

SKRIPSI

**OPTIMALISASI EFEKTIVITAS KERJA ALAT *LOADER* LHD
CAT R2900 DAN *TRUCK* CAT AD60 UNTUK MENUNJANG
KETERCAPAIAN TARGET *HORIZONTAL DEVELOPMENT*
PLAN DI TAMBANG BAWAH TANAH UPPER-KL
(KUCING LIAR) PT FREEPORT INDONESIA,
PAPUA TENGAH**



ARYA DEWANTARA

03021282025042

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

SKRIPSI

OPTIMALISASI EFEKTIVITAS KERJA ALAT *LOADER* LHD CAT R2900 DAN *TRUCK* CAT AD60 UNTUK MENUNJANG KETERCAPAIAN TARGET *HORIZONTAL DEVELOPMENT* *PLAN* DI TAMBANG BAWAH TANAH UPPER-KL (KUCING LIAR) PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA TENGAH

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mata Kuliah Tugas Akhir pada Program Studi
Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH :

ARYA DEWANTARA

03021282025042

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMALISASI EFEKTIVITAS KERJA ALAT *LOADER* LHD CAT R2900 DAN *TRUCK* CAT AD60 UNTUK MENUNJANG KETERCAPAIAN TARGET *HORIZONTAL DEVELOPMENT PLAN* DI TAMBANG BAWAH TANAH UPPER-KL (KUCING LIAR) PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA TENGAH

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

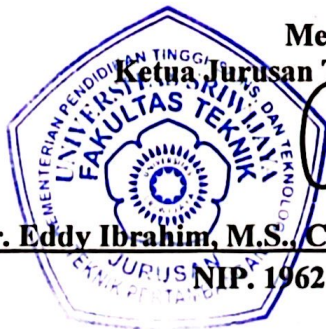
ARYA DEWANTARA
03021282025042

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T.
NIP. 195909251988111001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



 **Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU, ASEAN Eng., APEC Eng., ACPE**
NIP. 196211221991021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

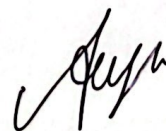
Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arya Dewantara
NIM : 03021282025042
Judul : Optimalisasi Efektivitas Kerja Alat *Loader* LHD CAT R2900 dan *Truck* CAT AD60 untuk Menunjang Ketercapaian Target *Horizontal Development Plan* di Tambang Bawah Tanah Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia, Papua Tengah

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Indralaya, Mei 2025



Arya Dewantara
NIM. 03021282025042

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arya Dewantara
NIM : 03021282025042
Judul : Optimalisasi Efektivitas Kerja Alat *Loader* LHD CAT R2900 dan *Truck* CAT AD60 untuk Menunjang Ketercapaian Target *Horizontal Development Plan* di Tambang Bawah Tanah Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia, Papua Tengah

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, Mei 2025



Arya Dewantara
NIM. 03021282025042

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Arya Dewantara adalah anak laki-laki yang lahir di Bogor pada tanggal 02 Mei 2002. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan suami istri Yusri dan Siti Nurhayati. Penulis mengawali pendidikan pertamanya di TK Kusuma Bangsa, Batam pada tahun 2006 dan kemudian pindah ke Elias Kindergarten, Singapura pada tahun 2007. Setelah itu dilanjutkan dengan pendidikan tingkat dasar yaitu di Ahmad Ibrahim Primary School, Singapura pada tahun 2008 dan kemudian pindah ke SD Negeri 2 Rawa Laut, Bandar Lampung pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2014, kemudian dilanjutkan dengan pendidikan tingkat atas di SMA Swasta Bintara Depok pada tahun 2017 dan kemudian pindah ke SMA Plus Negeri 17 Palembang pada tahun 2018. Peneliti melanjutkan jenjang pendidikan tinggi di Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Persatuan Mahasiswa Pertambangan (PERMATA FT UNSRI) sebagai Kepala Departemen Puslitbang (Pusat Penelitian dan Pengembangan) periode 2022-2023 Kabinet Krisna Askara. Penulis juga berperan sebagai Asisten Laboratorium Pemboran dan Peledakan. Penulis juga aktif mengikuti berbagai program magang yaitu Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) - FHCI di PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim selama 6 bulan pada tahun 2022, magang kerja praktik di PT Kaltim Prima Coal, Sangatta selama 2 bulan pada tahun 2023, dan magang PT Freeport Indonesia Internship Program, Tembagapura selama 4 bulan pada tahun 2024.

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Ketika saya melibatkan Allah SWT. dalam setiap rencana dan impianku, dengan penuh keikhlasan dan keyakinan, itu adalah jalan yang terbaik”

Skripsi ini saya persembahkan untuk orang tua, keluarga, sahabat, dan almamater tercinta Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, serta seluruh pihak yang terlibat dalam perjalanan hidup saya.

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

TERIMA KASIH

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah Ta'ala atas berkat rahmat-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan di PT Freeport Indonesia dengan judul “Optimalisasi Efektivitas Kerja Alat *Loader* LHD CAT R2900 dan *Truck* CAT AD60 untuk Menunjang Ketercapaian Target *Horizontal Development Plan* di Tambang Bawah Tanah Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia, Papua Tengah”. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Taufik Marwa, S.E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN Eng, APEC Eng, ACPE. dan Rosihan Pebrianto, S.T., M.T., selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T. selaku Pembimbing I yang telah membimbing selama penyusunan skripsi.
5. Semua dosen yang telah memberikan ilmunya serta semua staf dan karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
6. Iwan Manalu, S.T. dan Gede Wikertha, S. Par. sebagai pembimbing lapangan yang membimbing selama penelitian.
7. Seluruh pihak PT Freeport Indonesia dan PT Redpath Indonesia yang telah membantu selama penelitian.

Penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu penulis menerima saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan di masa datang. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri.

Indralaya, Mei 2025

Penulis



Arya Dewantara

RINGKASAN

OPTIMALISASI EFEKTIVITAS KERJA ALAT *LOADER* LHD CAT R2900 DAN *TRUCK* CAT AD60 UNTUK MENUNJANG KETERCAPAIAN TARGET *HORIZONTAL DEVELOPMENT PLAN* DI TAMBANG BAWAH TANAH UPPER-KL (KUCING LIAR) PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA TENGAH

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Mei 2025

Arya Dewantara; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T.

xviii + 107 halaman, 20 tabel, 26 gambar, 18 lampiran

RINGKASAN

PT Freeport Indonesia adalah perusahaan tambang tembaga, emas, dan perak yang beroperasi di Kabupaten Mimika, Papua Tengah. Departemen Development Operations GBC-KL PT Freeport Indonesia memiliki kendala yaitu sering terjadi ketidaktercapaian aktual terhadap *horizontal development plan*. Seperti pada bulan Januari sampai Juli 2024, rata-rata persentase ketercapaian target yaitu hanya 61,48%, dengan target tonnase total sebesar 200.226,31 ton dan aktual tonnase total sebesar 119.926,61 ton, dengan EU 42,91%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat serta merencanakan jumlah kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi. Data yang diambil dari lapangan yaitu data *cycle time* alat, jarak tempuh dari alat gali-muat dan angkut, data jam kerja, data waktu *delay* (hambatan) dan data pendukung lain dari perusahaan, seperti data *swell factor*, dan *fill factor*. Metodologi penelitian ini melibatkan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, diikuti dengan perhitungan produktivitas alat yang digunakan untuk merencanakan jumlah kebutuhan alat guna mencapai target produksi. Berdasarkan hasil perhitungan, produktivitas rata-rata aktual alat gali-muat CAT LHD R2900 sebesar 115,06 LCM/jam atau 241,62 ton/jam dan alat angkut CAT AD60 sebesar 9,33 LCM/jam atau 18,66 ton/jam untuk *heading-heading* yang mengangkut *waste* ke Kasuang Dump. Sedangkan untuk KL 711 Service Decline yang mengangkut *waste* ke Wastepass 1 2700L, produktivitas aktual rata-rata alat gali-muat CAT LHD R2900 sebesar 80,21 LCM/jam atau 168,45 ton/jam dan alat angkut CAT AD60 sebesar 13,90 LCM/jam atau 29,19 ton/jam. Setelah dilakukan optimalisasi terhadap efektivitas kerja alat, yaitu dengan mengurangi hambatan kerja alat, maka EU meningkat dari 42,91% menjadi 61,66%. Dan produktivitas alat setelah optimalisasi pun meningkat sebesar 43,69 % untuk alat gali-muat dan 43,68% untuk alat angkut, yaitu alat gali-muat CAT LHD R2900 sebesar 165,32 LCM/jam atau 347,17 ton/jam dan alat angkut CAT AD60 sebesar 13,41 LCM/jam atau 28,15 ton/jam untuk *heading-heading* yang mengangkut *waste* ke Kasuang Dump. Sedangkan untuk KL 711 Service Decline yang mengangkut *waste* ke Wastepass 1 2700L, produktivitas rata-rata setelah optimalisasi alat gali-muat CAT LHD R2900 sebesar 115,26 LCM/jam atau 242,04 ton/jam dan alat angkut CAT AD60 sebesar 19,97 LCM/jam atau 41,95 ton/jam. Dengan upaya optimalisasi efektivitas kerja alat, maka produktivitas alat gali-muat dan angkut pun bertambah,

yang berpengaruh juga pada kebutuhan alat yang semakin sedikit per *heading*-nya, yaitu berkurang kebutuhan alat angkut sebesar 1 unit di semua *heading* untuk alat angkut saja, kecuali untuk heading KL 711 yang tetap pada kebutuhan 2 unit alat truck CAT AD60.

Kata Kunci : Produktivitas Alat, Efektivitas Kerja Alat, Kebutuhan Alat

Kepustakaan : 40 Daftar Pustaka, 1980-2023

SUMMARY

WORK EFFECTIVENESS OPTIMIZATION OF CAT LHD R2900 LOADER AND CAT AD60 TRUCK TO SUPPORT THE ACHIEVEMENT OF HORIZONTAL DEVELOPMENT PLAN TARGET IN UPPER-KL (KUCING LIAR) UNDERGROUND MINE PT FREEPORT INDONESIA, CENTRAL PAPUA

Scientific paper in the form of thesis, May 2025

Arya Dewantara; Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T.

xviii + 107 pages, 20 tables, 26 images, and 18 attachments.

SUMMARY

PT Freeport Indonesia is a mining company engaged in the extraction of copper, gold, and silver, operating in Mimika Regency, Central Papua. The Development Operations Department of GBC-KL at PT Freeport Indonesia is currently facing a challenge, namely the frequent underachievement of actual performance relative to the horizontal development plan. Between January and July 2024, the average achievement rate reached only 61.48%, with a total targeted tonnage of 200,226.31 tons and an actual total tonnage of 119,926.61 tons, accompanied by an Equipment Utilization (EU) rate of 42.91%. This study aims to analyze the factors influencing equipment productivity and to determine the required number of loading and hauling units to achieve the production targets. Field data collected include equipment cycle time, hauling distance for both loading and hauling units, working hours, delay (downtime) data, as well as supporting data such as swell factor and fill factor obtained from the company. The research methodology involves identifying factors affecting equipment productivity, followed by calculating equipment productivity to estimate the number of units required to meet production targets. The results show that the average actual productivity of the CAT LHD R2900 loader is 115.06 LCM/hour or 241.62 tons/hour, while the CAT AD60 hauler records 9.33 LCM/hour or 18.66 tons/hour for headings transporting waste to Kasuang Dump. In contrast, for the KL 711 Service Decline, which transports waste to Wastepass 1 at the 2700L level, the average actual productivity of the CAT LHD R2900 is 80.21 LCM/hour or 168.45 tons/hour, and the CAT AD60 achieves 13.90 LCM/hour or 29.19 tons/hour. Upon optimizing equipment effectiveness by minimizing delays, the EU increased from 42.91% to 61.66%. Consequently, the productivity of the loading and hauling equipment improved by 43.69% and 43.68%, respectively. Post-optimization, the CAT LHD R2900 achieved a productivity of 165.32 LCM/hour or 347.17 tons/hour, while the CAT AD60 recorded 13.41 LCM/hour or 28.15 tons/hour for the Kasuang Dump headings. For the KL 711 Service Decline, the optimized productivity of the CAT LHD R2900 reached 115.26 LCM/hour or 242.04 tons/hour, and the CAT AD60 reached 19.97 LCM/hour or 41.95 tons/hour. The optimization of equipment effectiveness led to increased productivity of both loading and hauling units. This increase in productivity subsequently reduced the number of equipment units required per

heading, particularly a reduction of one hauling unit per heading, except for the KL 711 heading, which still requires two CAT AD60 truck units.

Keywords : Equipment Productivity, Equipment Work Effectiveness, Required Equipment Units

Citations : 40 Citations, 1980-2023

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
RINGKASAN.....	ix
SUMMARY.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Mineralisasi Kucing Liar.....	6
2.2. Cadangan Bijih Kucing Liar.....	6
2.3. Tambang Bawah Tanah.....	7
2.4. Metode Penambangan <i>Block Caving</i>	9
2.5. Prinsip Dasar yang diterapkan pada Metode <i>Block Caving</i>	11
2.6. Alasan Pemilihan Penambangan dengan Metode <i>Block Caving</i>	13
2.7. Siklus <i>Underground Development</i>	14

2.7.1. Alat yang digunakan pada Siklus <i>Development</i>	22
2.8. Produktivitas Alat Mekanis.....	25
2.8.1. Produktivitas Alat Gali-Muat.....	25
2.8.1.1. Loader LHD (<i>Load Haul Dump</i>).....	25
2.8.1.2. Produktivitas <i>Loader LHD</i>	26
2.8.2. Produktivitas Alat Angkut.....	26
2.8.2.1. <i>Underground Dump Truck</i>	27
2.8.2.2. Produktivitas <i>Dump Truck</i>	28
2.9. Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Gali-Muat dan Angkut.....	29
2.9.1. Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	29
2.9.2. Faktor Pengisian <i>Bucket</i> (<i>Bucket Fill Factor</i>).....	29
2.9.3. Faktor Material.....	30
2.9.4. Kebutuhan Alat Gali Muat Dan Alat Angkut.....	31
2.9.5. Faktor Keserasian (<i>Match Factor</i>).....	32
2.9.6. Efisiensi Kerja.....	32
2.10. Penelitian Terdahulu.....	34
BAB 3.....	38
METODE PENELITIAN.....	38
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	38
3.2. Metode Penelitian.....	43
3.2.1. Studi Literatur.....	44
3.2.2. Observasi Lapangan.....	44
3.2.3. Pengambilan Data.....	44
3.2.4. Pengolahan Data.....	45
3.2.5. Analisa Data.....	45
3.2.6. Metode Rumusan Masalah.....	46
3.2.7. Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB 4.....	49
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1. Analisis Produktivitas Alat Aktual <i>Loader LHD CAT R2900</i> dan <i>Truck CAT AD60</i>	49
4.1.1. <i>Cycle Time</i> Aktual.....	49

4.1.2. <i>Match Factor</i> Alat Aktual.....	50
4.1.3. Produktivitas Alat Aktual <i>Loader</i> LHD CAT R2900 dan <i>Truck</i> CAT AD60.....	51
4.2. Penggunaan Efektif (<i>Effective Utilization</i>) Alat Aktual <i>Loader</i> LHD CAT R2900 dan <i>Truck</i> CAT AD60.....	53
4.3. Kebutuhan Alat Aktual <i>Loader</i> LHD CAT R2900 dan <i>Truck</i> CAT AD60...	54
4.4. Analisis Optimalisasi Efektivitas Kerja Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900 dan <i>Truck</i> CAT AD60.....	56
4.4.1. Penggunaan Efektif (<i>Effective Utilization</i>) setelah Optimalisasi.....	56
4.4.2. Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut setelah Optimalisasi...	57
4.4.3. Kebutuhan Alat Gali-Muat dan Angkut Setelah Optimalisasi.....	58
4.4.4. <i>Match Factor</i> Alat Setelah Optimalisasi.....	59
BAB 5.....	61
KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Cadangan Bijih pada Zona-Zona Tambang PTFI.....	6
Gambar 2.2. Struktur Dasar Tambang Bawah Tanah.....	7
Gambar 2.3. Metode Tambang Bawah Tanah.....	9
Gambar 2.4. Lokasi dan Sebaran Mineral Tambang Bawah Tanah.....	10
Gambar 2.5. Penambangan pada Metode <i>Block Caving</i>	11
Gambar 2.6. Ilustrasi Penambangan <i>Block Caving</i>	13
Gambar 2.7. Siklus <i>Underground Development</i>	15
Gambar 2.8. <i>Survey Markup</i>	15
Gambar 2.9. <i>Standard Heading Drawpoint</i> dan <i>Drawbell</i>	16
Gambar 2.10. <i>Drilling</i>	17
Gambar 2.11. <i>Charging</i>	17
Gambar 2.12. <i>Muck Out</i>	18
Gambar 2.13. <i>Scaling/Barring Down</i>	19
Gambar 2.14. Penyemprotan <i>Shotcrete</i>	20
Gambar 2.15. Pemasangan <i>Cable Bolt</i>	20
Gambar 2.16. <i>Survey Actual As Build</i>	21
Gambar 2.17. Alat <i>Total Station</i> Leica Nova 60.....	22
Gambar 2.18. Alat <i>Jumbo Drill</i> Axera D07-26C.....	23
Gambar 2.19. Alat <i>Jacoon Maxijet</i>	24
Gambar 2.20. Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900.....	24
Gambar 2.21. Pergerakan Penggalian dan Dimensi <i>Loader</i> LHD CAT R2900.....	26
Gambar 2.22. Pergerakan Penggalian dan Dimensi <i>Truck</i> CAT AD60.....	28
Gambar 3.1. Peta Lokasi Operasional PT Freeport Indonesia.....	38
Gambar 3.2. Kondisi Geografis PT Freeport Indonesia.....	40
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 4.1. Peta Lokasi <i>Loading Point</i> dan <i>Dumping Point</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pemilihan Penambangan Metode <i>Block Caving</i>	14
Tabel 2.2. Tipe <i>Primary Support</i> berdasarkan Kondisi Galian.....	21
Tabel 2.3. Faktor Pengisian <i>Bucket</i>	30
Tabel 2.4. Nilai <i>Swell Factor</i>	31
Tabel 3.1. Tahapan Kegiatan Penelitian.....	43
Tabel 3.2. Metode Rumusan Masalah.....	47
Tabel 4.1. <i>Cycle Time</i> Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut yang <i>Dumping</i> di Kasuang Dump.....	49
Tabel 4.2. <i>Cycle Time</i> Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut yang <i>dumping</i> di Wastepass 1 2700L.....	49
Tabel 4.3. <i>Match Factor</i> Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan <i>Muck-Out Material Waste</i> yang <i>Dumping</i> di Kasuang Dump.....	50
Tabel 4.4. <i>Match Factor</i> Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan <i>Muck-Out Material Waste</i> yang <i>Dumping</i> di Wastepass 1 2700L.....	50
Tabel 4.5. Produktivitas Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan <i>Muck-Out Material Waste</i> yang <i>Dumping</i> di Kasuang Dump.....	52
Tabel 4.6. Produktivitas Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan <i>Muck-Out Material Waste</i> yang <i>Dumping</i> di Wastepass 1 2700L.....	52
Tabel 4.7. Waktu Hambatan Kerja (<i>Delay</i>) Aktual per <i>Shift</i>	53
Tabel 4.8. Target <i>Horizontal Development Plan</i> KL-Upper (Kucing Liar) Bulan September 2024.....	54
Tabel 4.9. Kebutuhan Aktual Alat Gali-Muat dan Alat Angkut.....	55
Tabel 4.10. Waktu Hambatan Kerja (<i>Delay</i>) per <i>Shift</i> setelah Optimalisasi.....	56
Tabel 4.11. Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut setelah Optimalisasi.....	57
Tabel 4.12. Persentase Kenaikan Produktivitas Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900.....	58
Tabel 4.13. Kebutuhan Alat Gali-Muat dan Angkut setelah Optimalisasi.....	59
Tabel 4.14. <i>Match Factor</i> Alat setelah Optimalisasi.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Jadwal Kerja dan <i>Effective Utilization</i> Aktual.....	66
Lampiran B. <i>Effective Utilization</i> setelah Optimalisi.....	68
Lampiran C. <i>Bucket Fill Factor</i> Material.....	69
Lampiran D. <i>Swell Factor</i> Material	69
Lampiran E. Spesifikasi Alat Gali-Muat dan Angkut.....	70
Lampiran F. Target <i>Horizontal Development Plan</i> KL-Upper (Kucing Liar) Bulan September 2024.....	72
Lampiran G. <i>Cycle Time</i> Alat Gali-Muat.....	74
Lampiran H. <i>Cycle Time Truck</i> CAT AD60 di KVI 1 XC02 To South.....	78
Lampiran I. Perhitungan Produktivitas Aktual Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900.....	82
Lampiran J. Perhitungan Produktivitas Aktual Alat <i>Truck</i> CAT AD60.....	86
Lampiran K. Perhitungan Kebutuhan Aktual Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900.....	90
Lampiran L. Perhitungan Kebutuhan Alat Aktual <i>Truck</i> CAT AD60.....	92
Lampiran M. Perhitungan <i>Match Factor</i> Aktual berdasarkan Kebutuhan Aktual Alat Gali-Muat dan Angkut.....	94
Lampiran N. Perhitungan Produktivitas Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900 setelah Optimalisasi.....	96
Lampiran O. Perhitungan Produktivitas Alat <i>Truck</i> CAT AD60 setelah Optimalisasi.....	100
Lampiran P. Perhitungan Kebutuhan Alat <i>Loader</i> LHD CAT R2900 setelah Optimalisasi.....	104
Lampiran Q. Perhitungan Kebutuhan Alat <i>Truck</i> CAT AD60 setelah Optimalisasi.....	106
Lampiran R. Perhitungan <i>Match Factor</i> Aktual berdasarkan Kebutuhan Alat Gali-Muat dan Angkut setelah Optimalisasi.....	108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Freeport Indonesia adalah salah satu perusahaan tambang dengan komoditas bijih emas, tembaga, dan perak terbesar di Indonesia yang beroperasi di Pegunungan Jayawijaya, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah. Perusahaan ini merupakan afiliasi dari Freeport-McMoran yang menerapkan metode penambangan terbuka (Grasberg dan Ertsberg) dan bawah tanah, yaitu metode ambrukan (*block caving*) di tambang GBC (Grasberg Block Cave), KL (Kucing Liar), dan DMLZ (Deep Mill Level Zone), serta metode *Open Stopping with Paste Backfill* (membuat lombong dengan pengisian pasta) di BG (Big Gossan). Tambang terbuka Grasberg dan Ertsberg sudah tidak berproduksi lagi, dan sudah pada tahapan pelaksanaan kegiatan pascatambang.

Latar belakang penelitian ini berfokus pada produktivitas alat di sektor pertambangan, yang merupakan salah satu aspek penting dalam menentukan efisiensi dan efektivitas operasional. Dalam industri pertambangan, alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* memiliki peran yang sangat vital dalam proses penggalian dan pengangkutan material. Dalam industri pertambangan, produktivitas alat menjadi faktor kunci yang menentukan efisiensi dan keberhasilan operasi. Alat gali muat dan alat angkut memiliki peran penting dalam proses pemindahan material, di mana optimalisasi penggunaannya dapat meningkatkan hasil produksi dan mengurangi biaya operasional. Produktivitas alat yang optimal tidak hanya berkontribusi pada peningkatan volume produksi, tetapi juga berpengaruh terhadap pengurangan biaya operasional dan waktu penyelesaian proyek. Faktor-faktor seperti waktu kerja efektif, kapasitas alat, jenis material yang diangkut, dan kondisi lingkungan kerja memiliki dampak signifikan terhadap produktivitas alat di tambang (Sari & Prabowo, 2020).

Pemeliharaan yang tepat dan penggunaan teknologi yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi alat berat, sehingga berkontribusi pada peningkatan produktivitas (Hidayat & Rahman, 2019). Perlu adanya penekanan terhadap pentingnya analisis waktu siklus alat dan tingkat pemanfaatan alat dan dalam upaya

meningkatkan produktivitas, di mana hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan waktu *idle* dapat meningkatkan output produksi secara signifikan (Putra & Sari, 2021).

Selain itu, faktor manusia juga berperan penting dalam produktivitas alat. Menurut penelitian oleh Nugroho dan Setiawan (2020), keterampilan operator dan pelatihan yang memadai dapat meningkatkan kinerja alat berat, sehingga berdampak positif pada produktivitas. Variabel lain yang perlu diperhatikan adalah jenis material yang diangkut, di mana material yang lebih berat atau sulit diangkut dapat mengurangi efisiensi alat (Wibowo, 2021).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis variabel-variabel tersebut, sehingga dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan produktivitas alat di lokasi tambang yang diteliti. Variabel penelitian yang akan dianalisis meliputi waktu siklus alat, jenis alat, spesifikasi alat, tingkat pemanfaatan alat, dan jenis material. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas alat di industri pertambangan.

Efektivitas kerja alat berat dapat didefinisikan sebagai kemampuan alat untuk menyelesaikan tugasnya dengan efisien dan produktif (Zahra & Yuliana, 2023). Beberapa indikator yang umum berguna dalam mengukur efektivitas kerja alat berat meliputi :

1. Waktu siklus, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus operasi, termasuk waktu penggalian, pengangkutan, dan pembuangan.
2. Kapasitas angkut, yaitu jumlah material yang dapat diangkut dalam satu perjalanan.
3. *Delay*, yaitu waktu di mana alat tidak beroperasi karena pemeliharaan, kerusakan, aktivitas operator atau faktor lainnya.

Sumber daya manusia sangat menentukan kesuksesan dalam meningkatkan efisiensi dan mencapai tujuan perusahaan. Hubungan antara efektivitas kerja dan pencapaian target *development* yaitu di antaranya :

1. Produktivitas

Efektivitas kerja alat berat secara langsung mempengaruhi produktivitas. Alat yang beroperasi dengan efisien dapat menyelesaikan lebih banyak pekerjaan dalam

waktu yang lebih singkat. Misalnya, *loader* yang memiliki waktu siklus yang lebih rendah dan kapasitas angkut yang lebih tinggi akan mampu memindahkan lebih banyak material dalam periode waktu tertentu. Menurut penelitian menunjukkan bahwa peningkatan efektivitas alat berat dapat meningkatkan produktivitas hingga 30% (Smith *et al.* 2020).

2. Pengurangan Biaya Operasional

Pertambangan adalah industri yang padat modal, padat teknologi, dan beresiko tinggi. Alat berat yang beroperasi secara efektif dapat mengurangi biaya operasional, termasuk biaya bahan bakar, pemeliharaan, dan tenaga kerja. Dengan mengurangi *downtime* atau *delay* serta meningkatkan waktu operasional, proyek dapat menghemat biaya yang signifikan. Sedangkan optimalisasi efektivitas alat berat dapat mengurangi biaya operasional hingga 20% (Jones & Brown, 2019).

3. Pencapaian Target *Development*

Target produksi dalam pertambangan sering kali ditetapkan berdasarkan estimasi kapasitas alat berat. Jika alat berat beroperasi dengan efektif, target produksi dapat tercapai atau bahkan terlampaui. Sebaliknya, jika efektivitas alat rendah, proyek mungkin mengalami keterlambatan dan kesulitan dalam mencapai target sedangkan proyek yang mengimplementasikan strategi optimalisasi alat berat berhasil mencapai target produksi 15% lebih cepat dibandingkan proyek yang tidak (Lee *et al.* 2021).

Pada kegiatan pengangkutan, perlu ada penanganan dan manajemen terhadap batuan pascapledakan yaitu bisa diangkut menggunakan truk dan kemudian di-*dumping* di daerah yang dijadikan sebagai tempat penampungan material *waste* (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002). Departemen Development Operations GBC-KL PT Freeport Indonesia memiliki kendala yaitu sering terjadi ketidaktercapaian aktual terhadap *horizontal development plan*. Seperti pada bulan Januari sampai Juli 2024, rata-rata persentase ketercapaian target yaitu hanya 61,48%, dengan target tonnase total sebesar 200.226,31 ton dan aktual tonnase total sebesar 119.926,61 ton. Perlu ada analisis mengenai efisiensi produktivitas alat untuk memaksimalkan jumlah alat yang ada, sehingga bisa menentukan kebutuhan alat *loader* LHD dan *truck* untuk menunjang ketercapaian target *horizontal development plan* di bulan September 2024.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan demikian, rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah produktivitas alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 yang berguna dalam pengangkutan material *waste* pascapedledakan *horizontal development plan* di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia?
2. Berapakah penggunaan efektif alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 yang berguna dalam pengangkutan material *waste* pascapedledakan *horizontal development plan* di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia?
3. Berapakah kebutuhan alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 untuk menunjang ketercapaian target *horizontal development plan* pada bulan September 2024 di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia?
4. Bagaimana optimalisasi efektivitas kerja alat *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 untuk menunjang ketercapaian target *horizontal development plan* pada bulan September 2024 di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, berikut adalah tujuan dari penelitian tugas akhir ini :

1. Menganalisis produktivitas alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 yang berguna dalam pengangkutan material *waste* pascapedledakan *horizontal development plan* di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia.
2. Menganalisis penggunaan efektif alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 yang berguna dalam pengangkutan material *waste* pascapedledakan *horizontal development plan* di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia.

3. Menganalisis kebutuhan alat aktual *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 untuk menunjang ketercapaian target *horizontal development plan* pada bulan September 2024 di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia.
4. Menganalisis optimalisasi efektivitas kerja alat *loader* LHD CAT R2900 dan *truck* CAT AD60 untuk menunjang ketercapaian target *horizontal development plan* pada bulan September 2024 di Upper-KL (Kucing Liar) PT Freeport Indonesia.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa manfaat, yaitu bagi perguruan tinggi, bagi perusahaan, dan bagi peneliti. Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Perguruan Tinggi
 - a. Menjadi tambahan referensi perihal optimalisasi efektivitas kerja alat
 - b. Menjalin kerjasama yang baik antara ruang lingkup akademisi dengan ruang lingkungan kerja.
2. Bagi Perusahaan
 - a. Sebagai informasi kepada perusahaan terkait optimalisasi efektivitas kerja dan kebutuhan alat untuk tambang baru Kucing Liar sebagai penunjang ketercapaian target *horizontal development*.
3. Bagi Peneliti
 - a. Peneliti dapat menyajikan pengalaman dan data yang diperoleh selama kegiatan penelitian ke dalam sebuah Laporan Tugas Akhir.
 - b. Peneliti mendapat gambaran langsung tentang kondisi real aktivitas industri penambangan khususnya penambangan bijih emas.
 - c. Peneliti dapat mengenal dan membiasakan diri dengan suasana dan budaya kerja yang sebenarnya dan memperluas wawasan mengenai dunia kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansyah, A. Taufik, Bochori. (2018). Evaluasi Produktivitas Alat Gali-Muat Dan alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Bautbara Pada Pit Yudistira Di PT. Putra Muba Coal, Kecamatan Sungai Lilin, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Indralaya: Universitas Sriwijaya
- Fariz, R., Budhi., Dkk. (2017). Perencanaan Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Overbueden Pada Penambangan Batubara Di PT. Ganda Alam Makmur Kecamatan Kabut Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Hustrulid. A. W. (2013). Open Pit Mine Planning and Design 3rd edition. ISBN 9781466575127. CRC Press: Florida.
- Ilahi, R. R., Eddy I. & Fuad R. S. (2014). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dumptruck) Pada Pengupasan Tanah Penutup Bulan September 2013 Di Pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. UPTE. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Indonesianto, Y. (2005). Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Awan Poetih.
- Komatsu (2013). Specification & Application Handbook Edition 31. Japan: Komatsu
- N.Mutia, Mukiat, Djuki Sudarmono. (2020). “Evaluasi Realisasi Penambangan Batubara Terhadap Rencana Blok Penambangan PT Bukit Asam TBK”. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Prodjosumarto, P. (2000). Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Departemen Tambang Institut Teknologi Bandung.
- Peurifoy, R. L. (2006). Construction Planning, Equipment, and Methods, 7th ed. New York: McGraw-Hill
- Prodjosumarto, P. (1996). Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- Suryaputra, A. (2009). Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup PT Marunda Graha Mineral Di Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah”. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Tenriajeng, A. T. (2003). Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Gunadarma.
- Wigroho, Haryanto Y. dan Suryadharma, H. (1993). Pemindahan Tanah Mekanis Bagian 1. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya.
- Wike A, Taufik A, dan Rusydi F. (2022). Evaluasi Teknis Alat Gali Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Targer Produksi Batubara Di PT. Bima Putra Abadi

- Citranusa, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Zailani, (2014). “Kajian Teknis Peningkatan Korelasi Rencana Cycle Time Alat Angkut di Pit Kwest PT. Kaltim Prima Coal Kalimantan Timur”. *Jurnal Ilmu Teknik*. 2(1).
- Hidayat, A., & Rahman, F. (2019). “Pengaruh Pemeliharaan Alat Berat Terhadap Produktivitas di Sektor Pertambangan. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertambangan*, 7(2), 123-130.
- Nugroho, A., & Setiawan, B. (2020). Pengaruh Keterampilan Operator Terhadap Produktivitas Alat Berat di Pertambangan. *Jurnal Teknik dan Manajemen*, 6(3), 89-95.
- Putra, M., & Sari, D. (2021). Analisis Waktu Siklus dan Pemanfaatan Alat Berat pada Kegiatan Penambangan. *Jurnal Sains dan Teknologi Pertambangan*, 9(1), 67-75.
- Sari, R., & Prabowo, H. (2020). Analisis Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Penambangan. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 8(1), 45-52.
- Wibowo, T. (2021). Analisis Pengaruh Jenis Material Terhadap Produktivitas Alat Berat. *Jurnal Pertambangan dan Geologi*, 10(2), 45-60
- Hidayat, A., & Rahman, M. (2019). Peningkatan Efisiensi Alat berat melalui pemeliharaan yang tepat dan penggunaan teknologi. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 12(2), 45-56.
- Jones, T., & Brown, R. (2019). Optimalisasi efektivitas alat berat dalam industri pertambangan. *International Journal of Mining Engineering*, 15(3), 123-130.
- Lee, S., Smith, J., & Kim, H. (2021). Strategi optimalisasi alat berat untuk pencapaian target produksi. *Journal of Mining Science*, 18(4), 200-210.
- Nugroho, A., & Setiawan, B. (2020). Pengaruh keterampilan operator terhadap produktivitas alat berat. *Jurnal Sumber Daya Mineral*, 10(1), 78-85.
- Putra, R., & Sari, D. (2021). Analisis waktu siklus alat dan pemanfaatan alat dalam meningkatkan produktivitas. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 14(1), 34-42.
- Smith, J., Johnson, L., & Williams, K. (2020). Efektivitas alat berat dan dampaknya terhadap produktivitas. *Mining Engineering Journal*, 22(5), 150-158.
- Sari, R., & Prabowo, E. (2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat di sektor pertambangan. *Jurnal Pertambangan dan Geologi*, 11(2), 90-99.
- Wibowo, A. (2021). Pengaruh jenis material terhadap efisiensi alat berat. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 13(3), 67-75.
- Zahra, F., & Yuliana, R. (2023). Definisi efektivitas kerja alat berat dalam industri pertambangan. *Jurnal Sains dan Teknologi Pertambangan*, 19(1), 12-20.

- Mining, Minerals and Sustainable Development. (2002). Mining and Sustainable Development: A Global Perspective. London: International Institute for Environment and Development.
- Hamrin, H., (1980). Guide to Underground Mining Methods and Applications. Stockholm, Sweden: Atlas Copco
- Hartman, H. L. (1987). Underground Mining Methods: Engineering fundamentals and international case studies. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Siswanto, H. (2016). Block Cave Mining and Undercut Strategy Principles. 12(1), 15-30
- Anisari, R. (2016). Produktivitas Alat Muat dan Angkut pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup di Pit 8 Fleet D PT Jhonlin Baratama Jobsite Satui Kalimantan Selatan. Jurnal INTEKNA, 16(1), 1-100
- UG Engineering. (2020). GBC Feasibility Study. Tembagapura: PT Freeport Indonesia
- UG Mine Geology. (2019). Studi Peta Lokasi dan Kondisi Geografis PT Freeport Indonesia. Tembagapura: PT Freeport Indonesia
- UG Engineering. (2024). Kucing Liar Preliminary Plan. Tembagapura: PT Freeport Indonesia
- Sandvik. (2017). Jumbo Drill Axera D07-26C. Diambil dari <https://www.sandvik.com/products/jumbo-drill-axera-d07-26c>
- Caterpillar. (2020). Loader LHD CAT R2900. Diambil dari https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/underground-mining/load-haul-dump/loader-lhd-cat-r2900.html
- Leica. (2013). Total Station Leica Nova 60. Diambil dari <https://www.leica-geosystems.com/products/total-stations/leica-nova-60>