waktu penumpahan material (T3) = 4,33 detik
4. Waktu *swing* kosong (T4) = 5,32 detik
5. Rata – rata waktu edar = $\frac{712,40}{30}$
= 23,75 detik atau 0,40 menit

WAKTU EDAR ALAT ANGKUT

Waktu edar alat angkut terdiri dari waktu mengambil posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu mengambil posisi untuk menumpahkan material, waktu penumpahan material, dan waktu kembali kosong.

$$CT_a = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6$$

Keterangan :

CT_a : Waktu edar alat angkut, (detik)

T1 : Waktu mengambil posisi untuk dimuati, (detik)

T2 : Waktu diisi muatan, (detik)

T3 : Waktu mengangkut material, (detik)

T4 : Waktu mengambil posisi untuk menumpahkan material, (detik)

T5 : Waktu menumpahkan material, (detik)

T6 : Waktu perjalanan dalam keadaan kosong, (detik)

Data perhitungan waktu edar alat angkut terdiri dari 3 jenis alat angkut antara lain OHT CAT 773E, DT LG DW90A, ADT VOL A45G yang beraktivitas pada untuk mengangkut material *ore* dan *waste*. Material *ore* yang diangkut menuju HLP berjarak 2.7 km sedangkan untuk material *waste* diangkut menuju *waste dump* Magazine berjarak 3 km. Data dapat dilihat pada Tabel J.1 hingga Tabel J.6.

1. Material Ore : Pit West Mainridge – HLP

Tabel J.1

Waktu Edar *Off Highway Truck* Caterpillar 773E (*Ore*)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
1	30	136	669	11	30	488	1364
2	24	80	600	30	33	560	1327
3	25	120	614	32	28	444	1263
4	14	163	663	28	25	480	1373
5	11	152	660	43	36	556	1458
6	23	148	615	31	27	501	1345
7	18	133	687	37	34	498	1407
8	65	122	622	40	21	543	1413
9	50	143	680	20	39	677	1609

(Lanjutan Tabel J.1)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
10	28	145	693	40	15	502	1423
11	28	135	648	34	22	571	1438
12	32	156	546	43	35	473	1285
13	50	197	593	48	36	362	1286
14	20	180	538	33	38	565	1374
15	12	132	620	43	29	535	1371
16	30	115	621	32	54	560	1412
17	36	144	639	28	43	555	1445
18	44	150	666	34	23	570	1487
19	15	156	653	29	29	587	1469
20	20	154	633	23	25	573	1428
21	23	133	622	22	22	621	1443
22	21	165	652	54	41	494	1427
23	42	163	690	63	50	575	1583
24	46	175	660	25	48	592	1546
25	40	155	632	20	38	539	1424
26	31	144	655	43	26	540	1439
27	41	149	684	27	47	465	1413
28	37	156	560	20	30	464	1267
29	26	160	577	17	28	465	1273
30	30	137	604	20	24	472	1287
Total	912	4398	18996	970	976	15827	42079
Rata - Rata	30	147	633	32	33	528	1403

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel J.1), nilai rata-rata waktu edar OHT CAT 773E sebagai berikut :

1. Waktu *Manuver* (T1) : 30 detik
2. Waktu Diisi Muatan (T2) : 147 detik
3. Waktu Mengangkut Material (T3) : 633 detik
4. Waktu *Manuver* (T4) : 32 detik
5. Waktu *Dumping* (T5) : 33 detik
6. Waktu kembali Kosong (T6) : 101 detik
7. Rata – rata waktu Edar : 1403 detik = 23,38 menit

Tabel J.2
Waktu Edar *Dump Truck* Liugong DW90A (*Ore*)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
1	32	135	734	26	31	634	1592
2	40	119	825	41	35	715	1775
3	38	126	746	35	42	601	1588
4	26	147	739	27	40	615	1594
5	31	130	800	32	45	623	1661
6	37	142	809	36	39	720	1783
7	22	127	742	48	34	713	1686
8	29	119	739	42	44	710	1683
9	41	145	735	29	25	722	1697

(Lanjutan Tabel J.2)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
10	36	132	821	25	24	688	1726
11	54	129	727	46	29	741	1726
12	36	119	750	38	28	724	1695
13	46	105	847	28	37	678	1741
14	43	111	750	33	26	695	1658
15	23	130	776	39	31	655	1654
16	50	159	803	22	42	643	1719
17	31	113	763	28	31	750	1716
18	45	141	831	25	35	670	1747
19	39	84	791	28	41	731	1714
20	30	96	831	27	36	688	1708
21	28	108	801	32	37	643	1649
22	48	135	815	43	45	732	1818
23	35	187	836	36	48	678	1895
24	37	241	841	31	31	719	1900
25	59	140	856	28	26	722	1831
26	41	168	749	45	34	624	1661
27	35	179	736	49	32	700	1962
28	49	87	800	47	38	622	1643
29	37	154	766	30	41	644	1839
30	40	122	793	31	46	638	1670
Total	1138	4030	23552	1027	1073	20438	51731
Rata - Rata	37	134	785	34	35	681	1708

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel J.2), nilai rata-rata waktu edar DT LG DW90A sebagai berikut :

1. Waktu *Manuver* (T1) : 37 detik
2. Waktu diisi muatan (T2) : 134 detik
3. Waktu mengangkat material (T3) : 785 detik
4. Waktu *Manuver* (T4) : 34 detik
5. Waktu *Dumping* (T5) : 35 detik
6. Waktu kembali kosong (T6) : 681 detik
7. Rata – rata waktu edar : 1708 detik = 28,48 menit

2. Material Waste: Pit West Mainridge – Waste dump Magazine

Tabel J.3

Waktu Edar *Off Highway Truck Caterpillar 773E (Waste)*

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
1	27	133	750	18	31	563	1522
2	34	138	744	13	23	578	1530
3	32	144	741	13	28	586	1544
4	29	120	753	10	30	571	1513
5	36	135	739	21	21	558	1510
6	23	123	728	15	23	563	1475

(Lanjutan Tabel J.3)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
7	20	136	697	18	29	553	1453
8	29	140	722	23	25	560	1499
9	21	128	727	20	22	549	1467
10	37	131	720	17	19	537	1461
11	36	125	719	14	25	542	1461
12	42	143	723	19	21	534	1482
13	31	120	735	24	38	554	1502
14	41	145	738	14	26	540	1504
15	27	122	745	13	27	549	1483
16	24	136	733	17	20	558	1488
17	26	127	739	14	28	561	1495
18	30	116	704	10	24	528	1412
19	21	131	700	12	30	539	1433
20	34	126	712	15	33	533	1453
21	30	135	686	24	28	558	1461
22	28	128	719	21	25	560	1481
23	15	144	731	16	30	546	1482
24	34	110	680	14	27	542	1407
25	21	121	701	12	24	537	1416
26	46	122	703	12	21	546	1450
27	38	125	675	10	29	543	1420
28	34	154	717	15	15	522	1457
29	55	120	711	18	22	527	1453
30	32	125	723	21	35	538	1474
Total	933	3903	21615	483	779	16475	44188
Rata - Rata	31	130	721	16	26	549	1473

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel J.3), nilai rata-rata waktu edar OHT CAT 773E sebagai berikut :

1. Waktu *Manuver* (T1) : 31 detik
2. Waktu diisi muatan (T2) : 130 detik
3. Waktu mengangkut material (T3) : 721 detik
4. Waktu *Manuver* (T4) : 16 detik
5. Waktu *Dumping* (T5) : 26 detik
6. Waktu kembali kosong (T6) : 549 detik
7. Rata – rata waktu edar : 1473 detik = 24,55 menit

Tabel J.4
Waktu Edar *Dump Truck* Liugong DW90A (*Waste*)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
1	30	90	900	42	30	835	1927
2	31	103	867	37	29	821	1888
3	72	96	935	50	34	844	2031
4	54	93	915	58	28	816	1964
5	33	108	902	38	22	810	1913
6	72	106	878	43	29	820	1948

(Lanjutan Tabel J.4)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
7	26	100	932	30	18	844	1950
8	60	140	916	40	26	829	2011
9	30	90	925	20	20	850	1935
10	45	80	899	28	18	813	1883
11	39	106	815	44	30	800	1834
12	30	96	867	23	44	778	1838
13	27	120	848	38	37	824	1894
14	51	124	915	27	26	792	1935
15	47	117	894	31	31	788	1908
16	51	124	866	20	26	829	1916
17	47	117	900	41	31	831	1967
18	29	92	900	36	28	820	1905
19	34	111	923	44	14	789	1915
20	22	96	913	29	25	813	1898
21	41	107	905	20	22	799	1894
22	27	102	928	36	19	762	1874
23	36	85	896	24	28	813	1882
24	42	109	934	39	13	821	1958
25	26	116	918	41	25	826	1952
26	30	100	927	34	30	786	1907
27	25	119	879	26	21	831	1901
28	21	97	921	14	16	815	1884
29	33	122	944	22	29	801	1951
30	28	87	942	30	20	809	1916
Total	1139	3153	27104	1005	769	24409	57579
Rata - Rata	38	105	903	34	26	814	1919

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel J.4), nilai rata-rata waktu edar DT LG DW90A sebagai berikut :

1. Waktu *Manuver* (T1) : 38 detik
2. Waktu diisi muatan (T2) : 105 detik
3. Waktu mengangkut material (T3) : 903 detik
4. Waktu *Manuver* (T4) : 34 detik
5. Waktu *Dumping* (T5) : 26 detik
6. Waktu kembali kosong (T6) : 814 detik
7. Rata – rata waktu edar : 1919 detik = 32 menit

Tabel J.5
Waktu Edar *Articulated Dump Truck* Volvo A45G (*Waste*)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
1	27	128	881	14	23	685	1758
2	23	122	913	19	21	663	1761
3	18	120	865	22	18	651	1694
4	21	129	908	10	18	636	1722

(Lanjutan Tabel J.5)

No	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	CT (detik)
5	24	126	878	14	22	700	1764
6	33	121	843	11	27	669	1704
7	22	139	752	18	31	678	1640
8	17	127	867	13	22	635	1681
9	26	124	915	13	20	720	1818
10	29	130	841	10	34	687	1731
11	31	122	828	19	27	684	1711
12	22	138	902	11	23	718	1814
13	38	146	823	14	30	679	1730
14	34	127	986	10	16	670	1843
15	25	123	930	12	33	629	1752
16	38	120	853	12	31	648	1702
17	24	136	930	16	26	629	1761
18	38	143	883	20	17	614	1715
19	21	122	835	17	22	703	1720
20	19	143	887	21	25	644	1739
21	37	123	767	14	21	638	1600
22	29	114	865	17	15	673	1713
23	36	132	913	19	19	688	1807
24	21	120	904	14	26	714	1799
25	32	126	926	13	21	630	1748
26	34	115	879	26	20	652	1726
27	27	128	921	21	20	693	1810
28	20	112	914	17	18	720	1801
29	31	104	923	20	14	693	1785
30	39	122	848	24	26	633	1692
Total	836	3782	26380	481	686	20076	52241
Rata - Rata	28	126	879	16	22	669	1741

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel J.5), nilai rata-rata waktu edar alat angkut ADT VOL A45G sebagai berikut :

1. Waktu *Manuver* (T1) : 28 detik
2. Waktu diisi muatan (T2) : 126 detik
3. Waktu mengangkut material (T3) : 879 detik
4. Waktu *Manuver* (T4) : 16 detik
5. Waktu *Dumping* (T5) : 22 detik
6. Waktu kembali kosong (T6) : 669 detik
7. Rata – rata waktu edar : 1741 detik = 29,02 menit

LAMPIRAN K

**PERHITUNGAN EFEKTIVITAS ALAT MENGGUNAKAN
METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)**

Metode *overall equipment effectiveness* (OEE) adalah sebuah *matric* untuk mengetahui tingkat efektivitas peralatan mekanis yang berpengaruh terhadap kemampuan produksi. Metode OEE diukur berdasarkan pengaruh 3 parameter utama antara lain, *availability factor*, *performance factor* dan *quality factor*.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

K.1. Faktor Ketersediaan (*Availability Factor*)

Faktor ketersediaan diperoleh dari hasil perbandingan antara *actual available time* dengan *total time*. *Actual available time* diperoleh dari hasil pengurangan *total time*, dengan waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *availability factor*.

$$AF = \frac{Total\ Time - Losses}{Total\ Time}$$

Keterangan :

AF : *Availability Factor*, (menit)

Total Time : Total waktu tersedia dalam 1 hari = 24 jam = 1440 menit

Losses : Waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *availability factor*, (menit). Hambatan dapat dilihat pada Tabel K.1 hingga K.4.

K.1.1. Data Kehilangan Waktu Kerja

Tabel K.1
Hambatan Kerja Excavator Volvo 950E

No	<i>Set Up and Adjusment</i> (menit)				<i>Downtime</i> (menit)
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
1	0	0	21	4	0
2	50	0	23	10	129
3	11	0	7	7	90
4	5	0	33	18	0
5	0	0	24	14	350

(Lanjutan Tabel K.1)

No	<i>Set Up and Adjustment (menit)</i>				<i>Downtime (menit)</i>
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
6	6	0	22	4	0
7	8	0	5	12	0
8	7	0	9	10	170
9	0	0	15	6	145
10	5	0	29	14	120
11	0	0	20	18	0
12	4	0	18	7	280
13	3	0	20	7	0
14	5	0	23	19	210
15	7	0	7	7	0
16	0	0	30	12	240
17	3	0	25	4	0
18	10	0	30	0	133
19	10	0	29	3	212
20	5	0	23	7	35
21	6	0	20	18	245
22	7	0	9	5	210
23	3	0	15	12	198
24	5	0	19	18	60
25	5	0	23	11	350
26	5	0	22	7	210
27	5	0	18	20	287
28	5	0	7	12	0
Total	181	0	546	286	3674
Rata - Rata	6	0	20	10	131
Modus dibawah rata - rata	3	0	7	4	131

Tabel K.2
Hambatan Kerja OHT CAT 773E

No	<i>Set Up and Adjustment (menit)</i>				<i>Downtime (menit)</i>
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
1	5	11	29	16	23
2	5	4	38	15	0
3	5	0	44	18	113
4	5	6	30	10	0
5	6	5	35	20	0
6	9	0	45	25	139
7	6	5	12	24	91
8	5	0	28	20	0
9	6	5	41	18	144
10	5	0	35	7	132
11	6	0	37	25	126
12	7	5	30	28	100
13	6	5	7	20	166
14	5	0	25	25	0
15	5	6	32	12	0
16	6	0	12	22	212
17	6	5	37	17	237
18	7	5	30	7	0
19	5	0	13	13	0
20	5	0	29	22	0
21	5	5	48	20	121
22	6	0	38	17	0
23	5	6	28	29	295
24	5	0	12	8	115

(Lanjutan Tabel K.2)

No	<i>Set Up and Adjustment (menit)</i>				<i>Downtime (menit)</i>
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
25	6	6	34	11	75
26	5	0	27	6	0
27	5	0	18	17	0
28	5	5	13	9	0
Total	158	85	806	481	2089
Rata - Rata	6	3	29	17	75
Modus dibawah rata - rata	3	0	12	7	75

Tabel K.3
Hambatan Kerja ADT Volvo A45G

No	<i>Set Up and Adjustment (menit)</i>				<i>Downtime (menit)</i>
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
1	6	0	51	21	124
2	6	0	38	13	60
3	6	7	14	15	444
4	7	7	18	21	215
5	8	0	15	20	410
6	8	7	37	20	0
7	13	0	14	17	0
8	6	31	21	18	272
9	6	5	10	20	0
10	5	0	18	15	0
11	7	0	37	22	0
12	6	0	18	28	0
13	7	0	30	12	235
14	5	7	11	17	0
15	5	9	38	21	0
16	7	6	20	22	24
17	5	5	18	20	202
18	5	6	21	28	173
19	6	5	25	19	277
20	5	19	21	13	244
21	5	0	34	20	0
22	6	0	86	23	0
23	9	6	22	14	0
24	8	0	10	23	121
25	5	0	23	27	0
26	5	0	98	11	0
27	5	0	14	19	0
28	6	0	66	26	232
Total	177	120	828	543	3032
Rata - Rata	6	4	30	19	108
Modus dibawah rata - rata	5	0	18	13	108

Tabel K.4
Hambatan Kerja DT Liugong DW90A

No	<i>Set Up and Adjustment (menit)</i>				<i>Downtime (menit)</i>
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
1	5	7	55	19	0
2	6	7	30	15	183

(Lanjutan Tabel K.4)

No	Set Up and Adjustment (menit)				Downtime (menit)
	P2H	Pengisian Bahan Bakar	Terlambat Bekerja	Pulang Lebih Awal	Kerusakaan Alat
3	9	6	15	18	0
4	6	5	25	23	100
5	7	6	23	28	0
6	5	6	21	20	123
7	5	9	12	12	109
8	6	6	30	19	83
9	6	5	39	17	193
10	5	5	18	19	0
11	6	5	38	19	97
12	5	5	42	21	189
13	5	5	41	19	0
14	9	5	28	17	0
15	5	6	34	19	284
16	5	7	31	20	127
17	5	5	28	18	0
18	5	5	61	12	222
19	5	5	21	23	339
20	8	5	39	18	0
21	5	5	62	18	274
22	5	5	35	20	160
23	5	6	20	8	113
24	6	5	20	15	0
25	4	5	20	8	88
26	5	6	12	8	0
27	7	0	0	0	96
28	4	0	0	0	33
Total	159	146	797	451	2813
Rata - Rata	6	5	28	16	100
Modus dibawah rata - rata	3	3	12	8	100

K.1.2. Perhitungan Availability Factor

1. Excavator VOLVO 950E

$$\text{Total Time} = 1440 \text{ menit}$$

$$\text{Losses} = 6,45 + 0 + 19,50 + 10,21 + 131,20 = 167,37 \text{ menit}$$

$$\text{Actual Available Time} = 1440 - 167,37 = 1273 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Factor} = \frac{1273 \text{ menit}}{1440 \text{ menit}} \times 100\% = 88,38 \%$$

2. OHT CAT 773E

$$\text{Total Time} = 1440 \text{ menit}$$

$$\text{Losses} = 5,63 + 3,03 + 28,78 + 17,19 + 74,61 = 129,23 \text{ menit}$$

$$\text{Actual Available Time} = 1440 - 129,23 = 1311 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Factor} = \frac{1311 \text{ menit}}{1440 \text{ menit}} \times 100\% = 91,03 \%$$

3. ADT VOLVO A45G

$$\begin{aligned} \text{Total Time} &= 1440 \text{ menit} \\ \text{Losses} &= 6,32 + 4,28 + 29,55 + 19,40 + 108,30 = 167,85 \text{ menit} \\ \text{Actual Available Time} &= 1440 - 167,85 = 1272 \text{ menit} \\ \text{Availability Factor} &= \frac{1272 \text{ menit}}{1440 \text{ menit}} \times 100\% = 88,34 \% \end{aligned}$$

4. DT LG DW90A

$$\begin{aligned} \text{Total Time} &= 1440 \text{ menit} \\ \text{Losses} &= 5,67 + 5,22 + 28,46 + 16,09 + 100 = 155,89 \text{ menit} \\ \text{Actual Available Time} &= 1440 - 155,89 = 1284 \text{ menit} \\ \text{Availability Factor} &= \frac{1284 \text{ m}}{1440 \text{ m}} \times 100\% = 89,17 \% \end{aligned}$$

K.2. Perhitungan *Performance Factor*

Faktor kinerja alat diperoleh dari hasil perbandingan antara selisih nilai *operation time* dan *speed loss* terhadap *total operation time*. Nilai *operation time* diperoleh dari hasil pengurangan nilai *actual available time* dengan waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *performance factor*. *Speed loss* diperoleh dari waktu edar dikali dengan jumlah ritase produksi alat muat dan alat angkut.

$$PF = \frac{(\text{Actual Available Time} - \text{Losses}) - \text{Speed Loss}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

$$\text{Speed Loss} = CT \times \text{Ritase Produksi}$$

Keterangan :

PF : *Performance Factor*, (%)

Actual Available Time : Waktu tersedia alat yang diperoleh dari perhitungan faktor ketersediaan, (menit)

Speed Loss : Waktu kerugian kecepatan, (menit)

CT : Waktu edar (*cycle time*), (menit)

Ritase Produksi : Kemampuan alat dalam bekerja yang dihitung berdasarkan total ritase produksi dalam 1 jam.

Losses : Waktu hambatan kerja yang mempengaruhi *performance factor*, (menit). *Performance faktor* dipengaruhi oleh kerugian *minor stoppage* dan *idle time*. Data hambatan kerja dapat dilihat pada Tabel K.5 hingga K.8.

K.2.1. Data Kehilangan Waktu Kerja

Tabel K.5
Hambatan Kerja Excavator Volvo 950E

No	<i>Minor Stoppage (menit)</i>				<i>Idle Time (menit)</i>	
	Berhenti Sebelum Istirahat	Terlambat Setelah Istirahat	Toilet	Hambatan Operasional	Istirahat	Cuaca & Sliperry
1	3	0	6	0	120	50
2	5	0	0	12	120	0
3	11	6	4	25	120	44
4	7	0	9	5	120	25
5	8	0	7	18	120	128
6	10	0	0	16	120	0
7	7	7	4	19	120	0
8	4	5	0	0	120	119
9	9	0	35	0	120	0
10	12	0	2	18	120	12
11	8	6	0	7	120	0
12	5	0	4	0	120	60
13	5	3	4	22	120	0
14	10	0	9	14	120	147
15	9	0	0	18	120	0
16	4	8	8	11	120	145
17	17	0	4	0	120	0
18	9	7	4	13	120	0
19	10	9	0	16	120	23
20	11	0	9	0	120	0
21	4	5	0	11	120	200
22	3	0	8	16	120	0
23	5	0	6	21	120	0
24	19	7	0	14	120	126
25	0	0	10	5	120	0
26	0	6	0	10	120	20
27	5	0	0	13	120	0
28	6	2	3	17	120	22
Total	206	71	136	321	3560	1121
Rata - Rata	7	3	5	11	120	40
Modus dibawah Rata - rata	5	0	3	0	120	40

Tabel K.6
Hambatan Kerja OHT CAT 773E

No	<i>Minor Stoppage (m)</i>					<i>Idle Time(m)</i>	
	Berhenti Sebelum Istirahat	Terlambat Setelah Istirahat	Toilet	Sholat	Hambatan Operasional	Istirahat	Cuaca & Sliperry
1	11	8	6	13	15	120	19
2	16	5	17	20	16	120	11
3	22	7	18	22	18	120	37
4	15	6	28	17	19	120	0
5	10	9	23	21	13	120	0
6	23	5	23	20	10	120	0
7	15	7	9	20	11	120	40
8	9	5	28	25	0	120	42
9	20	8	27	38	15	120	13
10	23	3	19	12	22	120	0
11	16	6	26	15	18	120	50
12	10	7	28	16	16	120	0

(Lanjutan Tabel K.6)

No	<i>Minor Stoppage</i> (menit)					<i>Idle Time</i> (menit)	
	Berhenti Sebelum Istirahat	Terlambat Setelah Istirahat	Toilet	Sholat	Hambatan Operasional	Istirahat	Cuaca & Sliperry
13	17	3	27	19	16	120	0
14	21	5	14	15	10	120	51
15	18	3	9	11	16	120	70
16	9	8	28	26	18	120	0
17	17	9	22	8	0	120	60
18	19	7	24	29	13	120	0
19	20	9	25	9	0	120	70
20	21	6	9	7	0	120	45
21	17	5	9	15	18	120	61
22	9	3	27	12	19	120	0
23	7	0	21	10	20	120	0
24	12	6	27	27	16	120	0
25	23	9	15	29	16	120	0
26	16	7	27	31	14	120	28
27	8	8	9	26	0	120	13
28	10	6	9	10	19	120	0
Total	434	170	552	522	369	3360	610
Rata - Rata	16	6	20	19	13	120	22
Modus < Rata - rata	9	5	5	19	0	120	22

Tabel K.7
Hambatan Kerja DT LG DW90A

No	<i>Minor Stoppage</i> (menit)					<i>Idle Time</i> (menit)	
	Berhenti Sebelum Istirahat	Terlambat Setelah Istirahat	Toilet	Sholat	Hambatan Operasional	Istirahat	Cuaca & Sliperry
1	10	19	29	12	16	120	32
2	15	15	25	15	14	120	29
3	20	18	14	16	20	120	53
4	11	23	19	28	21	120	0
5	0	28	18	15	22	120	0
6	30	20	14	11	22	120	0
7	12	12	16	26	17	120	26
8	8	19	11	8	17	120	0
9	10	17	24	29	18	120	0
10	21	19	22	9	0	120	0
11	2	19	14	7	18	120	0
12	14	21	33	15	19	120	0
13	18	19	24	12	0	120	0
14	0	17	24	10	20	120	0
15	10	19	22	27	18	120	0
16	16	20	11	29	15	120	0
17	13	18	18	31	18	120	0
18	17	12	17	26	15	120	0
19	16	23	28	10	0	120	0
20	10	18	14	13	18	120	21
21	0	18	23	20	19	120	0
22	12	20	11	22	0	120	0
23	15	8	20	17	20	120	0
24	14	15	27	21	20	120	0
25	16	8	26	32	15	120	0
26	8	8	20	20	22	120	0
27	0	0	25	25	16	120	0
28	0	0	18	38	15	120	0
Total	318	451	565	543	433	3360	161
Rata - Rata	11	16	20	19	15	120	18
Modus < Rata - rata	10	4	5	19	0	120	18

Tabel K.8
Hambatan Kerja ADT VOL A45G

No	Minor Stoppage (menit)					Idle Time (menit)	
	Berhenti Sebelum Istirahat	Terlambat Setelah Istirahat	Toilet	Sholat	Hambatan Operasional	Istirahat	Cuaca & Sliperry
1	12	3	13	20	20	120	44
2	0	9	11	16	15	120	40
3	10	6	19	15	21	120	47
4	16	9	14	19	21	120	0
5	17	6	12	20	0	120	0
6	13	5	8	19	18	120	0
7	16	7	11	15	14	120	34
8	10	5	31	18	17	120	64
9	0	8	29	17	18	120	0
10	18	3	8	14	14	120	0
11	14	6	14	18	18	120	0
12	2	7	9	17	20	120	0
13	21	3	16	15	22	120	0
14	10	5	9	13	0	120	42
15	8	3	24	17	14	120	0
16	12	8	20	19	21	120	0
17	30	9	17	20	20	120	48
18	0	7	22	14	21	120	0
19	11	9	15	16	14	120	0
20	20	6	19	15	15	120	115
21	15	5	0	19	13	120	24
22	10	3	9	18	12	120	0
23	13	7	15	17	15	120	0
24	8	3	21	13	14	120	0
25	12	5	8	14	0	120	0
26	10	9	16	20	16	120	28
27	14	4	0	13	18	120	23
28	6	2	8	14	20	120	0
Total	328	162	398	465	432	3360	509
Rata - Rata	12	6	14	17	15	120	6
Modus < Rata - rata	10	3	8	17	0	120	6

K.2.2. Perhitungan Performance Factor

1. Excavator Volvo 950E

Actual Available Time = 1273,63 menit

Losses = 7,36 + 2,54 + 4,86 + 11,46 + 120 + 40,03 = 186,24 menit

Cycle Time = 0,40 menit (Lampiran I)

Jumlah Produk = 152 kali curah

Operation Time = 1273 – 186,24 = 1086,39 menit

Performance Factor = $\frac{1086,24 \text{ menit} - (0,40 \text{ menit} \times 152)}{1273,63 \text{ menit}} \times 100\%$ = 94,48 %

2. OHT CAT 773E

Actual Available Time = 1311,77 menit

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= 15,50 + 6,07 + 20 + 18,63 + 13,18 + 120 + 21,79 \\ &= 214,90 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cycle Time = 24,16 menit (Lampiran J)

Jumlah Produk = 3 kali ritase

$$\text{Operation Time} = 1311,77 - 214,90 = 1095,87 \text{ menit}$$

$$\text{Performance Factor} = \frac{1095,87 \text{ menit} - (24,16 \text{ menit} \times 3)}{1311,77 \text{ menit}} \times 100\% = 94,49 \%$$

3. DT LG DW90A

Actual Available Time = 1284,11 menit

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= 11,36 + 16,09 + 20,19 + 19,39 + 15,45 + 120 + 18,17 \\ &= 220,65 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cycle Time = 30,82 menit (Lampiran J)

Jumlah Produk = 2 kali ritase

$$\text{Operation Time} = 1284,11 - 220,65 = 1063,46 \text{ menit}$$

$$\text{Performance Factor} = \frac{1063,46 \text{ menit} - (30,82 \text{ menit} \times 2)}{1284,11 \text{ menit}} \times 100\% = 94,20 \%$$

4. ADT VOLVO A45G

Actual Available Time = 1272,15 menit

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= 11,71 + 5,79 + 14,22 + 16,61 + 15,42 + 120 + 5,73 \\ &= 189,48 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cycle Time = 29,02 menit (Lampiran J)

Jumlah Produk = 2 kali curah

$$\text{Operation Time} = 1272,15 - 189,48 = 1082,66 \text{ menit}$$

$$\text{Performance Factor} = \frac{1082,66 \text{ menit} - (29,02 \text{ menit} \times 2)}{1272,15 \text{ menit}} \times 100\% = 94,64 \%$$

K.3. Faktor Kualitas (*Quality Factor*)

Faktor kualitas alat diperoleh dari hasil perbandingan waktu yang diperlukan untuk menghasilkan produk bersih dengan waktu kerja efektif (*operation time*). Produk bersih ditentukan berdasarkan nilai BFF yang $\geq 100\%$,

sedangkan produk cacat atau kotor ditentukan berdasarkan nilai BFF < 100%. Pengamatan BFF dapat dilihat pada Lampiran E.

$$QF = \frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

$$NOT = \text{Operation time} - \text{Defect Production time}$$

Keterangan :

QF : *Quality Factor*, (%)

NOT : *Net Operation Time* merupakan waktu alat untuk menghasilkan produk bersih, (menit)

DPT : *Defect Production Time* merupakan waktu alat menghasilkan produk cacat, (menit)

$$= \text{Produk Cacat} \times \text{CT} \times 24 \text{ Jam}$$

CT : Waktu edar rata – rata, (menit)

Produk Cacat : Kemampuan alat menghasilkan produk cacat yang dihitung berdasarkan total ritase dalam 1 jam dikali dengan persentase produk cacat.

K.3.1. Perhitungan *Quality Factor*

1. Excavator VOLVO 950E

Operation Time = 1086,39 menit

Cycle Time = 0,40 menit (Lampiran I)

Jumlah Produk = 152 kali curah/jam

Production input = 100 kali curah

Good quality (BFF ≥100%) = 85 kali curah (Lampiran E)

Defect quality = (100 – 85) x 100% = 15%

Jumlah produk cacat = 152 x 15% = 22,74 curah/jam

DPT = Jumlah produk cacat x CT x 24 jam

$$= 22,74 \times 0,40 \times 24 \text{ jam} = 216 \text{ menit/hari}$$

NOT = 1086,39 – 216 = 870,39 menit/hari

Quality Factor = $\frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$

$$= \frac{870,39 \text{ menit/hari}}{1086,39 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 80,12 \%$$

2. OHT CAT 773E

<i>Operation Time</i>	= 1095,87 menit	
<i>Cycle Time</i>	= 24,16 menit (Lampiran J)	
Jumlah Produk	= 3 kali ritase/jam	
<i>Production input</i>	= 100 kali curah	
<i>Good quality</i> (BFF $\geq 100\%$)	= 85 kali curah (Lampiran E)	
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100%	= 15%
Jumlah produk cacat	= 3 x 15%	= 0,38 ritase/jam
DPT	= Jumlah produk cacat x CT x 24 jam	
	= 0,38 x 24,16 x 24 jam	= 217,43 menit/hari
NOT	= 1095,87 – 217,43	= 878,44 menit/hari
<i>Quality Factor</i>	= $\frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$	
	= $\frac{878,44 \text{ menit/hari}}{1095,87 \text{ menit/hari}} \times 100\%$	= 80,16 %

3. DT Liugong DW90A

<i>Operation Time</i>	= 1063,46 menit	
<i>Cycle Time</i>	= 30,82 menit (Lampiran J)	
Jumlah Produk	= 2 kali ritase/jam	
<i>Production input</i>	= 100 kali curah	
<i>Good quality</i> (BFF $\geq 100\%$)	= 85 kali curah (Lampiran E)	
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100%	= 15%
Jumlah produk cacat	= 2 x 15%	= 0,30 ritase/jam
DPT	= Jumlah produk cacat x CT x 24 jam	
	= 0,30 x 30,82 x 24 jam	= 221,89 menit/hari
NOT	= 1063,46 – 221,89	= 841,57 menit/hari
<i>Quality Factor</i>	= $\frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$	
	= $\frac{841,57 \text{ menit/hari}}{1063,46 \text{ menit/hari}} \times 100\%$	= 79,14 %

4. ADT VOLVO A45G

<i>Operation Time</i>	= 1082,66 menit	
<i>Cycle Time</i>	= 29,02 menit (Lampiran H)	
Jumlah Produk	= 2 kali ritase	

<i>Production input</i>	= 100 kali curah	
<i>Good quality</i> (BFF $\geq 100\%$)	= 85 kali curah (Lampiran E)	
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100%	= 15%
Jumlah produk cacat	= 2 x 15%	= 0,30 ritase/jam
DPT	= Jumlah produk cacat x CT x 24 jam	
	= 22,74 x 0,40 x 24 jam	= 208,96 menit /hari
NOT	= 1082,66 – 208,96	= 873,70 menit/hari
<i>Quality Factor</i>	= $\frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$	
	= $\frac{873,70 \text{ menit/hari}}{1082,66 \text{ menit/hari}} \times 100\%$	= 80,70 %

K.4. Nilai OEE

Nilai OEE	= <i>Availability x Performance x Quality</i>	
Excavator VOL 950E	= 88,38% x 94,48% x 80,12%	= 66,90%
OHT CAT 773E	= 91,03% x 94,49% x 80,16%	= 68,94%
DT LG DW90A	= 89,17% x 94,20% x 79,14%	= 66,48%
ADT VOL A45G	= 88,34% x 94,64% x 80,70%	= 67,47%

LAMPIRAN L

PERHITUNGAN SIX BIG LOSSES

Six big losses merupakan klasifikasi hambatan kerja yang terdiri atas *downtime losses, setup and adjustment, idling and minor stoppage, reduce speed losses, defect in process, dan reduced yield losses*. Data *six big losses* secara kumulatif dapat dilihat pada Tabel L.

L.1. Downtime Losses

Kerugian kerusakan dapat diketahui persentase kerugiannya menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Downtime Losses} = \frac{\text{Total downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Total downtime = Rata – rata waktu kerusakan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = Actual Available Time = 1273 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 131,20 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{131,20 \text{ menit/hari}}{1273 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 10,31 \%$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = Actual Available Time = 1311 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 74,61 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{74,61 \text{ menit/hari}}{1311 \text{ menit/hari}} \times 100 = 5,69\%$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 100,45 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{100,45 \text{ menit/hari}}{1284 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 7,82\%$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = *Actual Available Time* = 1272 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 108 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{108 \text{ menit/hari}}{1272 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 8,51\%$$

L.2. Setup and Adjustment Losses

Kerugian ini disebabkan oleh beberapa jenis hambatan kerja antara lain P2H, pengisian bahan bakar, terlambat bekerja, dan pulang lebih awal. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{Total setup and adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Total setup and adjustment = Total waktu hambatan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = *Actual Available Time* = 1273 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 6,45 menit

Pengisian bahan bakar = 0

Terlambat bekerja = 19,50 menit

Pulang lebih awal = 10,21 menit

Total = 6,45 + 0 + 19,50 + 10,21 = 36,16 menit

$$\text{Total Losses} = \frac{36,16 \text{ menit/hari}}{1273 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 2,84 \%$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = *Actual Available Time* = 1311 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 5,63 menit

Pengisian bahan bakar = 3,03 menit

Terlambat bekerja = 28,78 menit

Pulang lebih awal = 17,19 menit

Total = 5,63 + 3,03 + 28,78 + 17,19 = 54,63 menit

$$\text{Total Losses} = \frac{54,63 \text{ menit/hari}}{1311 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 4,17\%$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 5,67 menit

Pengisian bahan bakar = 5,22 menit

Terlambat bekerja = 28,46 menit

Pulang lebih awal = 16,09 menit

Total = 5,67 + 5,22 + 28,46 + 16,09 = 55,45 menit

Total Losses = $\frac{55,45 \text{ menit/hari}}{1284 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 4,32%

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = Actual Available Time = 1272 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 6,32 menit

Pengisian bahan bakar = 4,28 menit

Terlambat bekerja = 29,55 menit

Pulang lebih awal = 19,40 menit

Total = 6,32 + 4,28 + 29,55 + 19,40 = 59,55menit

Total Losses = $\frac{59,55 \text{ menit/hari}}{1272 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 4,68%

L.3. *Idling & Minor Stoppage*

Kerugian ini disebabkan oleh beberapa jenis hambatan kerja antara lain istirahat, cuaca & *sliperry*, berhenti bekerja sebelum istirahat, terlambat bekerja setelah istirahat, keperluan operator dan hambatan operasional. Persentase kerugian diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Idling \& Minor Stoppage} = \frac{\text{Nonproductive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Nonproductive time = Total waktu hambatan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = Actual Available Time = 1273 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120 menit
 - Cuaca & sliperry = 40,03 menit
 - Berhenti bekerja sebelum istirahat = 7,36 menit
 - Terlambat bekerja setelah istirahat = 2,54 menit
 - Toilet = 4,86 menit
 - Hambatan operasional = 11,46 menit
- Jumlah = 120 + 40,03 + 7,36 + 2,54 + 4,86 + 11,46
= 186,24 menit
- Total Losses* = $\frac{186,24 \text{ menit/hari}}{1273 \text{ menit/hari}} \times 100\%$
= 14,63 %

2. OHT CAT 773E

Loading Time = Actual Available Time = 1311 menit/hari (Lampiran K)
Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120 menit
 - Cuaca & sliperry = 21,79 menit
 - Berhenti bekerja sebelum istirahat = 15,50 menit
 - Terlambat bekerja setelah istirahat = 6,07 menit
 - Toilet = 19,72 menit
 - Sholat = 18,63 menit
 - Hambatan operasional = 13,18 menit
- Jumlah = 120 + 21,79 + 15,50 + 6,07 + 19,72 + 18,63 + 13,18
= 214,90 menit
- Total Losses* = $\frac{214,90 \text{ menit/hari}}{1311 \text{ menit/hari}} \times 100\%$
= 16,40 %

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)
Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120 menit
- Cuaca & sliperry = 18,17 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 11,71 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 5,79 menit

- Toilet = 14,22 menit
- Sholat = 16,61 menit
- Hambatan operasional = 15,42 menit

Jumlah = 120 + 18,17 + 11,71 + 5,79 + 14,22 + 16,61 + 15,42
= 201,92 menit

$$Total\ Losses = \frac{201,92\ menit/hari}{1284\ menit/hari} \times 100\%$$

$$= 15,72\ \%$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = Actual Available Time = 1272 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120 menit
- Cuaca & sliperry = 5,73 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 11,36 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 16,09 menit
- Toilet = 20,19 menit
- Sholat = 19,39 menit
- Hambatan operasional = 15,45 menit

Jumlah = 120 + 5,73 + 11,36 + 16,09 + 20,19 + 19,39 + 15,45
= 208,21 menit

$$Total\ Losses = \frac{208,21\ menit/hari}{1272\ menit/hari} \times 100\%$$

$$= 16,37\ \%$$

L.4. Reduce Speed Losses

Kerugian ini dipengaruhi oleh waktu edar aktual alat mekanis lebih besar dari waktu edar yang direncanakan. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$Reduce\ Speed\ Losses = \frac{CT \times total\ product\ process}{Loading\ time} \times 100\%$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

Total product process = Jumlah ritase produksi dalam 1 jam

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = 1273 menit/hari (Lampiran K)

CT = 0,40 menit (Lampiran J)

Total produk = 152 kali curah/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{152 \times 0,40 \text{ menit}}{1273 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,71 \% \end{aligned}$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = 1311 menit/hari (Lampiran K)

CT = 24,16 menit (Lampiran I)

Total produk = 3 kali ritase/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{3 \times 24,16 \text{ menit}}{1311 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,61 \% \end{aligned}$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)

CT = 30,82 menit (Lampiran J)

Total produk = 2 kali ritase jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{2 \times 30,82 \text{ menit}}{1284 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,80 \% \end{aligned}$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = 1272 menit/hari (Lampiran K)

CT = 29,02 menit (Lampiran J)

Total produk = 2 kali ritase/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{2 \times 29,02 \text{ menit}}{1272 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,56\% \end{aligned}$$

L.5. Defect in Process

Kerugian ini disebabkan oleh produk yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$\text{Defect in Process} = \frac{CT \times \text{rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (menit)

Rework = Total produk cacat
Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = 1273 menit/hari (Lampiran K)
 CT = 0,40 menit (Lampiran I)
 Total produk = 152 kali curah/jam
Production input = 100 kali curah
Good quality (BFF \geq 100%) = 85 kali curah (Lampiran E)
Defect quality = $(100 - 85) \times 100\%$ = 15%
 Jumlah produk cacat = $152 \times 15\%$ = 22,80 curah/jam
Total Losses = $\frac{22,80 \times 0,40 \text{ menit}}{1273 \text{ menit}} \times 100\%$
 = 0,71 %

2. OHT CAT 773E

Loading Time = 1311 menit/hari (Lampiran K)
 CT = 24,16 menit (Lampiran J)
 Total produk = 3 kali ritase/jam
Production input = 100 kali curah
Good quality (BFF \geq 100%) = 85 kali curah (Lampiran E)
Defect quality = $(100 - 85) \times 100\%$ = 15%
 Jumlah produk cacat = $3 \times 15\%$ = 0,38 curah/jam
Total Losses = $\frac{0,38 \times 24,16 \text{ menit}}{1311 \text{ menit}} \times 100\%$
 = 0,69 %

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)
 CT = 30,82 menit (Lampiran J)
 Total produk = 2 kali ritase/jam
Production input = 100 kali curah
Good quality (BFF \geq 100%) = 85 kali curah (Lampiran E)
Defect quality = $(100 - 85) \times 100\%$ = 15%
 Jumlah produk cacat = $2 \times 15\%$ = 0,30 curah/jam
Total Losses = $\frac{0,30 \times 30,82 \text{ menit}}{1284 \text{ menit}} \times 100\%$ = 0,72 %

4. ADT Volvo A45G

<i>Loading Time</i>	=1272 menit/hari (Lampiran K)
CT	= 29,02 menit (Lampiran J)
Total produk	= 2 kali ritase/jam
<i>Production input</i>	= 100 kali curah
<i>Good quality</i> (BFF \geq 100%)	= 85 kali curah (Lampiran E)
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100% = 15%
Jumlah produk cacat	= 2 x 15% = 0,30 curah/jam
<i>Total Losses</i>	= $\frac{0,30 \times 29,02 \text{ menit}}{1272 \text{ menit}} \times 100\%$ = 0,68%

L.6. Reduce Yield Losses

Kerugian ini disebabkan oleh produk yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$\text{Reduce Yield Losses} = \frac{CT \times \text{reduced}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Keterangan :

CT	= Waktu edar alat mekanis, (menit)
<i>Reduced</i>	= Jumlah material tidak terpakai (ton)
<i>Loading time</i>	= Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

<i>Loading Time</i>	=1273 menit/hari (Lampiran K)
CT	= 0,40 menit (Lampiran I)
Total produk	= 152 kali curah/jam
Jumlah produk cacat	= 23 curah/jam
Kapasitas Alat	= 5,6 m ³ (Lampiran B) = 5,6 m ³ x 1,82 ton/m ³ x 0,83 = 8 ton
Rata – Rata Muatan	= 7,20 ton
Material yang Tidak Terpakai	= 8 ton – 7,20 ton = 0,80 ton

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

$$= 23 \text{ curah/jam} \times 0,8 \text{ ton}$$

$$= 18,24 \text{ ton}$$

$$\text{Total Losses} = \frac{18,24 \text{ ton} \times 0,40 \text{ menit}}{1273 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 0,57 \%$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = 1311 menit/hari (Lampiran K)

CT = 24,16 menit (Lampiran J)

Total Produk = 3 kali ritase/jam

Jumlah Produk cacat = 0,38 ritase/jam

Kapasitas Alat = 30,51 m³ (Lampiran C)

$$= 30,51 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ ton/m}^3$$

$$= 55,52 \text{ ton}$$

Rata – Rata Muatan = 53,37 ton

Material yang Tidak Terpakai = 55,52 ton – 53,37 ton

$$= 2,15 \text{ ton}$$

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

$$= 0,38 \text{ curah/jam} \times 2,15 \text{ ton}$$

$$= 0,80 \text{ ton}$$

$$\text{Total Losses} = \frac{0,80 \text{ ton} \times 24,16 \text{ menit}}{1311 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 1,48 \%$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = 1284 menit/hari (Lampiran K)

CT = 30,82 menit (Lampiran J)

Total produk = 2x ritase/jam

Jumlah produk cacat = 0,30 ritase/jam

Kapasitas Alat = 27,47 m³ (Lampiran C)

$$= 27,47 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ ton/m}^3$$

$$= 50 \text{ ton}$$

Rata – Rata Muatan = 45,04 ton

Material yang Tidak Terpakai = 50 ton – 45,04 ton

$$= 4,96 \text{ ton}$$

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

$$= 0,30 \text{ ritase/jam} \times 4,96 \text{ ton}$$

$$= 1,49 \text{ ton}$$

$$\text{Total Losses} = \frac{1,49 \text{ ton} \times 30,82 \text{ menit}}{1284 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 3,57 \%$$

4. ADT Volvo A45G

$$\text{Loading Time} = 1272 \text{ menit/hari (Lampiran K)}$$

$$\text{CT} = 29,02 \text{ menit (Lampiran J)}$$

$$\text{Total produk} = 2 \text{ kali ritase/jam}$$

$$\text{Jumlah produk cacat} = 0,30 \text{ ritase/jam}$$

$$\text{Kapasitas Alat} = 18,13 \text{ m}^3 \text{ (Lampiran C)}$$

$$= 18,13 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ ton/m}^3$$

$$= 33 \text{ ton}$$

$$\text{Rata – Rata Muatan} = 30,08 \text{ ton}$$

$$\text{Material yang Tidak Terpakai} = 33 \text{ ton} - 30,08 \text{ ton}$$

$$= 2,92 \text{ ton}$$

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

$$= 0,30 \text{ ritase/jam} \times 2,92 \text{ ton}$$

$$= 0,87 \text{ ton}$$

$$\text{Total Losses} = \frac{0,87 \text{ ton} \times 29,02 \text{ menit}}{1272 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 2,00\%$$

Perhitungan secara Kumulatif Six Big Losses

1. Downtime Losses

Excavator Volvo 950E	= 131,20 menit	
OHT CAT 773E	= 74,61 menit	
DT LG DW90A	= 100,45 menit	
ADT VOL A45G	= 108,30 menit	
Total Losses	= 414,56 menit	+

2. Set up and Adjustment Losses

Excavator Volvo 950E	= 36,16 menit
OHT CAT 773E	= 54,63 menit
DT LG DW90A	= 55,45 menit

ADT VOL A45G	= 59,55 menit	
Total Losses	= 205,79 menit	+
3. <i>Idling and Minor Stoppage</i>		
Excavator Volvo 950E	= 186,24 menit	
OHT CAT 773E	= 214,90 menit	
DT LG DW90A	= 201,92 menit	
ADT VOL A45G	= 208,21 menit	
Total Losses	= 811,27 menit	+
4. <i>Reduce Speed Losses</i>		
Excavator Volvo 950E	= 60 menit	
OHT CAT 773E	= 60,40 menit	
DT LG DW90A	= 61,64 menit	
ADT VOL A45G	= 58,05 menit	
Total Losses	= 240,08 menit	+
5. <i>Defect in Process</i>		
Excavator Volvo 950E	= 9,02 menit	
OHT CAT 773E	= 9,06 menit	
DT LG DW90A	= 9,25 menit	
ADT VOL A45G	= 8,71 menit	
Total Losses	= 36,04 menit	+
6. <i>Reduce Yield Losses</i>		
Excavator Volvo 950E	= 18,24 menit	
OHT CAT 773E	= 0,80 menit	
DT LG DW90A	= 1,49 menit	
ADT VOL A45G	= 0,87 menit	
Total Losses	= 21,41 menit	+

Tabel L
Six Big Losses secara Kumulatif

<i>Losses</i>	Total Waktu Hambatan (menit)
<i>Downtime Losses</i>	414,56
<i>Setup and Adjustment</i>	205,79
<i>Idling & Minor Stoppage</i>	811,27
<i>Reduce Speed Losses</i>	240,08
<i>Defect in Process</i>	36,04
<i>Reduce yield losses</i>	21,41

LAMPIRAN M

PRODUKSI ALAT MUAT

Kemampuan nyata produksi alat muat adalah besarnya produksi yang dapat dicapai dengan kenyataan kerja alat muat berdasarkan kondisi yang dicapai saat ini. dari data-data yang diperoleh dilapangan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{tm} = \frac{3600}{C_{tm}} \times K_{bm} \times BFF \times Eff \times SF$$

Keterangan :

P_{tm} = Produksi Alat Muat (ton/jam)

C_{tm} = Waktu edar Alat Muat (detik)

K_{bm} = Kapasitas *bucket* alat muat, (m^3)

SF = *Swell Factor* (%)

BFF = *Bucket fill factor* (%)

Eff = Efektivitas Alat OEE (%)

1. Produksi Material Ore

Waktu edar alat muat (C_{tm}) = 23,75 detik (Lampiran I)

Kapasitas *bucket* (K_{bm}) = 5,6 m^3 (Lampiran B)

Faktor pengisian *bucket* (BFF) = 100 % (Lampiran E)

Efektivitas Alat (EFF) = 66,90% (Lampiran J)

Densitas *Loose* = 1,76 ton/ m^3 (Lampiran F)

Swell Factor = 83% (Lampiran F)

$$\begin{aligned} P_{tm} &= \frac{3600}{C_{tm}} \times K_{bm} \times BFF \times Eff \times SF \times \text{Densitas } loose \\ &= \frac{3600 \text{ detik}}{23,75 \text{ detik}} \times 5,6 \text{ m}^3 \times 100\% \times 66,90\% \times 83\% \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\ &= 858,98 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produksi alat muat adalah sebesar 858,98 ton/jam.

$$\begin{aligned}
\text{Total produksi Alat Muat} &= 968 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\
&= 20,615 \text{ ton/hari} \\
&= 20,615 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari} \\
&= 577,235 \text{ ton/bulan}
\end{aligned}$$

2. Produksi Material Waste

$$\begin{aligned}
\text{Waktu edar alat muat (Ctm)} &= 23,75 \text{ detik (Lampiran J)} \\
\text{Kapasitas bucket (Kbm)} &= 5,6 \text{ m}^3 \text{ (Lampiran B)} \\
\text{Faktor pengisian bucket (BFF)} &= 100 \% \text{ (Lampiran E)} \\
\text{Efektivitas Alat (EFF)} &= 66,90\% \text{ (Lampiran K)} \\
\text{Densitas Loose} &= 1,76 \text{ ton/m}^3 \text{ (Lampiran F)} \\
\text{Swell Factor} &= 83\% \text{ (Lampiran F)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ptm} &= \frac{3600}{\text{ctm}} \times \text{Kbm} \times \text{BFF} \times \text{Eff} \times \text{SF} \times \text{Densitas loose} \\
&= \frac{3600 \text{ detik}}{23,75 \text{ detik}} \times 5,6 \text{ m}^3 \times 100\% \times 66,90\% \times 83\% \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\
&= 858,98 \text{ ton/jam}
\end{aligned}$$

Produksi alat muat adalah sebesar 858,98 ton/jam.

$$\begin{aligned}
\text{Total produksi Alat Muat} &= 968 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\
&= 20,615 \text{ ton/hari} \\
&= 20,615 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
&= 577,235 \text{ ton/bulan}
\end{aligned}$$

LAMPIRAN N

PRODUKSI ALAT ANGKUT

Produksi aktual alat angkut dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Pta = \frac{60}{Cta} \times Kbm \times BFF \times SF \times n \times Eff$$

Keterangan :

- Pta = Produksi Alat Angkut, (ton/jam)
- n = Jumlah Curah
- Cta = Waktu edar Alat Angkut, (menit)
- SF = *Swell Factor* (%)
- Kbm = Kapasitas *bucket* (m³)
- BFF = *Bucket fill factor* (%)
- Eff = Efektivitas kerja Alat Angkut (%)

N.1.Produksi Material Ore

1. OHT CAT 773E

Waktu edar dump truck (Cta) = 23,38 menit (Lampiran J)

Jumlah alat angkut (Na) = 2 unit

Kapasitas *Bucket* (Kbm) = 5,6 m³ (Lampiran B)

Efektivitas Kerja (EK) = 68,94% (Lampiran K)

BFF = 100 % (Lampiran E)

SF = 83% (Lampiran F)

Banyak Curah (n) = 7 kali curah

$$\begin{aligned} \text{Produksi OHT CAT 773E} &= \frac{60}{23,38 \text{ menit}} \times 68,94\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 7 \\ &= 57,86 \text{ BCM/Jam} \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\ &= 101,83 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produksi alat angkut adalah sebesar 101,83 ton/jam.

Total produksi 2 unit alat angkut pada penambangan material *ore* :

$$\begin{aligned} &= 101 \text{ ton/jam} \times 2 \text{ unit} = 203,66 \text{ jam/jam} \\ &= 203,66 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 4887 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\ &= 136.862 \text{ ton/bulan untuk 2 unit OHT CAT 773E} \end{aligned}$$

2. DT Liugong DW90A

Waktu edar dump truck (Cta) = 28,48 menit (Lampiran J)

Jumlah alat angkut (Na) = 1 unit

Kapasitas *Bucket* (Kbm) = 5,6 m³(Lampiran B)

Efektivitas Alat (Eff) = 66,48% (Lampiran K)

BFF = 100% (Lampiran E)

SF = 83% (Lampiran F)

Banyak Curah (Na) = 6

$$\begin{aligned} \text{Produksi DT LG DW90A} &= \frac{60}{28,48 \text{ menit}} \times 66,48\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 6 \\ &= 39,26 \text{ BCM/Jam} \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\ &= 69,09 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produksi alat angkut adalah sebesar 69,09 ton/jam.

Total produksi 1 unit alat angkut pada penambangan material *ore* :

$$\begin{aligned} &= 69,09 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 1658 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\ &= 46.429 \text{ ton/bulan untuk 1 unit DT Liugong DW90A} \end{aligned}$$

N.2.Produksi Material Waste

1. OHT CAT 773E

Waktu edar (Cta) = 24,55 menit (Lampiran J)

Jumlah alat angkut (Na) = 4 unit

Kapasitas *Bucket* (Kbm) = 5,6 m³ (Lampiran B)

Efektivitas Kerja (EK) = 68,94% (Lampiran K)

BFF = 100 % (Lampiran E)

SF = 83% (Lampiran F)

Banyak Curah (n) = 7 kali curah

$$\begin{aligned}
\text{Produksi OHT CAT 773E} &= \frac{60}{24,55 \text{ menit}} \times 68,94\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 7 \\
&= 55 \text{ BCM/Jam} \times 1,82 \text{ ton/m}^3 \\
&= 100 \text{ ton/jam}
\end{aligned}$$

Produksi alat angkut adalah sebesar 100 ton/jam.

Total produksi 4 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

$$\begin{aligned}
&= 100 \text{ ton/jam} \times 4 \text{ unit} \\
&= 400 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\
&= 9591 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
&= 268.553 \text{ ton/bulan untuk 4 unit OHT CAT 773E}
\end{aligned}$$

2. DT LG DW90A

Waktu edar (Cta)	= 31,99 menit (Lampiran J)
Jumlah alat angkut (Na)	= 2 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran B)
Efektivitas Kerja (EK)	= 66,48% (Lampiran K)
BFF	= 100% (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Banyak Curah (n)	= 6 kali curah
Produksi DT LG DW90A	$ \begin{aligned} &= \frac{60}{31,99 \text{ menit}} \times 66,48\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 6 \\ &= 35 \text{ BCM/Jam} \times 1,82 \text{ ton/m}^3 \\ &= 63 \text{ ton/jam} \end{aligned} $

Produksi alat angkut adalah sebesar 63 ton/jam.

Total produksi 2 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

$$\begin{aligned}
&= 63 \text{ ton/jam} \times 2 \text{ unit} \\
&= 127 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\
&= 3041 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
&= 85.167 \text{ ton/bulan untuk 2 unit DT LG DW90A}
\end{aligned}$$

3. ADT VOL A45G

Waktu edar (Cta)	= 29,02 menit (Lampiran J)
Jumlah alat angkut (Na)	= 1 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran B)
Efektivitas Kerja (EK)	= 67,47% (Lampiran K)

$$\begin{aligned}
\text{BFF} &= 100 \% \text{ (Lampiran E)} \\
\text{SF} &= 83\% \text{ (Lampiran F)} \\
\text{Banyak Curah (n)} &= 4 \text{ kali curah} \\
\text{Produksi ADT VOL A45G} &= \frac{60}{29,02 \text{ menit}} \times 67,47\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 4 \\
&= 32 \text{ BCM/Jam} \times 1,82 \text{ ton/m}^3 \\
&= 59 \text{ ton/jam}
\end{aligned}$$

Produksi alat angkut adalah sebesar 59 ton/jam.

Total produksi 4 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

$$\begin{aligned}
&= 59 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\
&= 1418 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
&= 39.696 \text{ ton/bulan untuk 1 unit ADT VOL A45G}
\end{aligned}$$

LAMPIRAN O
KESERASIAN KERJA ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT
(MATCH FACTOR HETEROGENOUS TRUCK FLEET)

Match factor heterogenous truck fleet merupakan factor keserasian yang digunakan untuk jenis alat angkut yang berbeda – beda dalam satu *fleet* dengan alat muat yang sejenis. Peralatan mekanis terdiri atas, 1 jenis alat muat Excavator Volvo 950E dengan 10 unit alat angkut antara lain 6 OHT CAT 773E, 3 DT LG DW90A dan 1 ADT VOL A45G. Nilai MF diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$MF = \frac{\sum_i(X_i) \sum_i(t_{i,i'} \cdot X_i)}{X_i' \sum_i(t_i \cdot X_i)}$$

Nilai rata – rata waktu edar yang dinyatakan dalam (t_x), sebagai berikut :

$$t_x = \frac{\sum_i(t_i \cdot X_i)}{\sum_i X_i}$$

Keterangan :

MF : *Match Factor*

X_i : Jumlah alat angkut tipe i

X_i' : Jumlah alat muat tipe i'

t_i : Waktu edar alat angkut tipe i, (menit)

t_x : Waktu edar rata – rata alat angkut keseluruhan, (menit)

$t_{i,i'}$: Waktu edar alat muat tipe i' untuk mengisi alat angkut tipe i

Diketahui :

Jumlah alat angkut = 10 unit

Jumlah OHT CAT 773E = 6 unit

Jumlah DT LG DW90A = 3 unit

Jumlah ADT VOL A45G = 1 unit

CT OHT CAT 773E (*ore*) = 23,38 menit (Lampiran J)

CT OHT CAT 773E (*waste*) = 24,55 menit (Lampiran J)

- CT DT LG DW90A (*ore*) = 28,48 menit (Lampiran J)
 CT DT LG DW90A (*waste*) = 31,99 menit (Lampiran J)
 CT ADT VOL A45G (*ore*) = 27,33 menit (Lampiran J)
 CT ADT VOL A45G (*waste*) = 29,02 menit (Lampiran J)
 CT Excavator VOL 950E = 0,40 menit (Lampiran I)
- Jumlah curah (OHT CAT 773E) = 7 kali curah
 - Jumlah curah (DT LG DW90A) = 6 kali curah
 - Jumlah curah (ADT VOL A45G) = 4 kali curah

Berdasarkan data yang diketahui, nilai waktu edar alat muat tipe i' untuk mengisi alat angkut tipe i (*truck loading time*) dapat ditentukan sebagai berikut (Tabel M.1) :

- Truck loading time* (TLT) = Total unit x curah x loading time
 OHT CAT 773E (*ore*) = 2 unit x 7 curah x 0,40 menit = 6 menit
 OHT CAT 773E (*waste*) = 4 unit x 7 curah x 0,40 menit = 11 menit

Tabel M
 Data Perhitungan *Truck Loading Time* (TLT)

Type	Material Ore			Material Waste		
	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Total Unit	2	1	0	4	2	1
curah	7	6	4	7	6	4
Loading Time	0,40 menit					
Truck Loading Time	6 menit	2 menit	0	11 menit	5 menit	2 menit
	25 menit					

Rata – rata waktu edar alat angkut secara keseluruhan (*truck cycle time*) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Truck cycle time} &= \frac{\sum_i (t_i \cdot X_i)}{\sum_i X_i} \\
 &= \frac{(2 \times 23,38 \text{ menit}) + (1 \times 28,48 \text{ menit}) + 0 + (4 \times 24,55 \text{ menit}) + (2 \times 31,99 \text{ menit}) + (1 \times 29,02 \text{ menit})}{10 \text{ unit}} \\
 &= \frac{266,43 \text{ menit}}{10 \text{ unit}} = 26,64 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Nilai faktor keserasian dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{MF} = \frac{\sum_i (X_i) \sum_i (t_i, i' \cdot X_i)}{X_i' \sum_i (t_i \cdot X_i)} = \frac{(10 \text{ unit}) \times 25 \text{ menit}}{(1 \text{ unit}) \times 266,43 \text{ menit}} = \mathbf{0,95 \text{ (MF < 1)}}$$

LAMPIRAN P

**PERBAIKAN WAKTU EDAR ALAT MUAT DAN
ALAT ANGKUT SECARA TEORITIS**

Perbaikan waktu edar merupakan waktu edar alat muat dan alat angkut yang dihitung secara teoritis (*planned cycle time*). Nilai diperoleh dari hasil distribusi statistik data yang paling dominan (modus) dibawah nilai rata – rata waktu hambatan kerja. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$K = 1 + 3,3 \log M \qquad IK = R/K$$

$$R = X_{max} - X_{min} \qquad X = \frac{(X_i.F_i)}{F_i}$$

Keterangan :

- | | | | |
|------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------|
| K | : Jumlah kelas interval | X | : Nilai rata – rata |
| R | : Rentang (<i>range</i>) | X _i | : Nilai tengah |
| M | : Jumlah data pengamatan | F _i | : Frekuensi |
| IK | : Panjang kelas interval | | |
| X _{max} | : data pengamatan terbesar, (menit) | | |
| X _{min} | : data pengamatan terkecil, (menit) | | |

1. Excavator Volvo 950E

Tabel P.1
Rata – Rata Kelas *Digging Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	5,40	6,33	5,87	4	23
2	6,34	7,28	6,81	7	48
3	7,29	8,22	7,75	8	62
4	8,23	9,16	8,70	6	52
5	9,17	10,11	9,64	2	19
6	10,12	11,05	10,58	3	32
Total				30	236
Rata - Rata					7,88

Tabel P.2
Rata – Rata Kelas *Swing Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	5,00	5,58	5,29	7	37,04
2	5,59	6,18	5,89	10	58,85
3	6,19	6,77	6,48	6	38,87
4	6,78	7,36	7,07	4	28,29
5	7,37	7,96	7,67	0	0
6	7,97	8,55	8,26	3	24,78
Total				30	188
Rata - Rata					6,3

Tabel P.3
Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	3,18	3,69	3,44	4	13,74
2	3,70	4,21	3,96	9	35,62
3	4,22	4,74	4,48	8	35,83
4	4,75	5,26	5,00	7	35,01
5	5,27	5,78	5,52	1	5,52
6	5,79	6,30	6,04	1	6,04
Total				30	132
Rata - Rata					4,39

Tabel P.4
Rata – Rata Kelas *Swing Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	3,08	3,73	3,41	2	6,81
2	3,74	4,40	4,07	2	8,14
3	4,41	5,06	4,73	12	56,80
4	5,07	5,72	5,40	1	5,40
5	5,73	6,39	6,06	9	54,54
6	6,40	7,05	6,72	4	26,89
Total				30	159
Rata - Rata					5,29

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata Excavator VOL 950E secara teoritis adalah :

Digging Time (T1) = 7,75 detik

Swing load (T2) = 5,89 detik

Loading Time (T3) = 3,96 detik

Swing empty (T4) = 4,73 detik

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 7,75 + 5,89 + 3,96 + 4,73 \\
 &= 22,33 \text{ detik} \approx 0,37 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

2. OHT CAT 773E (Ore)

Tabel P.5

Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	12	21	16,42	7	115
2	22	31	26,25	11	289
3	32	41	36,08	5	180
4	42	50	45,92	6	276
5	51	60	55,75	0	0
6	61	70	65,58	1	66
Total				30	925
Rata - Rata					30,84

Tabel P.6

Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	120	133	126,42	5	632,08
2	134	147	140,25	11	1542,75
3	148	161	154,08	8	1232,67
4	162	174	167,92	3	503,75
5	175	188	181,75	2	363,50
6	189	202	195,58	1	195,58
Total				30	4470
Rata - Rata					149

Tabel P.7

Rata – Rata Kelas *Travel Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	560	582	571,08	3	1713,25
2	583	605	594,25	8	4754,00
3	606	629	617,42	3	1852,25
4	630	652	640,58	3	1921,75
5	653	675	663,75	8	5310,00
6	676	698	686,92	5	3434,58
Total				30	18986
Rata - Rata					633

Tabel P.8

Rata – rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	17	25	20,83	8	166,67
2	26	33	29,50	10	295,00
3	34	42	38,17	5	190,83
4	43	51	46,83	5	234,17
5	52	59	55,50	1	55,50
6	60	68	64,17	1	64,17
Total				30	1006
Rata - Rata					34

Tabel P.9
Rata – Rata Kelas *Dumping Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	15	22	18,25	2	36,50
2	23	29	25,75	12	309,00
3	30	37	33,25	7	232,75
4	38	44	40,75	5	203,75
5	45	52	48,25	3	144,75
6	53	59	55,75	1	55,75
Total				30	983
Rata - Rata					33

Tabel P.10
Rata – rata Kelas *Travel Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	400	446	423,08	2	846,17
2	447	493	470,25	6	2821,50
3	494	541	517,42	13	6726,42
4	542	588	564,58	6	3387,50
5	589	635	611,75	2	1223,50
6	636	682	658,92	1	658,92
Total				30	15664
Rata - Rata					522

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata OHT CAT 773E secara teoritis adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Manuver Time (T1)} &= 26 \text{ detik} & \text{Manuver Time (T4)} &= 30 \text{ detik} \\
 \text{Loading Time (T2)} &= 140 \text{ detik} & \text{Dumping time (T5)} &= 26 \text{ detik} \\
 \text{Travel Time (T3)} &= 594 \text{ detik} & \text{Travel empty (T6)} &= 517 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}
 \text{CT} &= \text{T1} + \text{T2} + \text{T3} + \text{T4} + \text{T5} + \text{T6} \\
 &= 26 + 140 + 594 + 30 + 26 + 517 \\
 &= 1333 \text{ detik} \approx 22,22 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

3. DT LG DW90A (Ore)

Tabel P.11
Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	25	31	27,83	7	195
2	32	37	34,50	9	311
3	38	44	41,17	7	288
4	45	51	47,83	5	239
5	52	57	54,50	1	55
6	58	64	61,17	1	61
Total				30	11,48
Rata - Rata					38,28

Tabel P.12
Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	80	107	93,42	4	373,67
2	108	135	121,25	13	1576,25
3	136	163	149,08	9	1341,75
4	164	190	176,92	3	530,75
5	191	218	204,75	0	0
6	219	246	232,58	1	232,58
Total				30	4055
Rata - Rata					135

Tabel P.13
Rata – Rata Kelas *Travel Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	715	739	726,75	8	5814,00
2	740	763	751,25	4	3005,00
3	764	788	775,75	2	1551,50
4	789	812	800,25	7	5601,75
5	813	837	824,75	6	4948,50
6	838	861	849,25	3	2547,75
Total				30	23468
Rata - Rata					782

Tabel P.14
Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	22	27	24,25	4	97,00
2	28	32	29,75	12	357,00
3	33	38	35,25	4	141,00
4	39	43	40,75	5	203,75
5	44	49	46,25	4	185,00
6	50	54	51,75	1	51,75
Total				30	1036
Rata - Rata					35

Tabel P.15
Rata – Rata Kelas *Dumping Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	24	28	26	5	130,00
2	29	33	31	10	310,00
3	34	38	36	4	144,00
4	39	43	41	6	246,00
5	44	48	46	5	230,00
6	49	53	51	0	0
Total				30	1060
Rata - Rata					35

Tabel P.16
Rata – Rata Kelas *Travel Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	600	625	612,50	9	5512,50
2	626	651	638,50	1	638,50

(Lanjutan Tabel P.16)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
3	652	677	664,50	2	1329,00
4	678	703	690,50	6	4143,00
5	704	729	716,50	8	5732,00
6	730	755	742,50	4	2970,00
Total				30	20325
Rata - Rata					678

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata DT LG DW90A secara teoritis adalah :

Manuver Time (T1) = 35 detik

Loading Time (T2) = 121 detik

Travel Time (T3) = 727 detik

Manuver Time (T4) = 30 detik

Dumping time (T5) = 31 detik

Travel empty (T6) = 613 detik

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 \\
 &= 35 + 121 + 727 + 30 + 31 + 613 \\
 &= 1556 \text{ detik} \approx 25,93 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4. OHT CAT 773E (Waste)

Tabel P.17
Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	20	26	22,92	7	160
2	27	33	29,75	11	327
3	34	40	36,58	8	293
4	41	46	43,42	3	130
5	47	53	50,25	0	0
6	54	60	57,08	1	57
Total				30	968
Rata - Rata					32,26

Tabel P.18
Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	120	126	122,83	4	491,33
2	127	132	129,50	14	1813
3	133	139	136,17	6	817
4	140	146	142,83	5	714,17
5	147	152	149,50	0	0
6	153	159	156,17	1	156,17
Total				30	3992
Rata - Rata					133

Tabel P.19
Rata – Rata Kelas *Travel Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	680	692	686,08	5	3430,42
2	693	705	699,25	9	6293,25
3	706	719	712,42	2	1424,83
4	720	732	725,58	4	2902,33
5	733	745	738,75	7	5171,25
6	746	758	751,92	3	2255,75
Total				30	21478
Rata - Rata					716

Tabel P.20
Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	10	12	11,17	6	67,00
2	13	16	14,50	10	145,00
3	17	19	17,83	7	124,83
4	20	22	21,17	4	84,67
5	23	26	24,50	3	73,50
6	27	29	27,83	0	0
Total				30	495
Rata - Rata					17

Tabel P.21
Rata – Rata Kelas *Dumping Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	20	23	21,50	10	215,00
2	24	27	25,50	3	76,50
3	28	31	29,50	11	324,50
4	32	35	33,50	5	167,50
5	36	39	37,50	1	37,50
6	40	43	41,50	0	0
Total				30	821
Rata - Rata					27

Tabel P.22
Rata – Rata Kelas *Travel Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	530	539	534,67	7	3742,67
2	540	550	545,00	10	5450,00
3	551	560	555,33	7	3887,33
4	561	570	565,67	3	1697,00
5	571	581	576,00	2	1152,00
6	582	591	586,33	1	586,33
Total				30	16515
Rata - Rata					551

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata OHT CAT 773E secara teoritis adalah :

Manuver Time (T1) = 30 detik

Loading Time (T2) = 1130 detik

Travel Time (T3) = 699 detik

Dumping time (T5) = 30 detik

Manuver Time (T4) = 15 detik

Travel empty (T6) = 5545 detik

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}CT &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 \\ &= 30 + 130 + 699 + 15 + 30 + 545 \\ &= 1448 \text{ detik} \approx 24,13 \text{ menit}\end{aligned}$$

6. DT LG DW90A (Waste)

Tabel P.23

Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	21	30	25,25	9	227
2	31	39	34,75	10	348
3	40	49	44,25	5	221
4	50	58	53,75	3	161
5	59	68	63,25	1	63
6	69	77	72,75	2	146
Total				30	1166
Rata - Rata					38,87

Tabel P.24

Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	80	90	85,00	5	425,00
2	91	101	96,00	8	768,00
3	102	112	107,00	8	856,00
4	113	123	118,00	6	708,00
5	124	134	129,00	2	258,00
6	135	145	140,00	1	140,00
Total				30	3155
Rata - Rata					105

Tabel P.25

Rata – Rata Kelas *Travel Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	861	875	867,92	5	4339,58
2	876	890	882,75	9	7944,75
3	891	905	897,58	0	0
4	906	919	912,42	6	5474,50
5	920	934	927,25	7	6490,75
6	935	949	942,08	3	2826,25
Total				30	27075
Rata - Rata					903

Tabel P.26

Rata – rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	14	21	17,67	3	53,00

(Lanjutan Tabel P.26)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
2	22	30	26,00	12	312,00
3	31	38	34,33	5	171,67
4	39	46	42,67	8	341,33
5	47	55	51,00	1	51,00
6	56	63	59,33	1	59,33
Total				30	988
Rata - Rata					33

Tabel P.27

Rata – rata Kelas *Dumping Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	13	18	16	5	77,92
2	19	24	22	12	261,00
3	25	31	28	8	223,33
4	32	37	34	3	102,25
5	38	43	40	1	40,25
6	44	49	46	1	46,42
Total				30	751
Rata - Rata					25

Tabel P.29

Rata – rata Kelas *Travel Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	762	777	769,33	11	8462,67
2	778	792	785,00	2	1570,00
3	793	808	800,67	3	2402,00
4	809	824	816,33	4	3265,33
5	825	839	832,00	7	5824,00
6	840	855	847,67	3	2543,00
Total				30	24067
Rata - Rata					802

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata DT LG DW90A secara teoritis adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Manuver Time (T1)} &= 35 \text{ detik} & \text{Manuver Time (T4)} &= 26 \text{ detik} \\
 \text{Loading Time (T2)} &= 96 \text{ detik} & \text{Dumping time (T5)} &= 22 \text{ detik} \\
 \text{Travel Time (T3)} &= 883 \text{ detik} & \text{Travel empty (T6)} &= 769 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}
 \text{CT} &= \text{T1} + \text{T2} + \text{T3} + \text{T4} + \text{T5} + \text{T6} \\
 &= 35 + 96 + 883 + 26 + 22 + 769 \\
 &= 1831 \text{ detik} \approx 30,51 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

7. ADT VOL A45G (Waste)

Tabel P.30

Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	17	21	18,83	4	75
2	22	25	23,50	9	212
3	26	30	28,17	5	141
4	31	35	32,83	6	197
5	36	39	37,50	6	225
6	40	44	42,17	0	0
Total				30	850
Rata - Rata					28,32

Tabel P.31

Rata – Rata Kelas *Loading Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	104	111	107,50	1	107,50
2	112	119	115,50	3	346,50
3	120	127	123,50	15	185,50
4	128	135	131,50	5	657,50
5	136	143	139,50	5	697,50
6	144	151	147,50	1	147,50
Total				30	3809
Rata - Rata					127

Tabel P.32

Rata – rata Kelas *Travel Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	752	791	771,5	2	1543,00
2	792	831	811,5	2	1623,00
3	832	871	851,5	9	6812,00
4	872	911	891,5	8	7132,00
5	912	951	931,5	8	8383,50
6	952	991	971,5	1	971,50
Total				30	26465
Rata - Rata					882

Tabel P.33

Rata – Rata Kelas *Manuver Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	10	13	11,33	7	79,33
2	14	16	15,00	9	135,00
3	17	20	18,67	9	168,00
4	21	24	22,33	3	67,00
5	25	27	26,00	2	52,00
6	28	31	29,67	0	0
Total				30	501
Rata - Rata					17

Tabel P.34

Rata – rata Kelas *Dumping Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	14	17	15,67	4	62,67

(Lanjutan Tabel P.34)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
2	18	22	20,00	10	200,00
3	23	26	24,33	6	146,00
4	27	30	28,67	6	172,00
5	31	35	33,00	4	132,00
6	36	39	37,33	0	0
Total				30	713
Rata - Rata					24

Tabel P.35

Rata – Rata Kelas *Travel Empty Time* (detik)

Kelas	Interval		Median	Frekuensi	Xi.Fi
1	614	632	622,83	4	2491,33
2	633	650	641,50	6	3849,00
3	651	669	660,17	3	1980,50
4	670	688	678,83	8	5430,67
5	689	706	697,50	5	3487,50
6	707	725	716,17	4	2864,67
Total				30	20104
Rata - Rata					670

Berdasarkan data yang diperoleh, waktu edar rata – rata ADT VOL A45G secara teoritis adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Manuver Time (T1)} &= 24 \text{ detik} & \text{Manuver Time (T4)} &= 15 \text{ detik} \\
 \text{Loading Time (T2)} &= 124 \text{ detik} & \text{Dumping time (T5)} &= 20 \text{ detik} \\
 \text{Travel Time (T3)} &= 852 \text{ detik} & \text{Travel empty (T6)} &= 642 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Waktu yang direncanakan pada alat antara lain :

$$\begin{aligned}
 \text{CT} &= \text{T1} + \text{T2} + \text{T3} + \text{T4} + \text{T5} + \text{T6} \\
 &= 24 + 124 + 852 + 15 + 20 + 642 \\
 &= 1675 \text{ detik} \approx 27,92 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Data perbandingan waktu edar alat muat dan alat angkut dapat dilihat pada Tabel P.36

Tabel P.36

Perbandingan Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

Material	Jenis Alat	Waktu Edar (menit)	
		Aktual	Teoritis
Ore	<i>Excavator Volvo 950E</i>	0,40	0,37
	<i>Off Highway Truck CAT 773E</i>	23,38	22,22
	<i>Dump Truck Liugong DW90A</i>	28,48	25,93
Waste	<i>Excavator Volvo 950E</i>	0,40	0,37
	<i>Off Highway Truck CAT 773E</i>	24,55	24,13
	<i>Dump Truck Liugong DW90A</i>	31,99	30,51
	<i>Articulated Dump Truck A45G</i>	29,02	27,92

LAMPIRAN Q

**PERBAIKAN EFEKTIVITAS KERJA ALAT BERDASARKAN
METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)**

Q.1. Peningkatan *Availability Factor*

Perbaikan nilai *availability factor* dapat dilihat pada Tabel Q.1 hingga Tabel Q.5

1. Excavator VOLVO 950E

Tabel Q.1
Hambatan Kerja Excavator Volvo 950E

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
P2H	6,45	3,00
Terlambat bekerja pada Awal <i>Shift</i>	19,50	7,00
Berhenti bekerja sebelum akhir <i>Shift</i>	10,21	4,00
<i>Downtime</i>	131,20	131,20
Total	167,37	145,20

Total Time = 1440 menit

Losses = 3,00 + 7,00 + 4,00 + 14,00 + 131,20 = 145,20 menit

Actual Available Time = 1440 – 145,20 = 1295 menit

Availability Factor = $\frac{1295 \text{ m}}{1440 \text{ m}} \times 100\%$ = 89,92 %

2. OHT CAT 773E

Tabel Q.2
Hambatan Kerja OHT CAT 773E

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
P2H	5,63	3,00
Pengisian bahan bakar	3,03	0
Terlambat bekerja pada Awal <i>Shift</i>	28,78	12,00
Berhenti bekerja sebelum akhir <i>Shift</i>	17,19	7,00
<i>Downtime</i>	74,61	74,61
Total	129,23	96,61

Total Time = 1440 m

Losses = 3,00 + 0 + 12,00 + 7 + 74,61 = 96,61 menit

$$\text{Actual Available Time} = 1440 - 96,31 = 1343 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Factor} = \frac{1343 \text{ m}}{1440 \text{ m}} \times 100\% = 93,29\%$$

3. ADT VOLVO A45G

Tabel Q.3
Hambatan Kerja ADT VOL A45G

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
P2H	6,32	5,00
Pengisian bahan bakar	4,28	0
Terlambat bekerja pada Awal <i>Shift</i>	29,55	18,00
Berhenti bekerja sebelum akhir <i>Shift</i>	19,40	13,00
<i>Downtime</i>	108,30	108,30
Total	167,85	144,30

$$\text{Total Time} = 1440 \text{ m}$$

$$\text{Losses} = 5,00 + 0 + 18,00 + 13,00 + 108,30 = 144,30 \text{ menit}$$

$$\text{Actual Available Time} = 1440 - 144,30 = 1296 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Factor} = \frac{1296 \text{ m}}{1440 \text{ m}} \times 100\% = 89,98 \%$$

4. DT LG DW90A

Tabel Q.4
Hambatan Kerja DT LG DW90A

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
P2H	5,67	3,00
Pengisian bahan bakar	5,22	3,00
Terlambat bekerja pada Awal <i>Shift</i>	28,46	12,00
Berhenti bekerja sebelum akhir <i>Shift</i>	16,09	8,00
<i>Downtime</i>	100,45	100,45
Total	155,89	126,45

$$\text{Total Time} = 1440 \text{ m}$$

$$\text{Losses} = 3,00 + 3,00 + 12,00 + 8,00 + 100,45 = 126,45 \text{ menit}$$

$$\text{Actual Available Time} = 1440 - 126,45 = 1313,55 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Factor} = \frac{1313,55 \text{ m}}{1440 \text{ m}} \times 100\% = 91,22 \%$$

Tabel Q.5
Nilai Perbaikan *Availability Factor*

	EXCA VOL 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Aktual	88,38%	91,03%	89,17%	88,34%
Perbaikan	89,92%	93,29%	91,22%	89,98%
% Kenaikan	1,5%	2,3%	2,0%	1,6%

Q.2. Peningkatan *Performance Factor*

Perbaikan nilai *performance factor* dapat dilihat pada Tabel Q.6 hingga Tabel Q.10.

1. Excavator VOLVO 950E

Tabel Q.6
Hambatan Kerja Excavator Volvo 950E

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
Berhenti Sebelum Istirahat	7,36	5,00
Terlambat Setelah Istirahat	2,54	0
Toilet	4,86	3,00
Hambatan Operasional	11,46	0
Istirahat	120,00	120,00
Cuaca & Sliperry	40,03	40,03
Total	186,24	168,03

Actual Available Time = 1294,80 menit

Losses = 5,00 + 0 + 3,00 + 0 + 120,00 + 40,03 = 168,03 menit

Cycle Time Plan = 0,37 menit (Lampiran P)

Jumlah Produk = 161 kali curah

Operation Time = 1294,80 – 168,03 = 1126,77 menit

Performance Factor = $\frac{1126,77 \text{ menit} - (0,37 \text{ menit} \times 161)}{1294,80 \text{ menit}} \times 100\%$ = 94,68 %

2. OHT CAT 773E

Tabel Q.7
Hambatan Kerja OHT CAT 773E

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
Berhenti Sebelum Istirahat	15,50	9,00
Terlambat Setelah Istirahat	6,07	5,00
Toilet	19,72	5,00
Sholat	18,63	18,63
Hambatan Operasional	13,18	0,00
Istirahat	120,00	120,00
Cuaca & Sliperry	21,79	21,79
Total	214,90	179,43

Actual Available Time = 1343,39 menit

Losses = 9,00 + 5,00 + 5,00 + 18,63 + 0 + 120,00 + 21,79
= 179,43 menit

Cycle Time Plan = 23,49 menit (Lampiran P)

Jumlah Produk = 3 kali ritase

$$\begin{aligned} \text{Operation Time} &= 1343,39 - 179,43 && = 1163,97 \text{ menit} \\ \text{Performance Factor} &= \frac{1163,97 \text{ menit} - (23,49 \text{ menit} \times 3)}{1343,39 \text{ menit}} \times 100\% && = 94,95 \% \end{aligned}$$

3. DT LG DW90A

Tabel Q.8
Hambatan Kerja DT LG DW90A

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
Berhenti Sebelum Istirahat	11,36	10,00
Terlambat Setelah Istirahat	16,09	4,00
Toilet	20,19	5,00
Sholat	19,39	19,39
Hambatan Operasional	15,45	0
Istirahat	120,00	120,00
Cuaca & Sliperry	18,17	18,17
Total	220,65	176,56

$$\begin{aligned} \text{Actual Available Time} &= 1313,55 \text{ menit} \\ \text{Losses} &= 10,00 + 4,00 + 5,00 + 19,39 + 0 + 120,00 + 18,17 \\ &= 176,56 \text{ menit} \\ \text{Cycle Time Plan} &= 28,98 \text{ menit (Lampiran P)} \\ \text{Jumlah Produk} &= 2 \text{ kali ritase} \\ \text{Operation Time} &= 1313,55 - 176,56 && = 1136,99 \text{ menit} \\ \text{Performance Factor} &= \frac{1136,99 \text{ menit} - (28,98 \text{ menit} \times 2)}{1313,55 \text{ menit}} \times 100\% && = 94,90 \% \end{aligned}$$

4. ADT VOLVO A45G

Tabel Q.9
Hambatan Kerja ADT VOL A45G

Jenis Hambatan	Aktual (menit)	Perbaikan (menit)
Berhenti Sebelum Istirahat	11,71	10,00
Terlambat Setelah Istirahat	5,79	3,00
Toilet	14,22	8,00
Sholat	16,61	16,61
Hambatan Operasional	15,42	0
Istirahat	120,00	120,00
Cuaca & Sliperry	5,73	5,73
Total	189,48	163,34

$$\begin{aligned} \text{Actual Available Time} &= 1295,70 \text{ menit} \\ \text{Losses} &= 10,00 + 3,00 + 8,00 + 16,61 + 0 + 120,00 + 5,73 \\ &= 163,34 \text{ menit} \\ \text{Cycle Time Plan} &= 27,92 \text{ menit (Lampiran P)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah Produk} &= 2 \text{ kali ritase} \\
\text{Operation Time} &= 1295,70 - 163,34 &= 1132,36 \text{ menit} \\
\text{Performance Factor} &= \frac{1132,36 \text{ menit} - (27,92 \text{ menit} \times 2)}{1295,70 \text{ menit}} \times 100\% = 95,07\%
\end{aligned}$$

Tabel Q.10
 Nilai Perbaikan *Performance Factor*

	EXCA VOL 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Aktual	94,48%	94,49%	94,20%	94,64%
Perbaikan	94,68%	94,95%	94,90%	95,07%
% Kenaikan	0,20%	0,47%	0,70%	0,43%

Q.3. Peningkatan *Quality Factor*

Perbaikan nilai *quality factor* pada alat muat dan alat angkut sebagai berikut :

1. Excavator VOLVO 950E

$$\begin{aligned}
\text{Operation Time} &= 1126,77 \text{ menit} \\
\text{Cycle Time} &= 0,37 \text{ menit (Lampiran P)} \\
\text{Jumlah Produk} &= 161 \text{ kali curah} \\
\text{Production input} &= 100 \text{ kali curah} \\
\text{Good quality (BFF} \geq 100\%) &= 85 \text{ kali curah (Lampiran E)} \\
\text{Defect quality} &= (100 - 85) \times 100\% = 15\% \\
\text{Jumlah produk cacat} &= 161 \times 15\% = 24,18 \text{ kali curah} \\
\text{Defect Production Time} &= \text{Jumlah produk cacat} \times \text{CT} \times 24 \text{ jam} \\
&= 24,18 \times 0,37 \times 24 \text{ jam} = 216 \text{ menit/hari} \\
\text{Net Production Time} &= 1126,77 - 216 = 910,77 \text{ menit/hari} \\
\text{Quality Factor} &= \frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\
&= \frac{910,77 \text{ menit/hari}}{1126,77 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 80,83\%
\end{aligned}$$

2. OHT CAT 773E

$$\begin{aligned}
\text{Operation Time} &= 1163,97 \text{ menit} \\
\text{Cycle Time} &= 23,49 \text{ menit (Lampiran P)} \\
\text{Jumlah Produk} &= 3 \text{ kali ritase} \\
\text{Production input} &= 100 \text{ kali curah} \\
\text{Good quality (BFF} \geq 100\%) &= 85 \text{ kali curah (Lampiran E)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Defect quality} &= (100 - 85) \times 100\% &&= 15\% \\
\text{Jumlah produk cacat} &= 3 \times 15\% &&= 0,38 \text{ kali ritase} \\
\text{Defect Production Time} &= \text{Jumlah produk cacat} \times \text{CT} \times 24 \text{ jam} \\
&= 0,38 \times 23,49 \times 24 \text{ jam} &&= 217,43 \text{ menit/hari} \\
\text{Net Production Time} &= 1163,97 - 217,43 &&= 952,54 \text{ menit/hari} \\
\text{Quality Factor} &= \frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\
&= \frac{952,54 \text{ menit/hari}}{1163,97 \text{ menit/hari}} \times 100\% &&= 81,84 \%
\end{aligned}$$

3. DT Liugong DW90A

$$\begin{aligned}
\text{Operation Time} &= 1136,99 \text{ menit} \\
\text{Cycle Time} &= 28,98 \text{ menit (Lampiran P)} \\
\text{Jumlah Produk} &= 2 \text{ kali ritase} \\
\text{Production input} &= 100 \text{ kali curah} \\
\text{Good quality (BFF} \geq 100\%) &= 85 \text{ kali curah (Lampiran E)} \\
\text{Defect quality} &= (100 - 85) \times 100\% &&= 15\% \\
\text{Jumlah produk cacat} &= 2 \times 15\% &&= 0,30 \text{ kali ritase} \\
\text{Defect Production Time} &= \text{Jumlah produk cacat} \times \text{CT} \times 24 \text{ jam} \\
&= 0,30 \times 28,98 \times 24 \text{ jam} &&= 208,68 \text{ menit/hari} \\
\text{Net Production Time} &= 1136,99 - 208,68 &&= 928,32 \text{ menit/hari} \\
\text{Quality Factor} &= \frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\
&= \frac{928,32 \text{ menit/hari}}{1136,99 \text{ menit/hari}} \times 100\% &&= 81,65 \%
\end{aligned}$$

4. ADT VOLVO A45G

$$\begin{aligned}
\text{Operation Time} &= 1132,36 \text{ menit} \\
\text{Cycle Time} &= 27,92 \text{ menit (Lampiran P)} \\
\text{Jumlah Produk} &= 2 \text{ kali ritase} \\
\text{Production input} &= 100 \text{ kali curah} \\
\text{Good quality (BFF} \geq 100\%) &= 85 \text{ kali curah (Lampiran E)} \\
\text{Defect quality} &= (100 - 85) \times 100\% &&= 15\% \\
\text{Jumlah produk cacat} &= 2 \times 15\% &&= 0,30 \text{ kali ritase} \\
\text{Defect Production Time} &= \text{Jumlah produk cacat} \times \text{CT} \times 24 \text{ jam} \\
&= 0,30 \times 27,92 \times 24 \text{ jam} &&= 201,00 \text{ menit/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Net Production Time} &= 1132,36 - 201,00 = 931,36 \text{ menit/hari} \\
 \text{Quality Factor} &= \frac{\text{Net operation time}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\
 &= \frac{931,36 \text{ menit/hari}}{1132,36 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 82,25 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perbandingan nilai *quality factor* alat muat dan alat angkut dapat dilihat pada Tabel Q.11.

Tabel Q.11
Hasil Perbaikan *Quality Factor*

	EXCA VOL 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Aktual	80,12%	80,16%	79,14%	80,70%
Perbaikan	80,83%	81,84%	81,65%	82,25%
% Kenaikan	0,71%	1,68%	2,51%	1,55%

Q.4. Perbaikan Nilai OEE

$$\text{Nilai OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

$$\text{Excavator VOL 950E} = 89,92\% \times 94,68\% \times 91,22\% = 68,81\%$$

$$\text{OHT CAT 773E} = 91,29\% \times 94,95\% \times 81,84\% = 72,49\%$$

$$\text{DT LG DW90A} = 91,22\% \times 94,90\% \times 81,65\% = 70,68\%$$

$$\text{ADT VOL A45G} = 89,98\% \times 95,07\% \times 82,25\% = 70,36\%$$

Hasil perbandingan nilai OEE terhadap kondisi aktual maupun setelah diperbaiki pada alat muat dan alat angkut dapat dilihat pada Tabel Q.12.

Tabel Q.12
Hasil Perbandingan Nilai OEE

	EXCA VOL 950E	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Aktual	66,90%	68,94%	66,48%	67,47%
Perbaikan	68,81%	72,49%	70,68%	70,36%
% Kenaikan	1,91%	3,55%	4,20%	2,89%

LAMPIRAN R

PERHITUNGAN *SIX BIG LOSSES* SETELAH PERBAIKAN

R.1. Downtime Losses

Kerugian kerusakan dapat diketahui persentasenya menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Downtime Losses} = \frac{\text{Total downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Total downtime = Rata – rata waktu kerusakan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = Actual Available Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 131,20 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{131,20 \text{ menit/hari}}{1295 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 10,13 \%$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = Actual Available Time = 1343 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 74,61 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{74,61 \text{ menit/hari}}{1343 \text{ menit/hari}} \times 100 = 5,55\%$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1314 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 100,45 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{100,45 \text{ menit/hari}}{1314 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 7,65\%$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = Actual Available Time = 1296 menit/hari (Lampiran K)

Downtime = 108 menit/hari (Lampiran K)

$$\text{Total Losses} = \frac{108 \text{ menit/hari}}{1296 \text{ menit/hari}} \times 100\% = 8,36\%$$

R.2. Setup and Adjustment Losses

Kerugian ini disebabkan oleh beberapa jenis hambatan kerja antara lain P2H, pengisian bahan bakar, terlambat bekerja, dan pulang lebih awal. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{Total setup and adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Total setup and adjustment = Total waktu hambatan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = Actual Available Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 3,00 menit

Pengisian bahan bakar = 0

Terlambat bekerja = 7,00 menit

Pulang lebih awal = 4,00 menit

Total = 3,00 + 0 + 7,00 + 4,00 = 14,00 menit

Total Losses = $\frac{14,00 \text{ menit/hari}}{1295 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 1,08 %

2. OHT CAT 773E

Loading Time = Actual Available Time = 1343 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 3,00 menit

Pengisian bahan bakar = 0 menit

Terlambat bekerja = 12,00 menit

Pulang lebih awal = 7,00 menit

Total = 3,00 + 12,00 + 0 + 7,00 = 22,00 menit

Total Losses = $\frac{22,00 \text{ menit/hari}}{1343 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 1,64%

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1314 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 5,67 menit

Pengisian bahan bakar = 3,00 menit

Terlambat bekerja	= 12,00 menit
Pulang lebih awal	= 8,00 menit
Total	= 5,67 + 3,00 + 12,00 + 8,00 = 28,67 menit
<i>Total Losses</i>	= $\frac{28,67 \text{ menit/hari}}{1314 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 2,18 %

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = Actual Available Time = 1296 menit/hari (Lampiran K)

Setup and adjustment : (Lampiran K)

P2H = 5,00 menit

Pengisian bahan bakar = 0 menit

Terlambat bekerja = 18,00 menit

Pulang lebih awal = 13,00 menit

Total = 5,00 + 0 + 18,00 + 13,00 = 36,00 menit

Total Losses = $\frac{36,00 \text{ menit/hari}}{1296 \text{ menit/hari}} \times 100\%$ = 2,78 %

R.3. *Idling & Minor Stoppage*

Kerugian ini disebabkan oleh beberapa jenis hambatan kerja antara lain istirahat, cuaca & *sliperry*, berhenti bekerja sebelum istirahat, terlambat bekerja setelah istirahat, keperluan operator dan hambatan operasional. Persentase kerugian diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Idling \& Minor Stoppage} = \frac{\text{Nonproductive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Keterangan :

Nonproductive time = Total waktu hambatan pada alat, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = Actual Available Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120,00 menit
- Cuaca & *sliperry* = 40,03 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 5,00 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 0 menit
- Toilet = 3,00 menit

- Hambatan operasional = 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Total Hambatan} &= 120 + 40,03 + 5,00 + 3,00 + 0 + 0 \\ &= 168,03 \text{ menit} \\ \text{Total Losses} &= \frac{168,03 \text{ menit/hari}}{1295 \text{ menit/hari}} \times 100\% \\ &= 12,98 \% \end{aligned}$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = Actual Available Time = 1343 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120,00 menit
- Cuaca & sliperry = 21,79 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 9,00 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 5,00 menit
- Toilet = 5,00 menit
- Sholat = 18,63 menit
- Hambatan operasional = 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Total Hambatan} &= 120,00 + 21,79 + 9,00 + 5,00 + 5,00 + 18,63 + 0 \\ &= 179,43 \text{ menit} \\ \text{Total Losses} &= \frac{179,43 \text{ menit/hari}}{1343 \text{ menit/hari}} \times 100\% \\ &= 13,36 \% \end{aligned}$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = Actual Available Time = 1314 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120,00 menit
- Cuaca & sliperry = 18,17 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 10,00 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 3,00 menit
- Toilet = 8,00 menit
- Sholat = 16,61 menit
- Hambatan operasional = 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Total Hambatan} &= 120,00 + 18,17 + 10,00 + 3,00 + 8,00 + 16,61 + 0 \\ &= 175,77 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{175,77 \text{ menit/hari}}{1314 \text{ menit/hari}} \times 100\% \\ &= 13,38 \% \end{aligned}$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = Actual Available Time = 1296 menit/hari (Lampiran K)

Idling & Minor Stoppage : (Lampiran K)

- Waktu istirahat = 120,00 menit
- Cuaca & sliperry = 5,73 menit
- Berhenti bekerja sebelum istirahat = 10,00 menit
- Terlambat bekerja setelah istirahat = 4,00 menit
- Toilet = 5,00 menit
- Sholat = 19,39 menit
- Hambatan operasional = 0 menit

$$\begin{aligned} \text{Total Hambatan} &= 120,00 + 5,73 + 10,00 + 4,00 + 5,00 + 19,39 + 0 \\ &= 164,12 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{164,12 \text{ menit/hari}}{1296 \text{ menit/hari}} \times 100\% \\ &= 12,67 \% \end{aligned}$$

R.4. Reduce Speed Losses

Kerugian ini dipengaruhi oleh waktu edar aktual alat mekanis lebih besar dari waktu edar yang direncanakan. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{CT \times \text{total product process}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (menit)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

Total product process = Jumlah ritase produksi dalam 1 jam

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

CT = 0,37 menit (Lampiran P)

Total produk = 161x curah/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{161 \times 0,37 \text{ menit}}{1295 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,63 \% \end{aligned}$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = 1343 menit/hari (Lampiran K)

CT = 23,49 menit (Lampiran P)

Total produk = 3x ritase/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{3 \times 23,49 \text{ menit}}{1343 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,37\% \end{aligned}$$

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = 1314 menit/hari (Lampiran K)

CT = 28,98 menit (Lampiran P)

Total produk = 2x ritase jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{2 \times 28,98 \text{ menit}}{1314 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,41\% \end{aligned}$$

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = 1296 menit/hari (Lampiran K)

CT = 27,92 menit (Lampiran P)

Total produk = 2x ritase/jam

$$\begin{aligned} \text{Total Losses} &= \frac{2 \times 27,92 \text{ menit}}{1296 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 4,31\% \end{aligned}$$

R.5. Defect in Process

Kerugian ini disebabkan oleh produk yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$\text{Defect in Process} = \frac{CT \times \text{rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (menit)

Rework = Total produk cacat

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

CT = 0,37 menit (Lampiran P)

Total produk	= 161x curah/jam
<i>Production input</i>	= 100x curah
<i>Good quality</i> (BFF \geq 100%)	= 85x curah (Lampiran E)
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100% = 15%
Jumlah produk cacat	= 161 x 15% = 24,15 curah/jam
<i>Total Losses</i>	= $\frac{24,15 \times 0,37 \text{ menit}}{1295 \text{ menit}} \times 100\%$
	= 0,69 %

2. OHT CAT 773E

<i>Loading Time</i>	=1343 menit/hari (Lampiran K)
CT	= 23,49 menit (Lampiran P)
Total produk	= 3x ritase/jam
<i>Production input</i>	= 100x curah
<i>Good quality</i> (BFF \geq 100%)	= 85x curah (Lampiran E)
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100% = 15%
Jumlah produk cacat	= 3 x 15% = 0,38 curah/jam
<i>Total Losses</i>	= $\frac{0,38 \times 23,49 \text{ menit}}{1343 \text{ menit}} \times 100\%$
	= 0,66 %

3. DT Liugong DW90A

<i>Loading Time</i>	=1314 menit/hari (Lampiran K)
CT	= 28,98 menit (Lampiran P)
Total produk	= 2x ritase/jam
<i>Production input</i>	= 100x curah
<i>Good quality</i> (BFF \geq 100%)	= 85x curah (Lampiran E)
<i>Defect quality</i>	= (100 – 85) x 100% = 15%
Jumlah produk cacat	= 2 x 15% = 0,30x curah/jam
<i>Total Losses</i>	= $\frac{0,30 \times 29,98 \text{ menit}}{1284 \text{ menit}} \times 100\%$
	= 0,66 %

4. ADT Volvo A45G

<i>Loading Time</i>	=1296 menit/hari (Lampiran K)
CT	= 27,92 menit (Lampiran P)
Total produk	= 2x ritase/jam
<i>Production input</i>	= 100x curah

$$\begin{aligned}
\text{Good quality (BFF } \geq 100\%) &= 85 \times \text{curah} \quad (\text{Lampiran E}) \\
\text{Defect quality} &= (100 - 85) \times 100\% = 15\% \\
\text{Jumlah produk cacat} &= 2 \times 15\% = 0,30 \times \text{curah/jam} \\
\text{Total Losses} &= \frac{0,30 \times 27,92 \text{ menit}}{1296 \text{ menit}} \times 100\% \\
&= 0,65\%
\end{aligned}$$

R.6. Reduce Yield Losses

Kerugian ini disebabkan oleh material yang tidak terpakai atau terbuang saat aktivitas penambangan berlangsung. Nilai diperoleh menggunakan persamaan :

$$\text{Reduce Yield Losses} = \frac{CT \times \text{reduced}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Keterangan :

CT = Waktu edar alat mekanis, (menit)

Reduced = Jumlah material tidak terpakai (ton)

Loading time = Waktu tersedia secara aktual, (menit)

1. Excavator Volvo 950E

Loading Time = 1295 menit/hari (Lampiran K)

CT = 0,37 menit (Lampiran P)

Total produk = 161x curah/jam

Jumlah produk cacat = 24 curah/jam

Kapasitas Alat = 5,6 m³ (Lampiran B)

$$= 5,6 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ ton/m}^3 \times 0,83$$

$$= 8 \text{ ton}$$

Rata – Rata Muatan = 7,20 ton

Material yang Tidak Terpakai = 8 ton – 7,20 ton

$$= 0,80 \text{ ton}$$

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

$$= 24 \text{ curah/jam} \times 0,8 \text{ ton}$$

$$= 19,32 \text{ ton}$$

$$\text{Total Losses} = \frac{19,32 \text{ ton} \times 0,37 \text{ menit}}{1295 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 0,56 \%$$

2. OHT CAT 773E

Loading Time = 1343 menit/hari (Lampiran K)

CT = 23,49 menit (Lampiran P)

Total produk = 3 kali ritase/jam

Jumlah Produk cacat = 0,38 ritase/jam

Kapasitas Alat = 30,51 m³ (Lampiran C)

= 30,51 m³ x 1,82 ton/m³

= 55,52 ton

Rata – Rata Muatan = 54,88 ton

Material yang Tidak Terpakai = 55,52 ton – 54,88 ton

= 0,64 ton

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

= 0,38 curah/jam x 0,64 ton

= 0,24 ton

Total Losses = $\frac{0,24 \text{ ton} \times 23,49 \text{ menit}}{1343 \text{ menit}} \times 100\%$

= 0,42 %

3. DT Liugong DW90A

Loading Time = 1314 menit/hari (Lampiran K)

CT = 28,98 menit (Lampiran P)

Total produk = 2x ritase/jam

Jumlah produk cacat = 0,30 ritase/jam

Kapasitas Alat = 27,47 m³ (Lampiran C)

= 27,47 m³ x 1,82 ton/m³

= 50 ton

Rata – Rata Muatan = 48,81 ton

Material yang Tidak Terpakai = 50 ton – 48,81 ton

= 1,19 ton

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

= 0,30 ritase/jam x 1,19 ton

= 0,36 ton

Total Losses = $\frac{0,36 \text{ ton} \times 28,98 \text{ menit}}{1314 \text{ menit}} \times 100\%$

= 0,79 %

4. ADT Volvo A45G

Loading Time = 1296 menit/hari (Lampiran K)

CT = 27,92 menit (Lampiran P)

Total produk = 2x ritase/jam

Jumlah produk cacat = 0,30 ritase/jam

Kapasitas Alat = 18,13 m³ (Lampiran C)

= 18,13 m³ x 1,82 ton/m³

= 33 ton

Rata – Rata Muatan = 32,02 ton

Material yang Tidak Terpakai = 33 ton – 32,02 ton

= 0,98 ton

Total Material yang Tidak Terpakai dalam 1 Jam :

= 0,30 ritase/jam x 0,98 ton

= 0,29 ton

Total Losses = $\frac{0,29 \text{ ton} \times 27,92 \text{ menit}}{1296 \text{ menit}} \times 100\%$

= 0,63 %

Perhitungan secara Kumulatif *Six Big Losses*

1. *Downtime Losses*

Excavator Volvo 950E = 131,20 menit

OHT CAT 773E = 74,61 menit

DT LG DW90A = 100,45 menit

ADT VOL A45G = 108,30 menit

Total *Losses* = 414,56 menit +

2. *Set up and Adjustment Losses*

Excavator Volvo 950E = 14 menit

OHT CAT 773E = 22 menit

DT LG DW90A = 28,67 menit

ADT VOL A45G = 36 menit

Total *Losses* = 100,67 menit +

3. *Idling and Minor Stoppage*

Excavator Volvo 950E = 168,03 menit

OHT CAT 773E	= 179,49 menit	
DT LG DW90A	= 175,77 menit	
ADT VOL A45G	= 164,12 menit	
Total Losses	= 687,35 menit	+

4. *Reduce Speed Losses*

Excavator Volvo 950E	= 60 menit	
OHT CAT 773E	= 58,73 menit	
DT LG DW90A	= 57,97 menit	
ADT VOL A45G	= 55,83 menit	
Total Losses	= 232,53 menit	+

5. *Defect in Process*

Excavator Volvo 950E	= 8,99 menit	
OHT CAT 773E	= 8,81 menit	
DT LG DW90A	= 8,69 menit	
ADT VOL A45G	= 8,38 menit	
Total Losses	= 34,87 menit	+

6. *Reduce Yield Losses*

Excavator Volvo 950E	= 19,32 menit	
OHT CAT 773E	= 0,24 menit	
DT LG DW90A	= 0,36 menit	
ADT VOL A45G	= 0,29 menit	
Total Losses	= 20,21 menit	+

Tabel R
Six Big Losses Kumulatif setelah Perbaikan

<i>Losses</i>	Total Hambatan (menit)	
	Aktual	Setelah
<i>Downtime Losses</i>	414,56	414,56
<i>Setup and Adjustment</i>	205,79	100,67
<i>Idling & Minor Stoppage</i>	811,27	687,35
<i>Reduce Speed Losses</i>	240,08	232,53
<i>Defect in Process</i>	36,04	34,87
<i>Reduce yield losses</i>	21,41	20,21

LAMPIRAN S
PERHITUNGAN NILAI *MATCH FACTOR HETEROGENOUS*
***TRUCK FLEET* SETELAH PERBAIKAN**

Diketahui :

- CT Excavator VOL 950E = 0,40 menit
- Jumlah curah (OHT CAT 773E) = 7 kali curah
 - Jumlah curah (DT LG DW90A) = 6 kali curah
 - Jumlah curah (ADT VOL A45G) = 4 kali curah
- Jumlah alat angkut = 10 unit
- Jumlah OHT CAT 773E = 6 unit
- Jumlah DT LG DW90A = 3 unit
- Jumlah ADT VOL A45G = 1 unit
- CT OHT CAT 773E (*ore*) = 22,22 menit
- CT OHT CAT 773E (*waste*) = 24,13 menit
- CT DT LG DW90A (*ore*) = 25,93 menit
- CT DT LG DW90A (*waste*) = 30,51 menit
- CT ADT VOL A45G (*waste*) = 27,92 menit

Berdasarkan data yang diketahui, nilai waktu edar alat muat tipe i' untuk mengisi alat angkut tipe i (*truck loading time*) dapat ditentukan sebagai berikut (Tabel M) :

- Truck loading time* (TLT) = Total unit x curah x loading time
- OHT CAT 773E (*ore*) = 2 unit x 7 curah x 0,37 menit = 5 menit
- OHT CAT 773E (*waste*) = 4 unit x 7 curah x 0,37 menit = 10 menit

Tabel S
 Data Perhitungan *Truck Loading Time* (TLT)

Type	Material Ore			Material Waste		
	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
Total Unit	2	1	0	4	2	1

(Lanjutan Tabel S)

Type	Material Ore			Material Waste		
	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G	OHT CAT 773E	DT LG DW90A	ADT VOL A45G
curah	7	6	4	7	6	4
Loading Time	0,37 menit					
Truck Loading Time	5 menit	2 menit	0	10 menit	4 menit	1 menit
	24 menit					

Rata – rata waktu edar alat angkut secara keseluruhan (*truck cycle time*) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Truck cycle time} &= \frac{\sum_i (t_i \cdot X_i)}{\sum_i X_i} \\
 &= \frac{(2 \times 22,22 \text{ menit}) + (1 \times 25,93 \text{ menit}) + 0 + (4 \times 24,13 \text{ menit}) + (2 \times 30,51 \text{ menit}) + (1 \times 27,92 \text{ menit})}{10 \text{ unit}} \\
 &= \frac{255,81 \text{ menit}}{10 \text{ unit}} = 25,58 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Nilai faktor keserasian dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MF} &= \frac{\sum_i (X_i) \sum_i (t_i, i' \cdot X_i)}{X_i' \sum_i (t_i \cdot X_i)} \\
 &= \frac{(10 \text{ unit}) \times 24 \text{ menit}}{(1 \text{ unit}) \times 255,81 \text{ menit}} \\
 &= \mathbf{0,93 \text{ (MF < 1)}}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN T

PRODUKSI ALAT MUAT SETELAH PERBAIKAN

T.1. Produksi Material *Ore*

Waktu edar alat muat (Ctm) = 22,33 detik (Lampiran P)

Kapasitas *bucket* (Kbm) = 5,6 m³ (Lampiran B)

Faktor pengisian *bucket* (BFF) = 100 % (Lampiran E)

Efektivitas Alat (EFF) = 68,81% (Lampiran Q)

Densitas *Loose* = 1,76 ton/m³ (Lampiran F)

Swell Factor = 83% (Lampiran F)

$$\begin{aligned} Ptm &= \frac{3600}{Ctm} \times Kbm \times BFF \times Eff \times SF \times \text{Densitas } loose \\ &= \frac{3600 \text{ detik}}{22,33 \text{ detik}} \times 5,6 \text{ m}^3 \times 100\% \times 68,81\% \times 83\% \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\ &= 939,65 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produksi alat muat adalah sebesar 939,65 ton/jam.

$$\begin{aligned} \text{Total produksi Alat Muat} &= 939,65 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 22.551 \text{ ton/hari} \\ &= 22.551 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari} \\ &= 631.442 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

T.2. Produksi Material *Waste*

Waktu edar alat muat (Ctm) = 22,33 detik (Lampiran P)

Kapasitas *bucket* (Kbm) = 5,6 m³ (Lampiran B)

Faktor pengisian *bucket* (BFF) = 100 % (Lampiran E)

Efektivitas Alat (EFF) = 68,81% (Lampiran Q)

Densitas *Loose* = 1,76 ton/m³ (Lampiran F)

Swell Factor = 83% (Lampiran F)

$$\begin{aligned} Ptm &= \frac{3600 \text{ detik}}{22,33 \text{ detik}} \times 5,6 \text{ m}^3 \times 100\% \times 68,81\% \times 83\% \times 1,76 \text{ ton/m}^3 \\ &= 939,65 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produksi alat muat adalah sebesar 939,65 ton/jam.

$$\begin{aligned}\text{Total produksi Alat Muat} &= 939,65 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 22.551 \text{ ton/hari} \\ &= 22.551 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari} \\ &= 631.442 \text{ ton/bulan}\end{aligned}$$

LAMPIRAN U

PRODUKSI ALAT ANGKUT SETELAH PERBAIKAN

U.1. Produksi Material *Ore*

1. OHT CAT 773E

Waktu edar (Cta)	= 22,22 menit (Lampiran P)
Jumlah alat angkut (Na)	= 2 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran B)
Efektivitas Kerja (EK)	= 72,49% (Lampiran Q)
BFF	= 100% (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Densitas <i>loose</i>	= 1,76 ton/m ³ (Lampiran F)
Banyak Curah (n)	= 7 kali curah
Produksi OHT CAT 773E	= $\frac{60}{22,22 \text{ menit}} \times 72,49\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 7$ = 64,00 BCM/Jam x 1,76 ton/m ³ = 112,63 ton/jam

Produksi alat angkut adalah 112,63 ton/jam.

Total produksi 2 unit alat angkut pada penambangan material *ore* :

$$\begin{aligned} &= 112,63 \text{ ton/jam} \times 2 \text{ unit} = 225,27 \text{ jam/jam} \\ &= 225,27 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 5406,40 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\ &= 151.379 \text{ ton/bulan untuk 2 unit OHT CAT 773E} \end{aligned}$$

2. DT Liugong DW90A

Waktu edar dump truck (Cta)	= 25,93 menit (Lampiran P)
Jumlah alat angkut (Na)	= 1 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran C)
Efektivitas Alat (Eff)	= 70,68% (Lampiran Q)

BFF	= 100% (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Densitas <i>loose</i>	= 1,76 ton/m ³ (Lampiran F)
Banyak Curah (Na)	= 6
Produksi DT LG DW90A	= $\frac{60}{25,93 \text{ menit}}$ x 70,68% x 100% X 83% x 5,6 m ³ x 6
	= 45,84 BCM/Jam x 1,76 ton/m ³
	= 80,68 ton/jam

Produksi alat angkut adalah sebesar 80,68 ton/jam.

Total produksi 1 unit alat angkut pada penambangan material *ore* :

$$\begin{aligned}
 &= 80,68 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 1936,22 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
 &= 54.214 \text{ ton/bulan untuk 1 unit DT Liugong DW90A}
 \end{aligned}$$

U.2. Produksi Material *Waste*

1. OHT CAT 773E

Waktu edar (Cta)	= 24,13 menit (Lampiran P)
Jumlah alat angkut (Na)	= 4 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran C)
Efektivitas Kerja (EK)	= 72,49% (Lampiran Q)
BFF	= 100 % (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Densitas <i>loose</i>	= 1,82 ton/m ³ (Lampiran F)
Banyak Curah (n)	= 7 kali curah
Produksi OHT CAT 773E	= $\frac{60}{24,13 \text{ menit}}$ x 72,49% x 100% X 83% x 5,6 m ³ x 7
	= 59 BCM/Jam x 1,82 ton/m ³
	= 107 ton/jam

Produksi alat angkut adalah sebesar 107 ton/jam.

Total produksi 4 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

$$\begin{aligned}
 &= 107 \text{ ton/jam} \times 4 \text{ unit} \\
 &= 428 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 10262 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\
 &= 287.342 \text{ ton/bulan untuk 4 unit OHT CAT 773E}
 \end{aligned}$$

2. DT LG DW90A

Waktu edar (Cta)	= 30,51 menit (Lampiran P)
Jumlah alat angkut (Na)	= 2 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran C)
Efektivitas Kerja (EK)	= 70,68% (Lampiran Q)
BFF	= 100% (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Densitas <i>loose</i>	= 1,82 ton/m ³ (Lampiran F)
Banyak Curah (n)	= 6 kali curah
Produksi DT LG DW90A	= $\frac{60}{30,51 \text{ menit}} \times 70,68\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 6$ = 39 BCM/Jam x 1,82 ton/m ³ = 71 ton/jam

Produksi alat angkut adalah sebesar 71 ton/jam.

Total produksi 2 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

$$\begin{aligned} &= 71 \text{ ton/jam} \times 2 \text{ unit} \\ &= 141 \text{ ton/jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 3391 \text{ ton/hari} \times 28 \text{ hari/bulan} \\ &= 94.940 \text{ ton/bulan untuk 2 unit DT LG DW90A} \end{aligned}$$

3. ADT VOL A45G

Waktu edar (Cta)	= 27,92 menit (Lampiran P)
Jumlah alat angkut (Na)	= 1 unit
Kapasitas <i>Bucket</i> (Kbm)	= 5,6 m ³ (Lampiran C)
Efektivitas Kerja (EK)	= 70,36% (Lampiran Q)
BFF	= 100 % (Lampiran E)
SF	= 83% (Lampiran F)
Densitas <i>loose</i>	= 1,82 ton/m ³ (Lampiran F)
Banyak Curah (n)	= 4 kali curah
Produksi ADT VOL A45G	= $\frac{60}{27,92 \text{ menit}} \times 70,36\% \times 100\% \times 83\% \times 5,6 \text{ m}^3 \times 4$ = 35 BCM/Jam x 1,82 ton/m ³ = 64 ton/jam

Produksi alat angkut adalah sebesar 64 ton/jam.

Total produksi 4 unit alat angkut pada penambangan material *waste* :

= 64 ton/jam x 24 jam

= 1537 ton/hari x 28 hari/bulan

= 43.036 ton/bulan untuk 1 unit ADT VOL A45G

Perbandingan hasil produksi material *ore* dan material *waste* dapat dilihat pada Tabel U.

Tabel U
Perbandingan Hasil Produksi Material *Ore* dan Material *Waste*

	Material Ore (ton/bulan)	Material Waste (ton/bulan)
Target Produksi	202.969	419.807
Aktual	183.291	393.418
Perbaikan	205.593	425.318
% Ketercapaian	101,29%	101,31%

LAMPIRAN V

PETA JALAN ANGKUT

