



**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN
ALAT ANGKUT PADA JALUR *SECONDARY HAULING*
PERTAMBANGAN NIKEL DI *WEDA BAY PROJECT***

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Hajidil Ghali

NIM. 191910901032

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
JEMBER
2026**



**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN
ALAT ANGKUT PADA JALUR *SECONDARY HAULING*
PERTAMBANGAN NIKEL DI *WEDA BAY PROJECT***

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Teknik pertambangan*

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Hajidil Ghali

NIM. 191910901032

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
JEMBER
2026**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua saya alm. Bapak Fatahillah dan untuk Ibu Wiwik, untuk *support* dan doanya kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kakak saya Rere Pratama dan adik saya Hilman Taris, untuk *support* dan doa kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Keluarga besar saya Pakde, Bude, Om, dan Tante serta saudara sepupu saya yang telah memberi *support* dan doa dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman saya yang memberikan *support* untuk menyelesaikan skripsi ini.

MOTTO

*“Risiko terbesar adalah tidak mengambil risiko sama sekali”
(Mark Zuckerberg)*

*“Orang yang gagal bukanlah orang yang mencoba tetapi tidak berhasil,
melainkan orang yang tidak pernah mencoba”
(David Noah)*

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hajidil Ghali

NIM : 191910901032

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *"Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Jalur Secondary Hauling Pertambangan Nikel di Weda Bay Project"*

adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Juni 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Hajidil Ghali

NIM 191910901032

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Jalur Secondary Hauling Pertambangan Nikel di Weda Bay Project* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

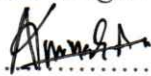
Hari : Senin
Tanggal : 11 Juni 2026
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Siti Aminah, S.Si., M.T.
NIP : 198803232022032011

Tanda Tangan

()

2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng.
NIP : 197601112000121002

()

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Ir. Fanteri Aji Dharma Suparno, S.T., M.S. (.....)
NIP : 198804092019031012

()

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Haeruddin, S.Si., M.T.
NIP : 199001012019031016

()

ABSTRAK

Heavy equipment productivity plays a crucial role in mining operations. Excavating and hauling equipment are the primary machinery used to transport materials from the mining front to the stockpile. The working efficiency of these two types of equipment heavily determines the overall productivity of the mining operations. This study analyzes the productivity of the secondary hauling line at the Weda Bay Project as a representative case of a nickel mine with a multi-layered transport chain system. Furthermore, it aims to provide a practical contribution to optimizing the operations of mining contractors such as PT X by improving work efficiency and reducing operational costs in a dynamic operating environment. Data was utilized to analyze and calculate the productivity of the excavating and hauling equipment. The data analysis was based on guidelines prepared within the research design and conducted in accordance with previously processed data. Operational obstacles in the field were also analyzed when calculating the performance of both the excavating and hauling equipment. The results showed an improvement in the productivity of the PC-300 excavator, which increased from an initial 168.9 BCM/JAM to 242.35 BCM/JAM after optimization; this figure represents a 43.48% increase compared to the productivity before improvement. Similarly, the productivity of the Hino 500 haul truck improved from an initial 3.06 BCM/JAM to 4.4 BCM/JAM after optimization, which means the figure increased by 43.79% from the initial pre-optimization baseline.

Keywords: *Productivity, Work Efficiency , Optimization*

RINGKASAN

Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Jalur Secondary Hauling Pertambangan Nikel di Weda Bay Project; Muhammad Hajidil Ghali; 2026; Program Studi Teknik Pertambangan; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Penelitian dilakukan di PT X yang merupakan salah satu kontraktor dari PT Weda Bay Nickel yang mengerjakan *Secondary Hauling*. Operasi penambangan, akan sangat dipengaruhi kondisi cuaca. Biji *Nickel* yang telah diperoleh dari *front* penambangan tidak semuanya langsung diangkut menuju *smelter* atau diekspor, melainkan terlebih dahulu ditimbun pada POS (*Plant Ore Stockpile*). Hasil dari produksi *Secondary Hauling* di PT X tidak mencapai target, menurut data yang diperoleh pada *week 4* bulan September produksi hanya mencapai 70,71% dari rencana produksi.

Pada penelitian ini digunakan metode analisis deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis kemampuan produksi alat gali muat dan alat angkut pada jalur *secondary hauling* nikel di PT X, menganalisis nilai keserasian alat gali muat dan angkut, dan menganalisis faktor teknis yang memengaruhi ketercapaian hasil produksi dan upaya simulasi untuk mendapatkan peningkatan hasil produksi. Pengolahan data produksi, *cycle time*, *swell factor*, dan *bucket fill factor* dilakukan dengan menggunakan rumus produktivitas alat gali muat dan angkut, yang kemudian akan dilakukan optimalisasi dengan metode yang relevan terhadap penelitian guna meningkatkan produktivitas perusahaan. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT X. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa Produksi nikel yang dihasilkan dari kegiatan *secondary hauling* PT X hanya dapat menghasilkan produksi nikel diangka 76,4% dari target rencana perusahaan yang seharusnya berproduksi 295.431,10 ton. *Match Factor* yang didapat MF <1 dengan nilai yaitu 0,27 yang diperoleh dari perhitungan rumus, ini terjadi dikarenakan alat gali muat memiliki waktu yang tunggu (*idle*) akibat dari keterlambatan kedatangan alat angkut. Hal ini menandakan bahwa adanya ketidakseimbangan didalam sistem operasi. Optimalisasi hambatan dilakukan dengan metode pengambilan data yang selanjutnya akan dirata-rata, cara yang digunakan untuk pengambilan data waktu perbaikan yaitu dengan mengeliminasi data waktu *repair* yang memakan waktu > 8 jam dan mengolah data waktu *repair* < 8 jam untuk waktu *repair* dan waktu *standby* dengan cara meminimalisir waktu hambatan yang dapat dihindari adalah solusi untuk meningkatkan waktu kerja efektif sehingga nilai efisiensi kerja juga akan meningkat. Perbaikan waktu kerja terhadap hambatan yang dapat di hindari dengan menggunakan waktu rata-rata terendah yang pernah di dapat selama pengamatan. Hasil perbaikan produktivitas alat gali muat PC-300 yang berubah dari awalnya hanya 168,9 BCM/jam setelah dilakukan optimalisasi menjadi 242,35 BCM/jam, angka tersebut naik 43,48 % dari angka produktivitas sebelum perbaikan. Produktivitas alat angkut hino 500 juga meningkat dari awalnya 3,06 BCM/jam setelah adanya optimalisasi berubah menjadi 4,4 BCM/h. yang artinya angka tersebut meningkat 43,79% dari angka awal sebelum optimalisasi.

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga saya dapat mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Jalur *Secondary Hauling* Pertambangan Nikel di *Weda Bay Project*” Penyusunan tugas akhir ini didasarkan pada serangkaian kegiatan yang berlangsung untuk memenuhi syarat guna mencapai Gelar sarjana Teknik di Universitas Jember. Atas terselesaikannya Tugas Akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahyu Hardianto S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Januar Fery Irawan, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik dan Ibu Siti Aminah, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan membimbing selama masa pengerjaan dan masa penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Fanteri Aji Dharma Suparno, S.T., M.S. Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. Haeruddin, S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukkan dalam menyempurnakan skripsi ini.

11 Juni 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	ii
MOTTO.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
ABSTRAK.....	v
RINGKASAN.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kegiatan Penambangan	5
2.1.1 Loading	6
2.1.2 Secondary Hauling	7
2.2 Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	8
2.3 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	9
2.3.1 Perhitungan <i>Cycle Time</i> Excavator.....	9
2.3.2 Perhitungan <i>Cycle Time</i> Dump Truck.....	10
2.4 Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut	10
2.5 Bucket Fill Factor (BFF)	11
2.6 Swell Factor	12
2.7 Keserasian Kerja Alat Berat (<i>Match Factor</i>).....	12
2.8 Indikator Produktivitas Alat Berat.....	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Pengumpulan Data	16

3.2.1 Data Sekunder	16
3.3 Tahapan Penelitian	16
3.4 Bagan alir penelitian.....	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	19
4.1.1 Waktu Edar Alat Gali Muat.....	19
4.1.2 Waktu Edar Alat Angkut	19
4.1.3 Faktor Pengembangan (<i>Swell Factor</i>)	20
4.1.4 Bucket Fill Factor.....	20
4.1.5 Efisiensi Kerja	21
4.1.6 Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	24
4.2 Total Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut	26
4.3 Match Factor	27
4.4 Faktor yang Mempengaruhi Ketercapaian Produktivitas Alat	29
4.4.1 Efisiensi Kerja Alat	29
4.4.2 Hambatan Kerja.....	30
4.5 Upaya Peningkatan Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	33
4.5.1 Peningkatan Efisiensi Kerja dan Penurunan Hambatan	34
4.5.2 Peningkatan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Timeline</i> penelitian dan pengolahan data di PT X	16
Tabel 4.1 Waktu edar alat angkut dump truck (menit).....	20
Tabel 4.2 Produktivitas alat berat.....	26
Tabel 4.3 Total produksi PT X.....	27
Tabel 4.4 Hambatan kerja pada PT X.....	30
Tabel 4.5 Optimalisasi hambatan kerja pada PT X.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses loading <i>dumptruck</i>	6
Gambar 2.2 Kegiatan <i>secondary hauling</i>	7
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian.....	15
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 4.1 Diagram <i>working hours</i> PT X (Data sekunder PT X).....	30
Gambar 4.2 Diagram <i>stanby hour</i> PT X (Data sekunder PT X).....	31
Gambar 4.3 Diagram <i>repair hour</i> PT X (Data sekunder PT X).....	32
Gambar 4.4 Diagram curah hujan PT X (Data sekunder PT X).....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data <i>fill factor</i> , <i>cycle time</i> , dan <i>swell factor</i>	43
Lampiran 2. Data produksi PT X.....	44
Lampiran 3. Perhitungan optimalisasi.....	45
Lampiran 4. Data Cuaca PT X.....	46
Lampiran 5. Perhitungan MA, PA, UA, dan EU Alat Angkut.....	47

DAFTAR NOTASI

CTE	: waktu siklus atau (detik)
DgT	: waktu penggalian (detik)
SLT	: waktu ayun bermuatan (detik)
Dpt	: waktu penumpahan material (detik)
SET	: waktu ayun kosong (detik)
CTDT	: Waktu siklus (detik)
LT	: Waktu pemuatan material (detik)
HLT	: Waktu pergi bermuatan (detik)
SDT	: Waktu manuver sebelum menumpah (detik)
DT	: Waktu menumpahkan material (detik)
RT	: Waktu kembali tanpa muatan (detik)
Pm/Q	: Produktivitas alat gali muat (m ³ /jam)
Ctm	: Waktu edar alat gali-muat (detik)
Cb	: Kapasitas bucket alat gali muat (m ³)
Ff	: <i>Fill factor</i> (%)
FK	: Faktor koreksi / waktu kerja efektif (%)
Q	: Produktivitas alat angkut (m ³ /jam)
Cta	: Waktu edar alat angkut (detik)
KM	: Kapasitas muat (m ³)
Fp	: faktor pengisian atau <i>fill factor</i> (%)
Vn	: kapasitas nyata alat (m ³)
Vb	: kapasitas baku alat (m ³)
MF	: Faktor keserasian kerja alat berat
Na	: Jumlah alat angkut
N	: Jumlah pengisian
Nm	: Jumlah alat muat
MA	: Ketersediaan mekanis
PA	: <i>Physical availability</i>
UA	: <i>USED of availability</i>
EU	: <i>Effective Utilization</i>
Wke	: Waktu kerja efektif
Wkt	: Waktu kerja total
W	: <i>Working hours</i>
S	: <i>Stanby hours</i>
R	: Repair hours

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan penambangan didalamnya memiliki hal yang utama yaitu menggali, memuat, dan mengangkut, dimana pada kegiatan tersebut menggunakan alat berat yang memiliki kemampuan dan spesifikasi yang berbeda. Oleh karena itu, perencanaan penggunaan alat adalah aspek penting dalam manajemen proyek pertambangan (Putri dkk., 2020). Perencanaan penggunaan alat merupakan salah satu fase penting dalam rantai logistik tambang terbuka, termasuk dalam kegiatan *secondary hauling*.

Secondary hauling didefinisikan sebagai proses pengangkutan material (bijih nikel/*ore*) dari lokasi *stockpile* sementara di area tambang menuju ke *stockpile* utama atau langsung ke pelabuhan untuk dimuat ke kapal (*ship loading*). Berbeda dengan *primary hauling* (dari *front* tambang langsung ke *crusher/stockpile*), jalur *secondary hauling* seringkali memiliki karakteristik yang lebih kompleks dalam panjang jalur lintasan yang harus dilalui. Fenomena yang sering terjadi di lapangan menunjukkan bahwa target produksi pada *hauling* seringkali tidak tercapai. Berbagai faktor menghambat aliran material dari *stockpile* sementara ke pelabuhan, mengakibatkan terhambatnya pengiriman dan potensi kerugian finansial, Perhitungan produktivitas yang dilakukan diperoleh persentase hasil ketercapaian produktivitas hanya sebesar 77 % dari target yang telah ditetapkan oleh perusahaan untuk bulan April 2022 yaitu sebesar 110 BCM/jam, berbanding dengan ketercapaian target setelah perbaikan waktu hambatan sebesar 112% (Arsyad dkk., 2024). Hal yang kerap menjadi faktor terhambatnya proses hauling di jalur *Secondary Hauling* seperti kondisi jalan, manajemen koordinasi armada dan kinerja operator.

PT X merupakan salah satu kontraktor dari PT Weda Bay Nickel yang mengerjakan *Hauling Road Upgrade* dan *Secondary Hauling*. Operasi penambangan, akan sangat dipengaruhi kondisi cuaca.

Biji Nickel yang telah diperoleh dari *front penambangan* tidak semuanya langsung diangkut menuju *smelter* atau diekspor, melainkan terlebih dahulu

ditimbun pada *POS (Plant Ore Stockpile)*. *POS (Plant Ore Stockpile)* merupakan area penumpukan atau penyimpanan sementara biji *nickel* yang telah diangkut dari area penambangan (Borahima dkk., 2022). Hasil dari produksi *Secondary Hauling* di PT X tidak mencapai target, menurut data yang diperoleh pada minggu ke- 4 di bulan September produksi hanya mencapai 70,71% dari rencana produksi. Faktor lainnya juga mempengaruhi hasil produksi ini, masalah-masalah inilah yang akan menjadi pembahasan dalam tugas akhir yang berjudul “Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Jalur *Secondary Hauling* Pertambangan Nikel di Weda Bay Project”. Produktivitas alat berat memegang peranan penting didalam kegiatan pertambangan. Alat gali muat dan alat angkut merupakan peralatan yang digunakan untuk memindahkan hasil tambang dari *front* penambangan menuju tempat penampungan. Efisiensi kerja kedua jenis alat ini sangat menentukan produktivitas keseluruhan operasi penambangan. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap produktivitas alat gali muat dan alat angkut perlu dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja dan meminimalkan waktu tunggu serta biaya operasional.

Penelitian mengenai produktivitas alat gali muat dan alat angkut di kegiatan pertambangan telah banyak dilakukan, namun masih terdapat kesenjangan penelitian, terutama pada aspek koordinasi dan efisiensi di jalur *secondary hauling*. Studi oleh Amir dkk. (2021) menekankan pentingnya keseimbangan antara alat gali dan alat angkut dalam mencapai produktivitas optimal pada penambangan batugamping, namun belum mempertimbangkan pengaruh kondisi medan atau jarak angkut yang lebih kompleks seperti di Weda Bay. Santoso dkk. (2024) mengembangkan analisis pada tambang kapur dengan tujuan untuk mengevaluasi kegagalan pencapaian target produktivitas, akan tetapi penelitian masih berfokus pada jenis penambangan batu kapur, tidak berfokus pada penambangan nikel serta alat gali muat dan alat angkut yang berbeda. Liwanto (2024) memperluas analisis pada tambang andesit dengan meninjau waktu edar alat dan kapasitas jalan angkut, tetapi fokusnya masih terbatas pada jalur *Primary Hauling* yang umumnya memiliki konfigurasi operasi lebih sederhana. Tinjauan yang dihasilkan dari hal tersebut, dapat

diidentifikasi bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada evaluasi dan optimasi produktivitas di jalur utama (*Primary Hauling*) dengan kondisi operasi relatif stabil dan terukur dikarenakan memiliki jalur pengangkutan berada dalam *pit* pertambangan yang berada di area kontrol tertutup dalam pengelolaan perusahaan sehingga masyarakat umum tidak dapat masuk ke kawasan ini, sementara pada jalur *secondary hauling* seringkali berada diluar *pit* yang terkadang bersinggungan dengan fasilitas jalan umum, serta jarak pengantaran yang lebih jauh. Belum ada studi yang secara spesifik menganalisis produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada jalur *secondary hauling* yang memiliki karakteristik berbeda seperti jarak tempuh menengah, kondisi jalan yang tidak tetap, serta intensitas pergerakan material hasil *rehandling* dari *stockpile* sementara. Jalur *secondary hauling* juga melibatkan tantangan tambahan berupa koordinasi logistik yang lebih kompleks, di mana material harus dipindahkan dari *transit ore stockpile* (TOS) menuju *plant ore stockpile* (POS) yang bertujuan untuk pemindahkan bijih nikel dari tempat penyimpanan sementara menuju tempat penyimpanan akhir yang selanjutnya akan dilanjutkan menuju tahap proses produksi akhir dengan mempertimbangkan jadwal pengapalan dan kapasitas penyimpanan (Borahima dkk., 2022). Selain itu, penggunaan alat berat pada *Secondary Hauling* seringkali harus beradaptasi dengan fluktuasi volume material yang tidak seragam dibandingkan dengan aliran material langsung dari *front* penambangan. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengisi celah tersebut dengan meninjau produktivitas pada jalur *secondary hauling* di *Weda Bay Project* sebagai kasus representatif tambang nikel dengan sistem rantai angkut berlapis, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi optimalisasi operasi kontraktor PT X dalam peningkatan efisiensi kerja dan mengurangi biaya operasional di lingkungan operasi yang dinamis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pencapaian produksi *nickel* pada *secondary hauling* nikel PT X?
2. Bagaimana keserasian kerja pada alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan

secondary hauling?

3. Bagaimana pengaruh faktor teknis terhadap hasil produksi dan optimalisasi untuk melakukan peningkatan hasil produksi PT X.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi lingkup pembahasan penelitian, penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Analisis akan berfokus pada alat gali muat *excavator* PC- 300 dan alat angkut *Dump Truck* Hino 500.
2. Perhitungan produktivitas berfokus pada perhitungan secara teoritis.
3. Tidak membahas faktor ekonomi, geotek, dan geologi.
4. Tidak membahas pola pemuatan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kemampuan produksi alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan *secondary hauling* nikel PT X.
2. Untuk menganalisis nilai dari keserasian kerja alat gali muat & alat angkut pada kegiatan *secondary hauling* nikel PT X.
3. Untuk menganalisis pengaruh faktor teknis terhadap hasil produksi dan optimalisasi untuk melakukan peningkatan hasil produksi PT X.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat-manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai ilmu untuk menambah pengetahuan dan wawasan dalam hal-hal yang perlu diperhatikan dalam kegiatan pertambangan.
2. Dapat menambah pengetahuan dan wawasan dalam menganalisa produktivitas alat gali muat dan alat angkut.
3. Dapat dijadikan masukan bagi perusahaan terkait dalam pelaksanaan kegiatan *secondary hauling* berikutnya.
4. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Sebagai sarana pengetahuan untuk kegiatan penambangan khususnya bagi mahasiswa teknik pertambangan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kegiatan Penambangan

Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam rangka penelitian, pengelolaan, dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang merupakan bagian dari kegiatan Penambangan (Agung dkk., 2020). Tugas padat karya seperti pemuatan, pengangkutan, dan penggalian mineral berharga termasuk ke dalam aktivitas penambangan, tugas-tugas ini dapat diselesaikan secara mekanis atau sederhana. Pada proses ini peralatan mekanik memiliki peranan yang penting dalam menjaga kelangsungan produksi selama proses penambangan, untuk memaksimalkan produktivitas dan tercapainya target produksi, perlu ditentukan jumlah alat yang tepat dan perencanaan efisiensi waktu kerja (Syahrul dkk., 2023).

Penggunaan alat mekanis bertujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia sehingga bisa mendapatkan hasil yang diinginkan serta dapat dicapai dengan lebih cepat dan mudah (Karim dan Temarwut, 2021). Faktor yang menghambat alat gali dan muat untuk beroperasi pada produktivitas maksimal yaitu Waktu munculnya hambatan, waktu siklus alat mekanis, dan hasil kerja yang tidak efisien (Alan dkk., 2021). Kemampuan produksi alat gali muat dan alat angkut sangat dipengaruhi oleh kondisi lapangan, medan kerja dan keserasian alat yang digunakan sehingga akan berakibatkan pada peralatan mekanis sulit untuk beroperasi secara maksimal. Pada proses pemuatan dan pengangkutan yang dilakukan pada kegiatan penambangan bertujuan untuk memindahkan hasil penggalian material tersebut ke tempat pengolahan dengan menggunakan alat mekanis yang memiliki waktu tempuh, pada hasil produksi hal ini sangat berpengaruh Setyawan, 2019).

2.1.1 Loading

Proses pemuatan (*loading*) adalah kegiatan penuangan material dari alat gali muat ke dalam bak alat angkut. Pelaksanaannya bergantung pada posisi relatif alat muat terhadap material dan alat angkut, di mana alat muat dapat diposisikan lebih tinggi maupun sejajar. Untuk mengoptimalkan waktu edar (*cycle time*) alat dan mencapai target produksi, penentuan pola pemuatan yang tepat merupakan salah satu strategi krusial yang dapat diterapkan.

Penentuan pola pemuatan bergantung pada kondisi aktual di lapangan, tahapan operasi pengupasan, serta jenis alat mekanis yang dikerahkan. Proses ini didasarkan pada asumsi bahwa setiap kali alat angkut tiba di lokasi pemuatan, mangkuk (*bucket*) alat gali muat telah dalam keadaan terisi penuh dan siap untuk langsung ditumpahkan. Alat angkut yang telah terisi penuh segera keluar dan dilanjutkan dengan alat angkut lainnya, dengan cara tersebut tidak terjadi waktu tunggu pada alat angkut maupun alat gali-muatnya (Setyawan, 2019). Keadaan yang ditunjukkan oleh alat gali-muat dan alat angkut merupakan pola pemuatan yakni, (Sudrajat dkk., 2019) :

I. Pola Pemuatan dapat dilihat dari jumlah penempatan posisi alat angkut untuk dimuati terhadap posisi alat gali muat

A. *Single Loading*

Pada pola pemuatan ini, proses pemuatan difokuskan pada satu titik secara berurutan. Saat satu alat angkut sedang memosisikan diri untuk dimuati oleh alat gali muat hingga penuh, unit berikutnya berada dalam posisi mengantre. Siklus ini terus berulang, segera setelah alat angkut pertama selesai dan beranjak pergi, unit kedua akan masuk menempati titik pemuatan tersebut, sementara unit ketiga bersiap dalam antrean, dan demikian seterusnya.



Gambar 2.1 Proses loading *dumptruck*

B. Double Loading

Pada pola pemuatan ini, disediakan dua titik pemuatan yang posisinya saling berdampingan. Alat gali muat akan mengisi alat angkut pertama hingga penuh, sementara alat angkut kedua bersiap di titik sebelahnya. Begitu unit pertama terisi penuh, alat gali muat langsung beralih memuat unit kedua. Saat proses pemuatan unit kedua sedang berlangsung, alat angkut ketiga akan masuk menempati titik yang baru saja ditinggalkan oleh unit pertama. Siklus pergantian ini terus berulang secara berkesinambungan.

2.1.2 Secondary Hauling

Pengangkutan atau *Hauling* merupakan serangkaian aktivitas penambangan yang dilakukan untuk pengangkutan bahan galian atau batu andesit dari tempat penambangan (*quarry*) menuju ke tempat pengolahan atau menuju ke *stock pile* (Setyawan, 2019).



Gambar 2.2 Kegiatan *secondary hauling*

Secondary Hauling merupakan proses pengangkutan bijih nikel menggunakan *dumptruck* dari *transit ore stockpile* (TOS) menuju *plant ore stockpile* (POS) yang bertujuan untuk pemindahkan bijih nikel dari tempat penyimpanan sementara menuju tempat penyimpanan akhir yang selanjutnya akan dilanjutkan menuju tahap proses produksi. *Secondary Hauling* sendiri merupakan lanjutan proses penambangan dari tahap *main hauling*, *main hauling* yaitu proses pengangkutan bijih nikel dari lahan penambangan menuju *transit ore stockpile* (TOS) (Borahima dkk., 2022).

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Faktor–faktor yang dapat mempengaruhi Produksi alat gali muat dan alat angkut menurut Prodjosumarto (1993) adalah sebagai berikut:

a. Karakteristik Fisik Material Performa kerja peralatan mekanis sangat ditentukan oleh sifat fisik material yang ditangani. Indikator seperti persentase pengembangan material setelah digali (*swell factor*) dan bobot isinya (*density*) akan berdampak langsung pada kapasitas angkut dan efektivitas kerja alat.

b. Kondisi Area Kerja Luasan area kerja (*front* penambangan maupun area penimbunan) berbanding lurus dengan efisiensi waktu edar. Area yang lapang memberikan keleluasaan manuver bagi alat untuk berputar, memosisikan diri (*spotting*), memuat, hingga menumpahkan material. Minimnya pergerakan maju-mundur akibat ruang gerak yang memadai akan secara signifikan memangkas waktu siklus.

c. Kelayakan Jalan Angkut (*Haul Road*) Selain jarak tempuh yang menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan jenis alat angkut, kondisi infrastruktur jalan juga memegang peranan krusial. Jalan angkut yang terawat baik dan terbebas dari gelombang (*undulasi*) akan memperlancar laju kendaraan, yang pada akhirnya memperkecil waktu edar armada angkut.

d. Kondisi Mekanis Peralatan Efisiensi waktu edar sangat dipengaruhi oleh status "kesehatan" atau kelaikan operasi alat. Secara umum, unit gali muat maupun alat angkut yang masih baru atau memiliki jam terbang lebih rendah dapat menyelesaikan satu siklus kerja lebih cepat dibandingkan dengan unit yang telah lama beroperasi.

e. Kompetensi Operator Efisiensi waktu penggunaan alat di lapangan sangat bergantung pada keahlian dan jam terbang operator. Operator yang terampil dan sarat pengalaman mampu mengoperasikan alat dengan teknik yang presisi dan taktis, sehingga total waktu edar alat dapat diminimalkan.

f. Kondisi Cuaca dan Lingkungan Faktor iklim sangat menentukan kelangsungan operasi. Pada cuaca panas terik, debu yang beterbangan dapat membatasi jarak pandang (*visibility*) operator, meskipun hal ini dapat dimitigasi melalui penyiraman jalan secara rutin. Sebaliknya, saat terjadi hujan, seluruh aktivitas mekanis di lapangan umumnya harus dihentikan demi keselamatan akibat jalan yang licin.

g. Pemeliharaan Peralatan (*Maintenance*) Sistem perawatan mekanis yang terjadwal mutlak diperlukan untuk memastikan alat berat selalu dalam kondisi prima dan siap pakai (*high availability*). Pemeliharaan yang baik akan mencegah kerusakan mendadak (*breakdown*) yang dapat menghambat pencapaian target produksi. Hal-hal yang dapat menjadi perhatian dalam pemeliharaan alat berat antara lain :

- 1) Penggantian pelumas dan grease (gemuk) secara teratur
- 2) Kondisi bagian-bagian alat (bucket, kuku bucket) dll.
- 3) ketersediaan suku cadang yang sering diperlukan.

2.3 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar (*cycle time*) adalah total durasi yang dibutuhkan oleh suatu alat mekanis untuk menyelesaikan satu rangkaian siklus kerja secara penuh. Perhitungan waktu ini dimulai sejak tahap awal operasional hingga alat tersebut kembali ke posisi semula dan siap untuk melakukan siklus pekerjaan berikutnya. Alat-alat mekanis yang bekerja pada pola tertentu yang pada prinsipnya terdiri dari beberapa komponen waktu siklus (Pujangga dan Gusman, 2021).

2.3.1 Perhitungan *Cycle Time* Excavator

Waktu siklus *excavator* yang terjadi terdiri dari penggalian, pengayunan muatan, penumpahan, pengayunan dengan muatan kosong. Adapun rumus 2.1 adalah perhitungan *cycle time* (waktu edar) *excavator* menggunakan persamaan (Pujangga dan Gusman, 2021) :

$$CTE = DgT + SLT + Dpt + SET \quad (2.1)$$

Keterangan:

CTE : waktu siklus atau (detik)

DgT : waktu penggalan (detik)

SLT : waktu ayun bermuatan (detik)

Dpt : waktu penumpahan material (detik)

SET : waktu ayun kosong (detik)

2.3.2 Perhitungan *Cycle Time* Dump Truck

Waktu edar (*cycle time*) alat angkut (*dump truck*) merupakan akumulasi waktu dari serangkaian manuver operasional. Rangkaian ini meliputi: waktu pemuatan material oleh ekskavator hingga kapasitas penuh, perjalanan pengangkutan bermuatan (*hauling*), penempatan posisi untuk penumpahan (*spotting to dump*), proses penumpahan material (*dumping*), perjalanan kembali ke *front* penambangan tanpa muatan (*return empty*), dan penempatan posisi untuk siklus pemuatan berikutnya. Secara matematis, perhitungan *cycle time* untuk *dump truck* diformulasikan sebagai berikut menggunakan rumus 2.2 :

$$CTDT = LT + HLT + SDT + DT + RT + SLT \quad (2.2)$$

Keterangan:

CTDT : Waktu siklus (detik)

LT : Waktu pemuatan material (detik)

HLT : Waktu pergi bermuatan (detik)

SDT : Waktu manuver sebelum menumpah (detik)

DT : Waktu menumpahkan material (detik)

RT : Waktu kembali tanpa muatan (detik)

SLT : Waktu manuver sebelum dimuati (detik)

(Pujangga dan Gusman, 2021)

2.4 Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut

Secara konseptual, produktivitas dapat didefinisikan sebagai kapasitas atau kemampuan aktual dari suatu unit alat mekanis baik alat gali muat maupun alat angkut dalam memindahkan material lapisan penutup (*overburden*) dan

bahan galian (*ore*), yang diukur berdasarkan volume atau tonase per unit alat dalam satu satuan waktu tertentu.

1. Produksi Alat Gali-Muat (Pm) Produksi alat gali-muat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 (Wibisono dkk., 2018) :

$$Q = (3600 \times Cb \times Ff \times FK) / Ctm \quad (2.3)$$

Keterangan :

Pm/Q : Produktivitas alat gali muat (m³ /jam)

Ctm : Waktu edar alat gali-muat (detik)

Cb : Kapasitas bucket alat gali muat (m³)

Ff : *Fill factor* (%)

FK : Faktor koreksi / waktu kerja efektif (%)

2. Produksi Alat Angkut (Pa) Produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 (Wibisono dkk., 2018) :

$$Q = (3600 \times KM \times FK) / Cta \quad (2.4)$$

Keterangan :

Q : Produktivitas alat angkut (m³ /jam)

Cta : Waktu edar alat angkut (detik)

KM : Kapasitas muat (m³)

FK : Faktor Koreksi (%)

2.5 Bucket Fill Factor (BFF)

Perbandingan antara kapasitas nyata suatu alat dengan kapasitas baku alat merupakan *bucket fill factor* yang dinyatakan dengan persen (%). Bak truk mempunyai faktor isi 87% artinya 13% volume bak tersebut tidak dapat diisi, serta dapat diperoleh dengan rumus 2.5 (Oemiati dkk., 2020).

$$Fp = \frac{Vn}{Vb} \times 100\% \quad (2.5)$$

Fp : faktor pengisian atau *fill factor* (%)

Vn : kapasitas nyata alat (m³)

Vb : kapasitas baku alat (m3)

2.6 Swell Factor

Faktor pengembangan (*swell factor*) adalah persentase peningkatan volume suatu material pascapenggalan. Peningkatan volume ini terjadi karena pada kondisi aslinya di alam, material berada dalam wujud yang sangat rapat dan padat, sehingga rongga udara (*voids*) di antara butirannya sangat minim. Proses pembongkaran memecah kepadatan tersebut dan memasukkan lebih banyak udara, yang pada akhirnya membuat volume total material membesar. Cara perhitungan untuk mendapatkan *swell factor* menggunakan rumus 2.6 (Oemiati dkk., 2020)

$$Swell Factor(\%) = \frac{Bank\ volume}{Loose\ Volume} \quad (2.6)$$

Swell Factor : Faktor pengembangan

Bank volume : Volume dalam keadaan *Asli*

Loose volume : Volume dalam keadaan *loose*

2.7 Keceratan Kerja Alat Berat (*Match Factor*)

Match factor merupakan faktor yang digunakan dalam menentukan tingkat keceratan kerja alat gali muat dan alat angkut yang beroperasi dalam kegiatan penambangan. Untuk menentukan nilai *match factor* tersebut, maka didapatkan penggunaan persamaan 2.7 (Yastavia dan Yulhendra, 2020) :

$$MF = (Na \times CTm \times n) / (CTa \times Nm) \quad (2.7)$$

Keterangan :

MF : Faktor keceratan kerja alat berat

Na : Jumlah alat angkut

CTm : *Cycle time* alat muat

N : Jumlah pengisian

Cta : *Cycle time* alat angkut

Nm : Jumlah alat muat

2.8 Indikator Produktivitas Alat Berat

Parameter dari efisiensi penggunaan alat yang telah beroperasi salah satunya tingkat ketersediaan dan pemakaian efektif alat dapat menjadi. Ketersediaan alat dikatakan baik apabila sesuai dengan aturan Keputusan Kementerian ESDM Nomor 1827 K 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik (Oktaviani dkk., 2021).

Ketersediaan fisik atau *Physical Availability* (PA) adalah parameter persentase yang menunjukkan ketersediaan waktu suatu alat. Secara matematis, nilai ini diperoleh melalui perbandingan antara total waktu kerja yang dijumlahkan dengan waktu tidak *standby*, berbanding lurus dengan total waktu kerja secara keseluruhan (Kementerian ESDM, 2018).

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

PA : *Physical availability*

W : *Working Hours*

R : *Repair Hours*

S : *Stanby hours*

Ketersediaan mekanik atau *Mechanical Availability* (MA) adalah parameter persentase yang menunjukkan tingkat kesiapan operasional suatu alat. Nilai ini dihitung berdasarkan perbandingan antara waktu kerja aktual dibagi dengan total penjumlahan waktu kerja dan waktu perbaikan mekanis (Kementerian ESDM, 2018).

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan :

MA : *Mechanical availability* (MA)

W : *Working Hours*

R : *Repair Hours*

Penggunaan ketersediaan atau *Utilization of Availability* (UA) adalah parameter persentase yang mengukur tingkat efisiensi pemanfaatan alat yang berstatus siap pakai. Nilai persentase ini dikalkulasikan melalui perbandingan antara waktu kerja aktual alat dibagi dengan total akumulasi dari waktu kerja dan waktu tunggu (waktu tidak beroperasi) (Kementerian ESDM, 2018).

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \quad (2.10)$$

UA : *Utilization of availability*

W : *Working Hours*

S : *Stanby hours*

Efektivitas penggunaan atau *Effective Utilization* (EU) adalah parameter persentase yang menunjukkan tingkat efektivitas pemanfaatan suatu alat mekanis dari total keseluruhan waktu yang dijadwalkan. Secara matematis, nilai ini dikalkulasikan melalui perbandingan antara waktu kerja aktual dibagi dengan akumulasi keseluruhan waktu, yakni gabungan dari waktu kerja, waktu tunggu (tidak beroperasi), dan waktu perbaikan (Kementerian ESDM, 2018).

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan :

EU : *Effective utilization*

W : *Working Hours*

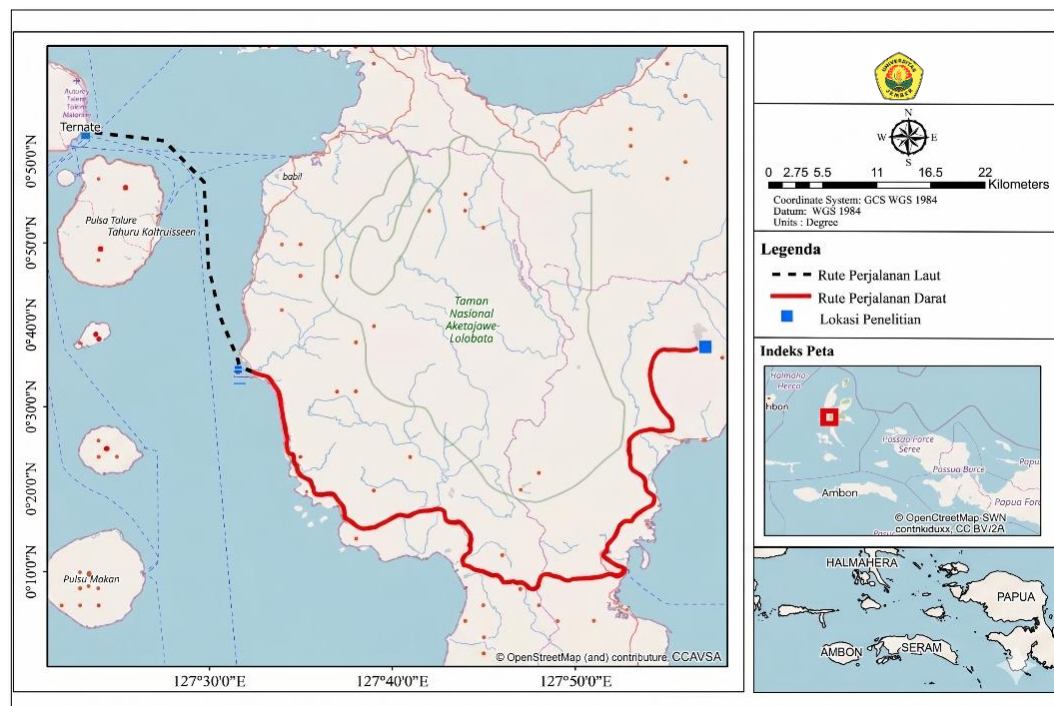
R : *Repair Hours*

S : *Stanby hours*

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Provinsi Maluku Utara, perjalanan menuju ke lokasi Proyek Weda Bay Nickel merupakan perjalanan yang panjang dan cukup memakan waktu hingga tenaga. Lokasi ini dapat dijangkau dari Jakarta menggunakan pesawat menuju Ternate yang memerlukan waktu selama 4 jam perjalanan. Pulau Halmahera memiliki sejarah tektonik yang sangat kompleks dan sering disebut sebagai zona tumbukan (*collision zone*) antar lempeng utama dunia (Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia). Batuan ofiolit (pembawa nikel) di Weda Bay tidak terbentuk di darat, melainkan berasal dari kerak samudera purba yang terangkat dan naik ke atas lempeng benua (proses obduksi). Inilah alasan mengapa batuan yang seharusnya berada di dasar laut dalam bisa tersingkap di permukaan Halmahera.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian

Pelaksanaan penelitian ini berlangsung pada bulan Oktober 2025 – Juni 2026. Detail jadwal penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Timeline* Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Bulan ke-								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Studi Literatur	√								
2	Pengambilan Data		√							
3	Pengolahan Data		√	√						
4	Analisis Data			√	√	√	√	√		
5	Presentasi Hasil Penelitian								√	√
6	Penyusunan Tugas Akhir								√	√

3.2 Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur di lakukan yaitu.

3.2.1 Data Sekunder

- Spesifikasi pada alat gali-muat dan alat angkut, merupakan rincian komponen dan kemampuan pekerjaan yang digunakan untuk menentukan kecocokan alat terhadap pengerjaan yang akan dikerjakan.
- Waktu edar (*Cycle Time*), waktu edar yang didapatkan untuk jenis alat angkut.
- Swell Factor*, adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana volume material tanah akan mengembang setelah digali dari lokasi aslinya.
- Bucket Fill Factor* (BFF), menunjukkan seberapa besar volume material aktual yang diangkut oleh alat gali dibanding dengan kapasitas teoritis alat tersebut.
- Data aktual produksi perusahaan, merupakan data produksi yang dimiliki oleh PT X.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari tentang produktivitas alat gali

muat dan alat angkut yang berupa media elektronik, buku, jurnal, hasil penelitian sebelumnya dan juga karya tulis ilmiah yang berguna untuk pendukung referensi.

2. Pengumpulan Data

Data seperti waktu edar dan waktu hambatan yang didapatkan setelah dilakukan pengamatan langsung pada lokasi operasi PT X. Dengan dibantu menggunakan bantuan alat *stopwatch* untuk menghitung waktu edar dan waktu hambatan.

3. Pengolahan Data

Data setelah didapatkan kemudian diolah dan di golongkan sesuai dengan fungsinya, menggunakan persamaan produktivitas *excavator* dengan beberapa parameter, yaitu *bucket capacity*, *bucket fill factor*, *swell factor*, *Cycle time* dan hambatan kerja. Data digunakan untuk menganalisis dalam memperhitungkan produktivitas alat gali muat dan alat angkut. Data dikelompokkan sesuai dengan fungsinya.

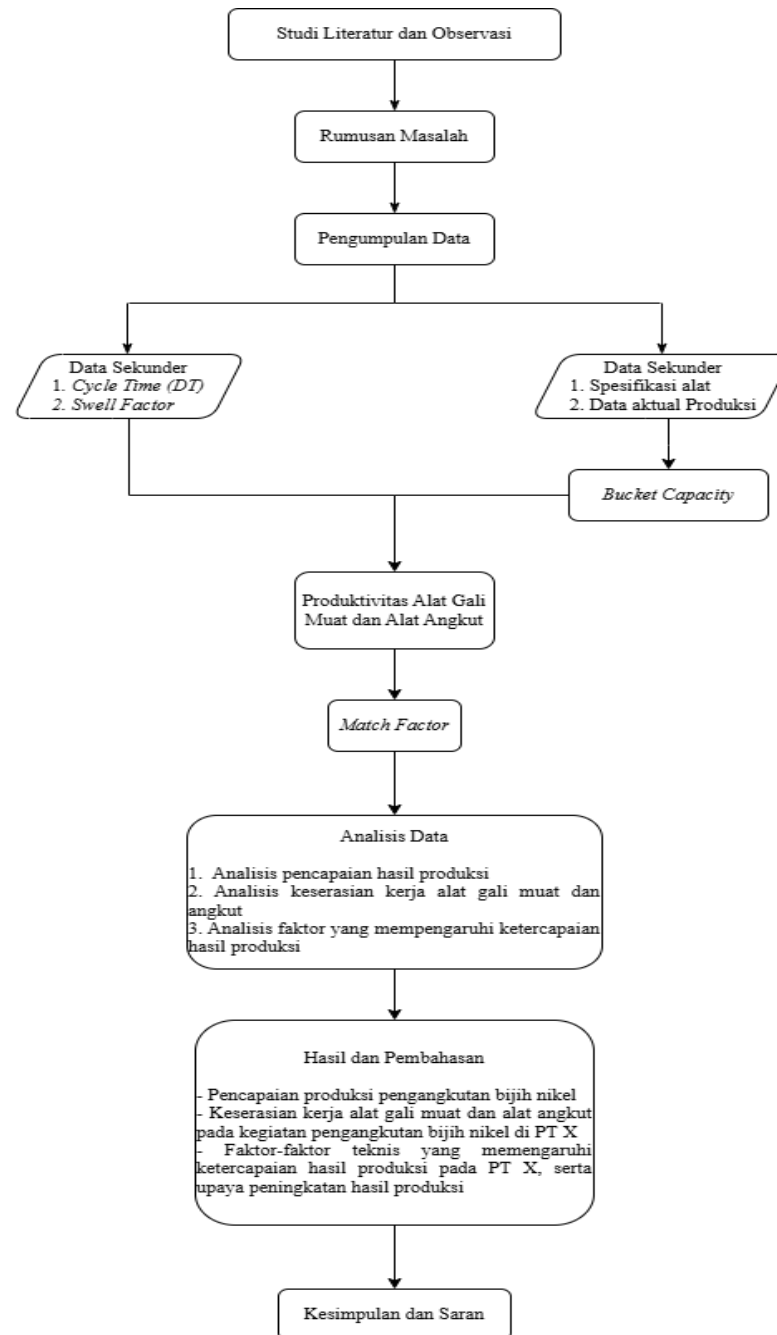
4. Analisis Data

Analisis Data Pada didasarkan pada pedoman yang sudah dipersiapkan dalam rancangan penelitian yang dilakukan sesuai dengan data yang sudah dikerjakan sebelumnya. Yang digunakan sebagai perbandingan untuk bahan analisis yaitu seperti data *cycle time* di beberapa *loading point* yang beroperasi. Hambatan kerja di lapangan juga dianalisis dalam melakukan kalkulasi kinerja alat gali muat dan alat angkut. Data yang dikumpulkan berupa data data sekunder.

5. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua analisis yang dilakukan sudah disusun, maka didapatkan kesimpulan saran dari penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian.

3.4 Bagan alir penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

4.1.1 Waktu Edar Alat Gali Muat

Awal dimulainya waktu edar alat gali muat dari disaat menggali hingga posisi mulai menggali kembali (Hadi dkk., 2022). Perhitungan waktu edar pada alat gali muat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu penggalian, waktu pengangkutan material, pemuatan material, dan pemutaran kembali. Kondisi *loading point*, kondisi material, dan kemampuan operator alat juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi waktu edar alat gali muat (Oemiati dkk., 2020). Data sekunder yang didapatkan dari PT X adalah data waktu edar alat gali muat dapat dilihat pada Lampiran 1.

Berdasarkan data sekunder dapat diketahui waktu edar alat gali muat *excavator* PC-300 dengan total waktu edar 15 detik. Maulana (2021), nilai total 15 detik termasuk dalam kategori baik, dimana *excavator* bekerja efisien < 30 detik.

4.1.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar yang ditempuh oleh alat angkut dari proses dimuati oleh alat muat sampai pada posisi untuk mulai dimuati merupakan waktu edar alat angkut (Hadi dkk., 2022). Perhitungan waktu edar (*cycle time*) alat angkut didasarkan pada akumulasi dari beberapa komponen waktu operasional. Komponen-komponen tersebut meliputi: durasi pengisian material oleh ekskavator hingga kapasitas penuh, perjalanan pengangkutan bermuatan (*hauling*), manuver pengambilan posisi untuk penumpahan (*spotting to dump*), proses penumpahan material (*dumping*), perjalanan kembali ke *front* penambangan tanpa muatan (*return empty*), serta manuver posisi untuk antrean pengisian berikutnya (*spotting to load*), data diperoleh dari data sekunder Perusahaan PT X. Hasil waktu edar alat angkut pada tabel 4.1.

Rangkaian waktu yang dihabiskan oleh *dump truck* untuk menyelesaikan satu siklus pengangkutan utuh mencakup dua proses utama, yakni tahap pemuatan material oleh alat gali muat dan tahap perjalanan menuju titik penampungan

akhir. merupakan definisi dari waktu edar (Prodjosumarto P 1993). Pada Tabel 4.1 dapat diketahui waktu yang dibutuhkan alat muat dump truck dalam satu siklus dari pengisian muatan hingga kembali melakukan penisian lagi adalah 180 menit. Kondisi jalan, kecepatan, jarak *loading point*, dan kemampuan operator mempengaruhi waktu edar alat angkut (Oemiati dkk., 2020).

Tabel 4.1 Waktu edar alat angkut *dumptruck* (menit)

Deskripsi	Waktu	Keterangan
<i>Cycle Time in Hour</i>	3,01	Jam
<i>Total Time</i>	180,88	Menit
<i>Traffic jam</i>	42,80	Menit
<i>Waiting to loading</i>	3	Menit
<i>Manuver-Loading</i>	0,75	Menit
<i>Loading time</i>	1,5	Menit
<i>Manuver-unloading</i>	0,75	Menit
<i>Unloading time</i>	3	Menit
<i>Haul Duration</i>	129,08	Menit

4.1.3 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Faktor Pengembangan material merupakan perubahan volume apabila material diganggu dari bentuk aslinya (Prodjosumarto, 1993). Data sekunder yang didapatkan dari perusahaan PT X diketahui factor pengembang 85%, dimana 85% termasuk kedalam angka pengembangan volume yang rendah dari setelah ditambang dan keadaan aslinya yang dapat dilihat pada Lampiran 1 (Data sekunder dari PT X). Fauziah (2025) mendapatkan angka *swell factor* yang diperoleh nilai sebesar 24,41%, dimana angka tersebut termasuk ke kategori sedang.

4.1.4 *Bucket Fill Factor*

Faktor pengisian atau *BFF* merupakan perbandingan antara volume nyata kapasitas bucket alat gali muat dengan volume teoritis kapasitas bucket alat gali muat sesuai dengan spesifikasi alat gali muat yang sedang beroperasi (Utama dkk., 2021). Menurut Arnadya (2025) faktor pengisian adalah faktor yang menunjukkan besarnya kapasitas nyata dari mangkuk alat gali, dengan kapasitas baku mangkuk alat muat yang disesuaikan dengan spesifikasi alat. Pada PT X

nilai factor pengisian bucket (*bucket fill factor*) sebesar 85%, data ini diperoleh dari data sekunder yang diberikan PT X dapat dilihat pada Lampiran 1. berdasarkan nilai tersebut, kapasitas *bucket* alat gali muat *excavator* PC-300 yang terisi Adalah $1,5\text{m}^3$ dari kapasitas maksimum yaitu $1,8\text{m}^3$.

4.1.5 Efisiensi Kerja

Waktu yang menunjukkan efisiensi pekerjaan adalah ukuran yang menggambarkan seberapa baik pekerjaan yang telah dilaksanakan. Waktu kerja yang efektif dan waktu kerja yang produktif merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi pekerjaan. Waktu kerja yang efektif adalah total waktu yang tersedia setelah mengurangi waktu terhambat oleh faktor lain. Menurut Arnadya (2025) Nilai efisiensi kerja diperoleh dengan menghitung selisih antara waktu kerja produktif dengan total waktu hambatan yang terjadi di lapangan, baik hambatan yang dapat dihindari maupun yang tidak dapat dihindari.

Efisiensi kerja mencerminkan seberapa optimalnya alat atau tenaga kerja digunakan dalam kondisi operasional yang sebenarnya berada di lapangan (Sertiarini, 2021). Perhitungan MA, PA, UA, dan EU menggunakan waktu kerja, waktu *repair*, serta waktu *standby* (*Work-Repair-Standby*). Waktu yang diperoleh kemudian dikonversi dari menit ke jam, Data dapat dilihat pada tabel 4.4

a. *Mechanical Availability* (MA)

Nilai *Mechanical Availability* (MA) atau ketersediaan mekanis adalah parameter yang menunjukkan tingkat kesiapan aktual suatu armada untuk beroperasi. Nilai ketersediaan ini merepresentasikan pengurangan waktu produktif akibat terjadinya kerusakan mesin (*breakdown*), sehingga kalkulasinya sangat dipengaruhi oleh akumulasi waktu yang dihabiskan untuk perbaikan alat (Deniswara dkk., 2023). Menurut Irfan (2021) kesediaan mekanis menunjukkan Tingkat kesiapan pada alat dalam melaksanakan pekerjaan, mengacu pada waktu yang terhenti akibat kerusakan atau gangguan mekanis. Perhitungan MA alat gali muat didapatkan dengan rumus :

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11,16}{11,16+6,04} \times 100\% \\
 &= 64,8\%
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Dimana :

MA : Ketersediaan mekanis

W : Waktu kerja (*Working Hours*)

R : Waktu Perbaikan (*Repair Hours*)

Hasil dari MA diketahui dari perhitungan diatas yaitu 64,8%, dimana nilai tersebut masuk dalam kategori buruk dikarenakan berada pada rentang <85%, yang memberikan gambaran bahwa kesiapan mekanis alat tidak baik karena waktu perbaikan yang panjang. Penelitian terdahulu Fauziah (2020) hasil MA yang didapatkan adalah MA = 93% dimana nilai tersebut masuk kategori baik, dengan rentang nilai > 85%, yang mencerminkan keadaan bahwa kesiapan alat mekanis sudah baik.

b. *Physical Availability* (PA)

Nilai *Physical Availability* (PA) merepresentasikan tingkat ketersediaan dan kesiapan operasional suatu alat berat secara komprehensif. Pada praktiknya, persentase ketersediaan fisik ini cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ketersediaan mekanis (*Mechanical Availability*). Hal tersebut terjadi karena ketersediaan mekanis difokuskan secara spesifik hanya untuk mengevaluasi aspek yang berkaitan dengan kerusakan maupun perbaikan komponen mesin dari alat itu sendiri (Deniswara dkk., 2023). Ketersediaan fisik menggambarkan catatan operasional alat berat berdasarkan aktivitas yang telah dilakukan pada periode sebelumnya (Irfan, 2021). Perhitungan kesediaan fisik alat gali muat didapatkan dari perbandingan antara waktu kerja yang tersedia dengan total waktu kerja yang direncanakan. Dengan rumus :

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{11,16+6,80}{11,16+6,04+6,80} \times 100\% \\
&= 74,8\%
\end{aligned} \tag{4.2}$$

Dimana :

PA : *Physical availability*

W : *Working Hours*

R : *Repair Hours*

S : *Stanby Hours*

Perhitungan diatas didapatkan hasil dari PA Adalah 74,8%, dimana nilai tersebut masuk kategori buruk dikarenakan nilai berada pada rentang <90%, dimana alat tersedia untuk dioperasikan. Penelitian sebelumnya Fauziah (2025) mendapatkan hasil PA = 93%, dimana nilai tersebut termasuk kedalam kategori nilai yang baik, dikarenakan nilai sudah masuk pada rentang > 90%, yang mana alat tersebut tersedia secara fisik.

c. *Use of Availability (UA)*

Use of Availability atau *UA* merupakan persentase waktu operasional aktual suatu alat berat yang dibandingkan dengan waktu yang tersedia ketika alat tersebut siap digunakan (Deniswara dkk., 2023). Menurut Irfan (2021) *UA* menunjukkan beberapa persen waktu yang digunakan oleh suatu alat gali muat untuk beroperasi pada saat keadaan available. Dengan rumus :

$$\begin{aligned}
UA &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\
&= \frac{11,16}{11,16+6,80} \times 100\% \\
&= 62,1\%
\end{aligned} \tag{4.3}$$

Dimana :

UA : *USED of availability (%)*

W : *Working Hours*

S : *Stanby Hours*

Perhitungan diatas mendapatkan hasil dari UA = 62,1%, dimana nilai tersebut masuk kedalam kategori buruk, karena nilai berada pada nilai <75%,

karena operator tidak optimal. Penelitian lainnya Fauziah (2025) didapatkan hasil perhitungan UA = 58%, dimana nilai tersebut termasuk kedalam kategori buruk karena berada pada rentang nilai <60%.

d. *Effective Utilization* (EU)

Effective Utilization menunjukkan persentase waktu yang dihabiskan untuk aktivitas produktif dari total waktu kerja yang tersedia (Deniswara dkk., 2023). Menurut Irfan (2021), penggunaan efektif alat menunjukkan presentase waktu dimana alat tersebut benar-benar digunakan bekerja dibanding seluruh waktu kerja yang direncanakan. Waktu kerja yang digunakan untuk melakukan kerja atau waktu kerja yang tersedia yang sudah dikurangi dengan waktu hambatan kerja merupakan waktu kerja efektif (Anisari, 2016). (EU) dapat mempresentasikan Tingkat efisiensi kerja alat gali muat, jika semakin tinggi nilainya maka semakin optimal pemanfaatan alat tersebut. Perhitungan didapatkan dengan rumus :

$$\begin{aligned} EU &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{11,16}{11,16+6,04+6,80} \times 100\% \\ &= 46,5\% \end{aligned} \quad (4.4)$$

Dimana :

$W+R+S = T = (Total\ hours\ available)$ atau *(scheduled hours)* merupakan jumlah jam kerja yang tersedia. Perhitungan EU diatas dapat diketahui hasilnya Adalah 46,5%, dimana nilai tersebut termasuk kedalam kategori kurang baik dikarenakan masuk pada rentang <65%, karena efisiensi waktu kerja alat yang tidak seimbang. Pada penelitian Fauziah (2025) nilai EU yang didapat sebesar 56%, maka nilai tersebut termasuk kedalam kategori nilai yang cukup baik, karena berada pada rentang nilai 50%-64%, dikarenakan efisiensi waktu kerja alat yang seimbang. Perhitungan MA, PA, UA, dan EU dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.1.6 Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Produktivitas alat gali muat merupakan kemampuan alat untuk melakukan pekerjaan dalam waktu tertentu. Produktivitas alat angkut yaitu kemampuan untuk

melakukan pekerjaan dalam waktu tertentu. Produktivitas alat angkut dinyatakan dalam ton/jam, ton/hari dan lain sebagainya, sedangkan Produktivitas alat gali muat dinyatakan dalam ton/satuan waktu (Prodjosumarto, 1993). Menurut Hermansyah (2018) untuk dapat mengetahui hasil dari produktivitas alat gali muat dan alat angkut, dapat dilihat dari hasil produksi aktual dan perbandingan produksi nyata dengan produksi teoritis (Herniti dkk., 2023). Alat gali muat yang digunakan pada *project* ini adalah *excavator* Komatsu PC-300 memiliki produktivitas 168,9 BCM/jam per unit, sehingga dengan 2 unit excavator total produktivitasnya 337,8 BCM/jam. Alat angkut yang digunakan adalah *dumptruck* Hino 500 memiliki produktivitas 3,06 BCM/jam per unit, sehingga dengan 65 unit total produktivitasnya sebesar 199,33 BCM/jam.

a. Excavator Pc 300

Persamaan yang digunakan dalam menghitung produktivitas excavator PC300 yaitu sebagai berikut, diketahui :

Volume mangkuk (Cb) = 1,8

Faktor pengisian alat (FF) = 0,85

Faktor pengembang (SF) = 0,85

Waktu Edar (CTm) = 15

Efisiensi kerja (Fk) = 0,46

$$\begin{aligned} Q &= (3600 \times Cb \times Ff \times Fk) / Ctm \\ &= (3600 \times 1,8 \times 0,85 \times 0,46) / 15 \\ &= 168,9 \text{ BCM/jam} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Produktivitas Excavator PC-300 secara keseluruhan :

Waktu kerja = 24 jam/hari

Jumlah hari kerja = 30 hari

Produksi total = 168,9 BCM/JAM

Produktivitas / bulan = $168,9 \times 24 \times 30 = 121.616 \text{ BCM}$

Jadi, Produksi aktual alat gali muat *excavator* PC-300 adalah 168,9

BCM/JAM, didapatkan dari perhitungan jam kerja yang telah ada adalah 24 jam/hari dan dalam 1 bulan terdapat 30 hari kerja, maka dalam satu bulan produksi nikel PT X yang dihasilkan dari excavator PC-300 adalah 121.616 BCM untuk 1 unit alat gali muat *excavator*.

b. *Dumptruck* Hino 500

Persamaan yang digunakan dalam menghitung produktivitas *dumptruck* Hino 500 yaitu sebagai berikut, diketahui :

Q : Produktivitas alat angkut (m³ /jam)

Cta : Waktu edar alat angkut (detik)

KM : Kapasitas muat (m³)

FK : Faktor Koreksi (%)

$$\begin{aligned} Q &= (3600 \times KM \times FK) / Cta \\ &= (3600 \times 20 \times 0,46) / 10.800 \\ &= 3,06 \text{ BCM/jam} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Produktivitas *Dumptruck* Hino 500 secara keseluruhan :

Waktu kerja = 24 jam/hari

Jumlah hari kerja = 30 hari

Produksi total = 3,06 BCM/jam

Produktivitas / bulan = $3,06 \times 24 \times 30 = 2.208 \text{ BCM}$

Jadi, Produksi aktual alat gali muat *Dumptruck* Hino 500 adalah 2.208 BCM

Tabel 4.2 Produktivitas alat berat

Alat Mekanis	Produktivitas (BCM/jam)	Jumlah Unit	Total Produktivitas (BCM/jam)
Excavator PC 300	172,50	2	345,00
DT Hino 500	3,13	66	206,58

4.2 Total Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Pada Tabel 4.3 Total produksi PT X Pada rentang waktu 1 bulan (*Week IV September – Week IV October*) mencapai angka 225.926,34 ton, yang berarti

produksi yang dapat dicapai hanya 76,4% dari target atau rencana produksi yang harusnya dapat mencapai angka 295.431,10 ton dalam 1 bulan. Hal yang menyebabkan tidak tercapainya rencana produksi karena adanya hambatan yang mengurangi efisiensi kerja alat. Masalah dalam produksi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti waktu efisiensi yang rendah akibat hambatan saat produksi serta keserasian antara alat gali muat dan alat angkut. Produksi tidak optimal disebabkan dari efisiensi kerja yang hanya berada diangka 46,5%, yang dikarenakan rendahnya waktu kerja akibat tingginya waktu perbaikan alat berat dan waktu *stanby* yang sangat panjang. Akibat dari tidak tercapainya target produksi income yang diterima oleh perusahaan tidak sesuai yang diharapkan, pada 26 september – 25 oktober diketahui bahwa produksi tonase nikel paling tinggi berada pada tanggal 24 oktober, dengan perolehan 9.400,61 ton dan perolehan produksi paling rendah pada tanggal 6 oktober. Produksi mingguan tertinggi berada pada *week* III bulan oktober dengan perolehan 58.188,03 ton nikel. data produksi dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.3 Total produksi PT X

Target Produksi	Total Produksi	Ketercapaian (%)
295.431,10	225.926,34	76,4

Produksi nikel yang dihasilkan dari *secondary hauling* PT X hanya dapat menghasilkan produksi nikel diangka 76,8% dari target rencana perusahaan yang seharusnya berproduksi 295.431,10 ton. Total produksi dapat ditingkatkan mencapai hasil yang maksimal dengan cara memperbaiki produktivitas alat gali muat dan alat angkut. Optimalisasi yang perlu dilakukan dengan cara mereduksi waktu hambatan yang dapat dihindari pada alat angkut kedalam nilai rencana, sehingga dapat meningkatkan efisiensi alat kerja. Penerapan hal serupa pernah terjadi dipenelitian sebelumnya produktivitas alat gali muat meningkat 12% dari sebelum optimalisasi (Cahyadi dkk., 2022).

4.3 Match Factor

Match Factor merupakan rasio yang digunakan dalam menggambarkan

keseimbangan alat dalam operasi alat berat. Hasil dari perhitungan ini menunjukkan bahwa $MF < 1$. Tanda keserasian Alat gali muat dan alat angkut dapat dikatakan serasi ketika produksi alat gali muat sama dengan alat angkut, sehingga diantara kedua alat tidak memiliki waktu tunggu dan dapat mencapai produksi maksimal (Amir dkk., 2021). Hal yang digunakan untuk mendapatkan keserasian kerja yang sesuai antara alat gali muat dan alat angkut, maka produksi alat gali muat harus sesuai dengan alat angkut (Yanto Indonesianto, 2018). Secara ideal MF yang optimal adalah mendekati nilai 1. Jika $MF < 1$, artinya alat gali muat lebih banyak menganggur dikarenakan kurangnya alat angkut. Rumus match factor beserta hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MF &= \frac{Na \times Ctm \times n}{Cta \times Nm} \\
 &= \frac{65 \times 15 \times 6}{10.800 \times 2} \\
 &= 0,27
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

dimana :

Na : Jumlah alat angkut

Ctm : *Cycle time* alat muat

N : Jumlah pengisian

Cta : *Cycle time* alat angkut

Nm : Jumlah alat muat

Pada kasus ini, $MF < 1$ dengan nilai yaitu 0,27. Hal ini menandakan bahwa adanya ketidakseimbangan didalam sistem operasi, ini terjadi dikarenakan alat gali muat memiliki waktu yang tunggu (*idle*) akibat dari keterlambatan kedatangan dari alat angkut, sehingga kapasitas produksi secara keseluruhan dikendalikan oleh alat angkut. Waktu tunggu ini disebabkan karena adanya kombinasi yang tidak ideal antara alat gali muat dengan alat angkut, yang pada dasarnya biasanya jarak tempuh pada kegiatan *secondary hauling* lebih panjang, pada akhirnya menyebabkan waktu perjalanan lebih lama sehingga alat gali muat memiliki waktu tunggu yang cukup panjang. Berbanding terbalik dengan penelitian (Fauziah, 2025) yang memperoleh nilai yang cukup besar yaitu 1,8, hal

ini dapat menandakan ketidakseimbangan alat yang besar dalam operasi penambangan, dengan kata lain alat gali muat terlalu sibuk, sementara alat angkut tidak produktif.

4.4 Faktor yang Mempengaruhi Ketercapaian Produktivitas Alat

4.4.1 Efisiensi Kerja Alat

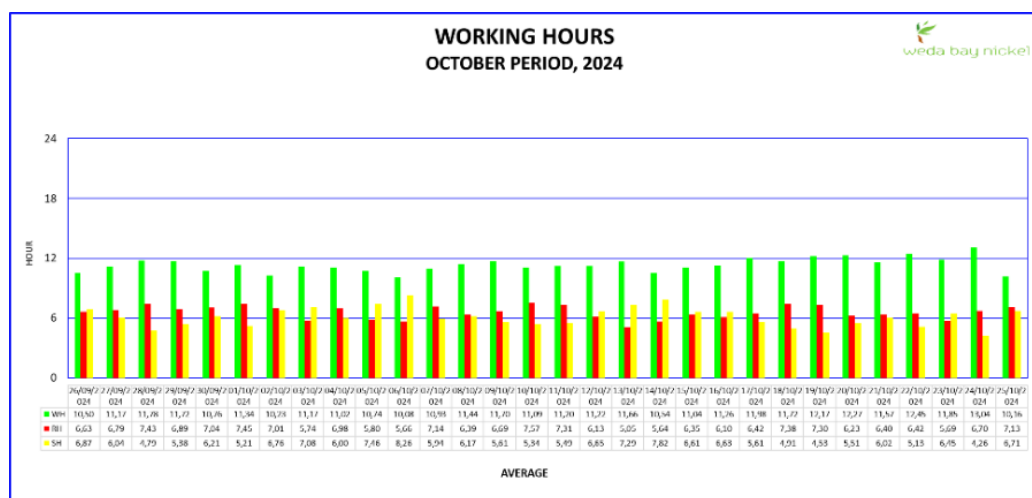
Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan, atau perbandingan antara waktu kerja yang dipakai untuk bekerja dengan waktu kerja tersedia (Anisari, 2016). Menurut Kementerian ESDM (2018) yang dituangkan dalam (Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018) tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang Baik. Nilai unjuk kerja peralatan utama:

- (1) ketersediaan fisik atau physical availability (PA) peralatan tambang paling kurang 90% (sembilan puluh persen).
- (2) ketersediaan mekanik atau mechanical availability (MA) peralatan tambang paling kurang 85% (delapan puluh lima persen).
- (3) ketersediaan penggunaan atau utilization of availability (UA) peralatan tambang paling kurang 75% (tujuh puluh lima persen).
- (4) efektifitas penggunaan atau effective utilization (EU) peralatan tambang sekurang-kurangnya 65% (enam puluh lima persen).

Nilai pedoman yang ditetapkan dalam kepmen Nomor 1827 K/30/MEM/2018 pada kategori efisiensi kerja yang menunjukkan bahwa kinerja operasional PT X masih belum optimal, sehingga perlu adanya evaluasi dan perbaikan dalam sistem operasional maupun pemeliharaan alat untuk meningkatkan efisiensi kerja ke level yang lebih baik. Efisiensi kerja merupakan persentase perbandingan antara waktu kerja efektif terhadap total waktu kerja yang tersedia. Adapun yang dimaksud dengan waktu kerja efektif adalah durasi produktif yang secara nyata digunakan alat untuk beroperasi. Nilai dari waktu kerja efektif ini diperoleh dengan mengurangi total ketersediaan waktu dengan keseluruhan waktu hambatan kerja (delay time) (Ichsannudin dkk., 2018).

4.4.2 Hambatan Kerja

Waktu hambatan kerja merupakan salah satu penyebab rendahnya produksi dari alat gali muat dan alat angkut yang ada (Adilah, 2019). Hambatan kerja didapatkan melalui data sekunder PT X, yang di dalamnya terdapat data mengenai hambatan yang telah direncanakan dan data hambatan aktual yang didapatkan pada alat gali muat dan alat angkut yang beroperasi pada jalur *secondary hauling*, di dalamnya terdapat *repair hour* dan *standby hour*.



Gambar 4.1 Diagram *Working Hours* PT X

Hambatan kerja pada PT X meliputi faktor pekerja, faktor cuaca, dan faktor alat berat. Hambatan yang terjadi di PT X tertera pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hambatan Kerja pada PT X

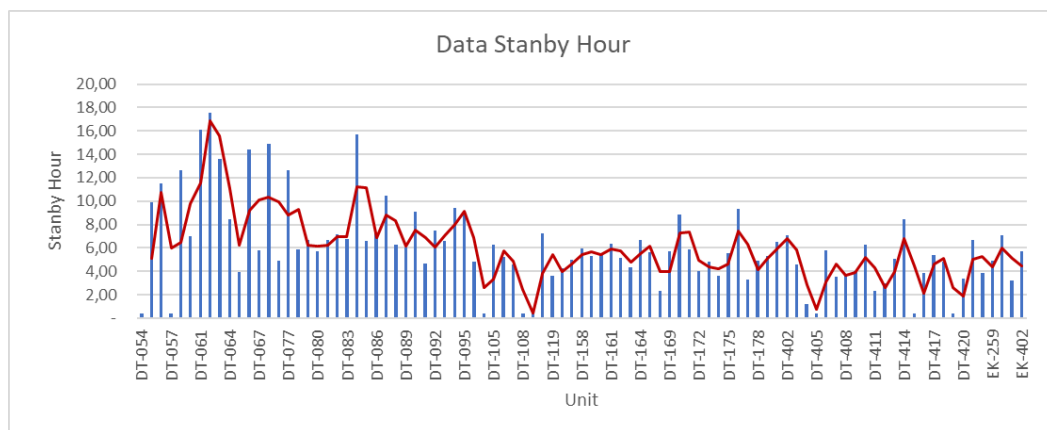
Jam Kerja	PLAN (MINUTES)	ACTUAL (Excavator)	ACTUAL (DumpTruck)
OH	1440	1440	1440
WORKING HOUR	946,2	669,6	665,4
REPAIR HOUR	168,6	362,4	466,8
STANDBY HOUR	325,2	408	308,4

Menurut tabel 4.4 dapat diketahui bahwa produktivitas dalam pertambangan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya faktor :

1. Faktor Pekerja

Faktor pekerja termasuk *Standby hour* karena terdapat waktu seperti istirahat yang akan menghambat pekerjaan. Pada gambar 4.2 data *stanby hour*

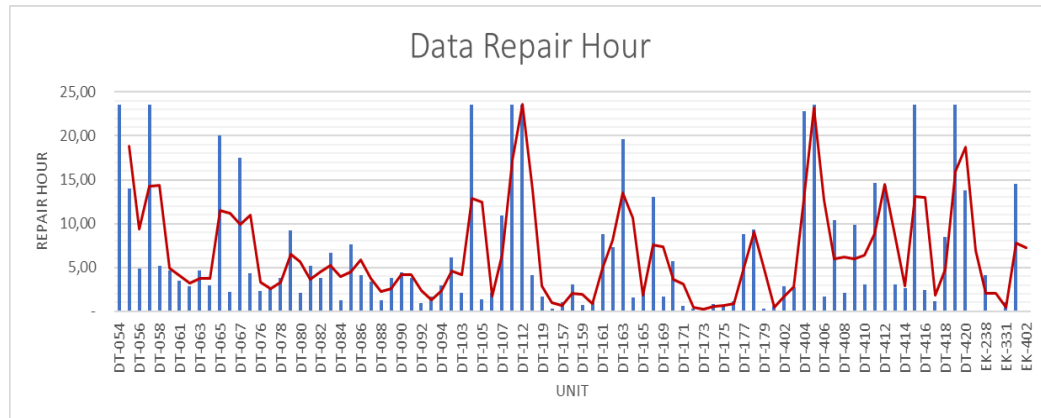
dapat diketahui bahwa unit yang memiliki *stanby hour* paling lama adalah unit DT-062, yang kemungkinan dikarenakan unit berakhir terlalu cepat sebelum waktunya karena operator yang sedang *fatigue* / sakit. Pada beberapa unit yang memiliki waktu *stanby* paling rendah yaitu 40 menit, seperti DT-054, DT-107, dan DT-108, unit tersebut merupakan unit yang sedang dalam proses *repair* di *Workshop*, sehingga dapat memiliki waktu *stanby* yang sangat singkat. Hambatan-hambatan seperti kerusakan alat, perbaikan front, serta operator yang terlambat dalam pergantian shift merupakan faktor penyebab tidak tercapainya produktivitas (Oemiati dkk., 2020).



Gambar 4.2 Diagram *Stanby Hour* PT X

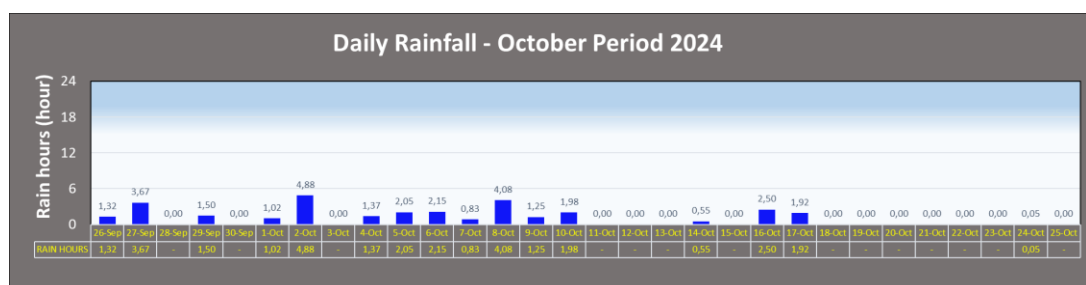
2. Faktor Alat Berat

Faktor alat berat dapat diketahui pada tabel 4.4, dimana terdapat hambatan alat berat seperti *repair hour*. Pada gambar 4.3 data *repair hour* dapat menjelaskan bahwa unit yang memiliki waktu perbaikan yang paling lama ada beberapa unit, seperti DT-054, DT-107, dan DT-108. Hal tersebut dikarenakan *dumpruck* mengalami kerusakan yang parah sehingga mendapatkan proses perbaikan dalam waktu yang lama dikarenakan ada kemungkinan ketersediaan *sparepart* yang tidak tersedia. Waktu *repair* yang paling singkat didapatkan oleh *excavator* PC-300 (EK-331), dengan waktu perbaikan singkat yang merupakan kerusakan ringan dan tersedianya *sparepart* yang dibutuhkan sehingga waktu *repair* yang diperoleh sangat singkat. Hambatan seperti kerusakan alat, perbaikan *front*, serta operator yang terlambat dalam pergantian shift merupakan faktor penyebab tidak tercapainya produktivitas (Oemiati dkk., 2020).

Gambar 4.3 Diagram *repair hour* PT X

3. Faktor Cuaca

Faktor cuaca termasuk dalam hambatan yang ada, dimana diketahui bahwa hujan yang terjadi di PT X selama 62,4 menit/hari, yang nantinya menyebabkan dampak pada jalan *Hauling* yang menjadi licin akibat hujan yang terjadi dan menghasilkan waktu 60 menit/hari. Upaya yang dapat dilakukan seperti menambahkan material agregat ukuran 25-50 mm untuk memecah lapisan licin. Hujan lebat yang berkepanjangan dapat mengubah permukaan jalan tambang yang semula kokoh menjadi medan yang licin, tergenang air, atau bahkan berlumpur tebal. Kondisi ini secara drastis memperlambat laju operasional truk *dump*, meningkatkan gesekan, memperbesar *rolling resistance*, dan secara *inheren* memperpanjang waktu edar. Fenomena perlambatan ini tidak hanya menurunkan efisiensi pengangkutan material, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja akibat hilangnya traksi dan kontrol kemudi (Rustiadi, 2015). Tabel curah hujan terdapat pada Lampiran 4.



Gambar 4.4 Diagram curah hujan PT X

Cuaca yang berlangsung pada wilayah *secondary hauling* PT X dalam 1 periode bervariasi dengan beberapa hari hujan dan beberapa hari cerah, terdapat

16 hari hujan dan 14 hari cerah didalam data 1 periode. Curah hujan yang berlangsung paling lama terjadi pada tanggal 2 oktober, sementara curah hujan paling sebentar terjadi pada tanggal 24 oktober.

Hasil dari adanya halangan untuk melakukan produksi maksimal karena adanya hambatan yang membuat hasil produksi tidak dapat mencapai titik tertinggi dikarenakan nilai kerja efektif yang diperoleh hanya 46,5% dan 46,2% yang memicu kurangnya produktivitas dari alat gali muat dan alat angkut.

4.5 Upaya Peningkatan Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Optimalisasi produksi alat gali muat dan alat angkut produksi nikel yang telah diketahui dari alat gali muat dan alat angkut dari pengamatan dan pengolahan data menjelaskan bahwa produksi PT X tidak optimal dikarenakan efisiensi kerja yang hanya berada pada angka 46,5%, dan adanya faktor hambatan yang mempengaruhi hasil produksi PT X. Salah satu cara dalam penghitungan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menangani kerusakan alat dalam siklus tertentu adalah *Mean time to repair*, yaitu dengan melakukan perbandingan jumlah jam kerusakan alat dalam satu bulan terhadap event frekuensi *downtime* dari alat tersebut. Adapun standar MTTR < 8 jam (Junaidi dkk.,2025). Waktu pada saat alat tidak digunakan untuk bekerja (ketika keadaan mesin mati), tetapi alat dalam kondisi tidak rusak dan dapat dioperasikan merupakan *standby hours* (Saliman dkk.,2019).

Cara untuk meminimalisir waktu hambatan yang dapat dihindari adalah solusi untuk meningkatkan waktu kerja efektif sehingga nilai efisiensi kerja juga akan meningkat (Assidiqi dkk.,2022). Pada penelitian Akbar (2019) didalam penelitiannya upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki waktu kerja efektif adalah dengan cara dilakukan perbaikan pada waktu kerja terhadap hambatan yang dapat dihindari dengan cara menggunakan waktu rata-rata terendah yang pernah di dapat selama pengamatan. Rata-rata *Standby hour* untuk excavator memakan waktu menjadi 306,4 menit/hari artinya telah tereduksi 24,90% dari waktu awal dan alat angkut yang berhasil mereduksi waktu repair hanya 60,6 menit/hari, meskipun nilai *Standby hour* meningkat menjadi 425,4. Hasilnya *working hour*

alat gali muat meningkat menjadi 961,8 menit dan alat angkut yang awalnya 665,4 setelah perbaikan menjadi 954, yang artinya mengalami kenaikan.

Tabel 4.5 Optimalisasi Hambatan Kerja pada PT X

Jam Kerja	<i>Improvement (Dumtruck)</i>	<i>Improvement (Excavator)</i>
<i>Operating Hour</i>	1440	1440
<i>Working Hour</i>	961,8	954
<i>Repair Hour</i>	171,6	60,6
<i>Standby Hour</i>	306,4	425,4

4.5.1 Peningkatan Efisiensi Kerja dan Penurunan Hambatan

Optimalisasi yang perlu dilakukan dengan cara mereduksi waktu hambatan yang dapat dihindari pada alat angkut kedalam nilai rencana, sehingga dapat meningkatkan efisiensi alat kerja. Perbaikan waktu hambatan dapat dilakukan dengan mengoptimalkan waktu kerja efektif yang rendah (Jacky James Hasian Silalahi, 2022). Penerapan hal serupa pernah terjadi dipenelitian sebelumnya produktivitas alat gali muat meningkat 12% dari sebelum optimalisasi (Cahyadi et al., 2022). Optimalisasi hambatan dilakukan dengan metode pengambilan data yang selanjutnya akan dirata-rata, cara yang digunakan untuk pengambilan data waktu perbaikan yaitu dengan mengeliminasi data waktu *repair* yang memakan waktu > 8 jam dan mengolah data waktu *repair* < 8 jam, karena standar adalah MTTR < 8 jam (Junaidi dkk., 2025). Pada pengambilan data didapatkan bahwa waktu *repair hours* tereduksi dari 6,04 jam/hari menjadi 2,86 jam/hari untuk *dumtruck* dan 7,78 jam/hari menjadi 1,01 jam/hari.

Pengaruh perubahan waktu kerja efektif terhadap efisiensi kerja adalah hal yang penting dalam usaha untuk mencapai target produksi (Prodjosumanto, 1993). Pada penelitian Akbar (2019) didalam penelitiannya upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki waktu kerja efektif adalah dengan melakukan perbaikan waktu kerja terhadap hambatan yang dapat di hindari dengan menggunakan waktu rata-rata terendah yang pernah di dapat selama pengamatan. Waktu *standby* direduksi menggunakan cara memilih data unit yang memiliki waktu *repair* tidak lebih dari 8 jam dan waktu *standby* tidak lebih dari 6 jam kemudian dirata-rata, sehingga menghasilkan reduksi waktu alat angkut dari 6,80

jam/hari menjadi 5,10 jam/hari, sementara waktu *standby* alat galimuat meningkat karena kedua data harus selaras dengan cara reduksi yang mengharuskan nilai rata-rata yang dapat diambil untuk waktu perbaikan < 8 jam/hari. Perbaikan perhitungan efisien kerja setelah direvisi sebagai berikut. Efisiensi kerja alat angkut setelah diperbaiki :

$$\begin{aligned} EU &= \frac{Wke}{Wkt} \times 100\% \\ &= \frac{16,03}{16,03+2,86+5,10} \times 100\% \\ &= 66,7\% \end{aligned} \quad (4.8)$$

Perhitungan efisiensi dalam simulasi perbaikan didapatkan nilai 66,7% pada alat angkut, yang berarti ada peningkatan dari efisiensi alat angkut yang awalnya didapat adalah 46,2%. Peningkatan yang didapat sangat signifikan dengan adanya reduksi yang didapatkan dengan cara kerja perhitungan yang dipilih, untuk perhitungan rumus efisiensi pada alat angkut gali muat setelah perbaikan :

$$\begin{aligned} EU &= \frac{Wke}{Wkt} \times 100\% \\ &= \frac{15,90}{15,90+1,01+7,09} \times 100\% \\ &= 66,2\% \end{aligned} \quad (4.9)$$

Hasil perhitungan keseluruhan efisiensi kerja setelah diperbaiki dapat terlihat melalui pengamatan dan pengolahan data yang dilakukan efisiensi kerja mengalami peningkatan dan berada pada kategori baik. Setelah dilakukan optimalisasi dengan cara mereduksi waktu hambatan dengan menggunakan nilai rencana pada tabel 4.5 maka didapatkan efisiensi kerja 66,2% untuk alat gali muat dan 66,7 % pada alat angkut.

4.5.2 Peningkatan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Efisiensi kerja yang telah diperbaiki akan merubah nilai dari produktivitas alat gali muat dan alat angkut. Pada penelitian Arnadya (2025) setelah melakukan perbaikan efisiensi kerja hasil pengamatan menunjukkan produktivitas alat angkut sudah mencapai target yang telah ditetapkan. Nilai produktivitas alat gali muat PC-300 setelah diperbaiki yaitu :

$$Q = (3600 \times Cb \times Ff \times Fk) / Ctm$$

$$\begin{aligned}
 &= (3600 \times 1,8 \times 0,85 \times 0,66) / 15 \\
 &= 242,35 \text{ BCM/jam}
 \end{aligned}
 \tag{4.10}$$

Produktivitas Excavator PC-300 secara keseluruhan :

Waktu kerja : 24 jam/hari

Jumlah hari kerja : 30 hari

Produksi total : 242,35 BCM/jam

Produktivitas / bulan : $242,35 \times 24 \times 30 = 174.493 \text{ BCM}$

Nilai produktivitas alat angkut Hino 500 setelah diperbaiki yaitu :

$$\begin{aligned}
 Q &= (3600 \times K_m \times F_k) / C_{ta} \\
 &= (3600 \times 20 \times 0,66) / 10.800 \\
 &= 4,4 \text{ BCM/jam}
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$

Produktivitas *Dumptruck* Hino 500 secara keseluruhan :

Waktu kerja = 24 jam/hari

Jumlah hari kerja = 30 hari

Produksi total = 4,4 BCM/jam

Produktivitas / bulan = $4,4 \times 24 \times 30 = 3.168 \text{ BCM}$

Hasil perbaikan produktivitas alat gali muat PC-300 yang berubah dari awalnya hanya 168,9 BCM/jam setelah dilakukan optimalisasi menjadi 242,35 BCM/jam, angka tersebut naik 43,48 % dari angka produktivitas sebelum perbaikan. Produktivitas alat angkut hino 500 juga meningkat dari awalnya 3,06 BCM/jam setelah adanya optimalisasi berubah menjadi 4,4 BCM/h. yang artinya angka tersebut meningkat 43,79% dari angka awal sebelum optimalisasi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencapaian produksi *secondary hauling nickel* PT X. Total produksi PT X Pada rentang waktu 1 bulan (26 September – 25 Oktober 2024) mencapai angka 225.926,34 ton, yang berarti angka yang diperoleh dibawah target produksi yang direncanakan yaitu sebesar 295.431,10 ton.
2. Keceratan kerja (MF) alat gali muat dan alat angkut di PT X yaitu 0,27. Hal ini menunjukkan bahwa adanya ketidakseimbangan didalam sistem operasi, ini terjadi dikarenakan alat gali muat memiliki waktu yang tunggu (*idle*) akibat dari keterlambatan kedatangan alat angkut.
3. Faktor pekerja termasuk *Standby hour* dan Faktor alat berat *Repair Hour*, faktor tersebut menyebabkan hambatan yang akan mempengaruhi waktu kerja efektif. Hal ini terjadi karena terdapat waktu seperti istirahat yang akan menghambat pekerjaan, hal tersebut dapat diketahui dikarenakan *dumptruck* mengalami kerusakan yang parah sehingga mendapatkan proses perbaikan dalam waktu yang lama. Adanya faktor hambatan yang mempengaruhi hasil produksi PT X dapat dilakukan reduksi untuk mengatasi masalah yang ada, yaitu dengan *Mean time to repair* adalah salah satu cara dalam penghitungan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menangani kerusakan alat dalam siklus tertentu, dengan membandingkan jumlah jam kerusakan alat dalam satu bulan terhadap *event* frekuensi *downtime* dari alat tersebut. Hasil perbaikan produktivitas alat gali muat PC-300 yang berubah dari awalnya hanya 168,9 BCM/Jam setelah dilakukan optimalisasi menjadi 242,35 BCM/Jam, angka tersebut naik 43,48 % dari angka produktivitas sebelum perbaikan. Produktivitas alat angkut hino 500 juga meningkat dari awalnya 3,06 BCM/Jam setelah adanya optimalisasi berubah menjadi 4,4 BCM/Jam. yang artinya angka tersebut meningkat 43,79% dari angka awal sebelum optimalisasi.

5.2 Saran

Berdasarkan pada pengamatan dalam proses penyelesaian penelitian, saran yang diberikan sebagai berikut :

1. Rekomendasi pada penelitian selanjutnya untuk membahas analisis hilangnya produksi akibat hambatan kerja.
2. Rekomendasi pada penelitian selanjutnya untuk membahas analisis kelayakan nilai ekonomi operasi *secondary hauling* terhadap perpindahan letak *stockpile*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, M. A., Tono, E. T., & Andini, D. E. (2019). Evaluasi Keserasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Guna Pencapaian Target Produksi Batugamping 350.000 ton/bulan pada Pit 242 Bukit Karang Putih PT Semen Padang (Persero) di Kecamatan Lubuk Kilangan Sumatera Barat: Evaluation of Work Compatibility of Loading and Hauling Devices To Achieve The Limestone Production of 350.000 Ton/Month in Pit 242 Karang Putih Hills at PT Semen Padang (Persero) in Lubuk Kilangan District, West Sumatera. *MINERAL*, 4(1), 24-30.
- Agung M., Wahab, dan Firdaus. 2020. Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat Dan Angkut Pada Blok Ulin PT. Indra Bakti Mustika Kec. Langgikima Kab. Konawe Utara. *Jurnal GeoMining*. ISSN : 2774- 2644:Vol. 1 Nomor 2: Hal. 79–88
- Akbar, Faisal Muhammad. (2019). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Batu Andesit di PT.Arga Eastu Desa Sanetan, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang Provinsi Jawa Tengah. Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan I (Semitan I).
- Alan, M., Rianto, D. J., dan Oktavia, M. 2021. Evaluasi Kinerja Alat Mekanis Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup Di PT. Seluma Prima Coal Kecamatan Mandiangan Kabupaten Sarolangun. *Mine Magazine*, 2 (1).
- Amir, F., Fanani, Y., & Sari, A. S. (2021, August). Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Penambangan Batugamping PT. Semen Indonesia Tbk, Kabupaten Tuban Jawa Timur. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 3, No. 1, pp. 288-296).
- Anisari, R. (2016). Produktivitas Alat Gali Muat Dan Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di PT. Jhonlin Baratama Jobsite Satui Kalimantan Selatan. *Intekna*, 16(1), 77- 81.
- Arnadya, Dirga A. 2025. Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Aktivitas Pemindahan Bijih Emas Dari Pit A Menuju *Crushing Plant*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Arsyad, M., Norfaeda, R., Saptarini, D. L., & Asy'ari, M. A. (2024). PENGARUH PERBAIKAN WAKTU HAMBATAN TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(1), 53-64.
- Assidiqi, A., & Rosalinda, J. W. (2022). Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Angkut pada Kegiatan Pengupasan Overburden untuk Mencapai Target Produksi Optimizing Productivity of Digging-Loading and Hauling Equipment on Overburden Stripping Activity to Achieve Production Targets. *Jurnal GEOSAPTA*, 8(02).
- Borahima, A., Berlian, C., & Virgiawan, G.(2022). Harapan Baru di Bumi Fogoguru. Lelief.
- Deniswara, W., Razak, S., Hartono, A. (2023). Produktivitas Alat Gali Muat Berdasarkan Swing Angle Top Loading Dan Bottom Loading PT Cicatih

- Putra. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, 3(1), 22-33.
- Fanani, Y., Syahanda, R. F. P., & Nahdliyin, A. F. (2016, October). Kajian Teknis Kinerja Alat Muat Dan Alat Angkut Dalam Upaya Mencapai Sasaran Produksi Penambangan Batugamping Di Pl. United Tractors Semen Gresik Kabupaten Tuban Jawa Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 127-138).
- Fauziah, Dhini F. 2025. Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Excavator dan Alat Angkut ADT Pada Penambangan Bijih Emas di PT X Menggunakan Metode Antrean. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Hadi, S. K. (2022). Pengamatan Pola Muat Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup. *Jurnal Poros Teknik*, Volume 12, No. 2, Desember 2020 : 91-98.
- Herniti, D., Fridtriyanda, A., Dinata, A. A., & Siri, H. T. (2023). Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Aktivitas Pengupasan Overburden di PT. Firman Ketaun (FK) Desa Tanjung Dalam Kec. Ulokkupai Kab. Bengkulu Utara. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(2), 67-79.
- Ichsanudin, Budhi & Yoga. (2018). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Penambangan Batu Granit. Pontianak:Jurusan Teknik Pertambangan UT, Universitas Tanjungpura
- Indonesianto, Yanto, 2018. Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta : Penerbit Program Studi Teknik Pertambangan Yogyakarta.
- Irfan, Andri. (2021). Data Mining & Decision Support System, Optimasi Pekerjaan Tanah Konstruksi Jalan Tol. ISBN 978-623-6385-92-0.
- Isgienda, F., Sumarya and Prabowo, H. (2018) ‘Evaluasi Biaya Dan Kebutuhan Alat Angkut Dan Alat Muat Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden) Pit B PT . Bina Bara Sejahtera Kecamatan Ulok Kupai , Kabupaten’, *Jurnal Bina Tambang*, 3(3), pp. 1255–1261.
- Jacky James Hasian Silalahi, d., 2022. Pengaruh Waktu Kerja Efektif terhadap Hasil Produksi Tanah Penutup di PT Bumi Merapi Energi. *Indonesian Mining and Energy Journal* , Volume 5, pp. 89-96.
- Junaidi, J., AK, W. N., & Hernawati, T. (2025). Analisis Peningkatan Mechanical Availability serta Mereduksi Biaya Perbaikan dan Perawatan Excavator PC 200 Dan HD 465 di PT Ulina Nitro Tbk. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 3(3), 300-318.
- Karim, R. dan Tamarwut, M, 2021. Kajian Teknis Alat Muat dan Alat Angkut, *Jurnal Teknik*, 14, 1-8.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827/K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Jakarta:Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Liwanto, R. (2024). *Analisis produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada penambangan batu andesit di PT. Harmak Indonesia Kapanewon Kokap, Kulon Progo Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional

Yogyakarta).

- Maulana, M., Saismana, U., & Hakim, R. N. (2021). Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada PT Boreno Alam Semesta, Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Jurnal Himasapta*, 6(1), 23-26.
- Oemiati., dkk. 2020. “Analisis Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah penutup (Overburden)”. *Jurnal Teknik Sipi Universitas Muhammadiyah Palembang*. 6, hlm. 198-200.
- Oktafiani, A., Sidiq, H., & Mukarrom, F. (2021). Analisis produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada penambangan bauksit. *Mining Insight*, 2(2), 91-98.
- Pujangga, A., dan Mulya G., 2021. Optimalisasi Produksi Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Pada Proses Pengupasan Overburden Untuk Mencapai Target Produksi per Bulan Pada Penambangan Batubara PT . Pengembangan Investasi Riau Coal Mine Project Desa Pematang Benteng Kecamatan Batang Peranap Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. *Jurnal Bina Tambang*. ISSN : 2303 3333 : Vol. 6 Nomor 3: Hal. 143–58.
- Putri, F. A. R. (2020). Optimalisasi Produktivitas Alat Angkut Tambang Pasir. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 2(1), 437-441.
- Prodjosumarto, P. (1993). Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan. *FTM-ITB, Bandung*.
- Rustiadi, E. 2015. Manajemen sumber daya lahan. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Saliman, Hermanto & Aryanto, Reza & Letlora, Liza. (2019). Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk Mencapai Target Produksi pada Tambang Grasberg, PT Freeport Indonesia Mining Equipment Needs to Achieve Production Targets at the Grasberg Mine, PT Freeport Indonesia. 2. 24-30.
- Santoso, R., Suparno, F. A. D., & Irawan, J. F. (2024). Productivity Evaluation of Digging, Loading, and Hauling Equipment in Limestone Mining, PT Pertama Mina Sutra Perkasa, Jember, Indonesia. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 4(2), 278-284.
- Setiarini, N. P., Soerjodibroto, M., & Milawarma, M. (2021). Analisis Pengaruh Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut terhadap Biaya Coal Getting di Pit Durian PT Jambi Prima Coal. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, 1(2), 81-91.
- Setyawan, S. 2019. Kajian Teknis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Tambang Batu Andesit PT. Rangga Eka Pratama Kabupaten Dompu. Universitas Muhammadiyah Mataram. Skripsi.
- Sudrajat, F.R., Purwoko, B., Syafrianto, M.K., 2019. Perencanaan Kebutuhan Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi verburden Pada Penambangan Batubara Di PT. Ganda Alam Makmur Kecamatan Kaubun Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur, *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, Vol. 6, Nomor 1 (2019).
- Syahrul, S., Syamsiah, N., Kumalasari, R., & Jaya, R. (2023). Kajian Produktivitas Alat Gali dan Alat Muat pada Penambangan Bijih Nikel Laterit Daerah Kabaena Barat Kabupaten Bombana Sulawesi tenggara.

- Mining Science And Technology Journal*, 2(3), 201-210.
- Rahmawati, D., 2011, Pengaruh Kemiskinan Terhadap Maraknya Pertambangan Tanpa Ijin (Studi Kasus Di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat), *Jurnal Media Bina Imiah*, Vol. 5, Nomor 8 (2011).
- Utama, K. H., Adnyano, A. I. A., & Mukarrom, F. (2021). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Penambangan Batu Tras. *Mining Insight*, 2(2), 61-70.
- Wibisono, R., A., Yuliad., dan Marynto., 2018. Perancangan Pentahapan Kemajuan Tambang Batubara Dan Perencanaan Fleet Di PT Bukit Intan Indoperkasa , Desa Batang Kulur Kiri , Kecamatan Sungai Raya , Kabupaten Hulu Sungai Selatan , Provinsi Kalimantan Selatan. Design Sequence of Coal Mine and Planning O.Vol. 4 Nomor 1 : ISSN : 2460–6499): Hal. 352–61.
- Yastavia, R., dan Yulhendra D., 2020. Evaluasi Teknis Penambangan Bauksit Dari Front Penambangan Menuju Washing Plant Area Untuk Menganalisis Faktor Ketidaktercapaian Target Produksi Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional Penambangan PT . ANTAM Tbk . UBPB Tayan , Kalimantan Barat. *Jurnal Bina Tambang*. ISSN : 2302-3333 : Vol. 5 Nomor 1: Hal. 11–25.
- Zulkifli. (2020). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Batu Andesit Pada PT. Niat Karya di Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa Besar Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Ulul Albab*. Vol. 24. Nomor 1. Hal.46-52

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data fill factor, cycle time, dan swell factor

Deskripsi	PC-300
Fill Factor	0,85
Cycle time	15
Swell Factor	0,85

LAMPRAN 2

Data produksi PT X

Week IV Sep	Tonnage
26-Sep-24	6.715,94
27-Sep-24	7.207,84
28-Sep-24	6.940,48
29-Sep-24	6.729,48
30-Sep-24	6.548,14
Total	34.141,88

Week I Oct	Tonnage
1-Oct-24	6.842,00
2-Oct-24	6.444,02
3-Oct-24	7.387,54
4-Oct-24	6.809,28
5-Oct-24	7.023,58
6-Oct-24	6.168,50
7-Oct-24	7.184,46
Total	47.859,38

Week II Oct	Tonnage
8-Oct-24	6.988,83
9-Oct-24	7.583,21
10-Oct-24	6.934,19
11-Oct-24	7.108,04
12-Oct-24	7.846,81
13-Oct-24	8.433,72
14-Oct-24	7.758,28
Total	52.653,08

Week III Oct	Tonnage
15-Oct-24	8.513,00
16-Oct-24	8.335,56
17-Oct-24	8.044,86
18-Oct-24	8.756,06
19-Oct-24	8.283,19
20-Oct-24	8.742,90
21-Oct-24	7.512,46
Total	58.188,03

Week IV Oct	Tonnage
22-Oct-24	8.604,84
23-Oct-24	8.349,25
24-Oct-24	9.400,61
25-Oct-24	6.729,27
Total	33.083,97

Plan	Actual
9.808,45	6.715,94
9.712,38	7.207,84
9.618,17	6.940,48
9.528,88	6.729,48
9.616,50	6.548,14

9.755,41	6.842,00
9.793,73	6.444,02
9.723,23	7.387,54
9.523,28	6.809,28
9.548,52	7.023,58
9.548,52	6.168,50
9.679,68	7.184,46

Plan	Actual
9.679,68	6.988,83
9.540,09	7.583,21
9.910,50	6.934,19
9.913,53	7.108,04
9.913,53	7.846,81
9.913,53	8.433,72
10.067,46	7.758,28

Plan	Actual
10.067,46	8.513,00
10.067,46	8.335,56
10.067,46	8.044,86
10.067,46	8.756,06
10.067,46	8.283,19
10.067,46	8.742,90
10.042,51	7.512,46

Plan	Actual
10.039,40	8.604,84
10.051,86	8.349,25
10.051,86	9.400,61
10.045,63	6.729,27

Lampiran 3

Perhitungan optimalisasi produktivitas alat gali muat dan alat angkut

UNIT DT	WH (Actual)	RH (Actual)	SH (Actual)	WH (Perbaikan)	RH (Perbaikan)	SH (Perbaikan)
DT-054	-	23,60	0,40			
DT-055	0,13	13,98	9,89			
DT-056	7,66	4,82	11,52		4,82	
DT-057	-	23,60	0,40			
DT-058	6,20	5,20	12,60		5,20	
DT-059	12,42	4,60	6,98		4,60	
DT-061	4,39	3,51	16,11		3,51	
DT-062	3,58	2,85	17,58		2,85	
DT-063	5,74	4,66	13,61		4,66	
DT-064	12,61	2,94	8,45		2,94	
DT-065	-	20,06	3,94			
DT-066	7,36	2,22	14,42		2,22	
DT-067	0,76	17,48	5,76			
DT-068	4,74	4,35	14,91		4,35	
DT-076	16,78	2,31	4,91		2,31	4,91
DT-077	8,57	2,78	12,65		2,78	
DT-078	14,34	3,77	5,90		3,77	5,90
DT-079	8,11	9,25	6,65			
DT-080	16,19	2,10	5,71		2,10	5,71
DT-081	12,12	5,20	6,68		5,20	
DT-082	13,08	3,75	7,17		3,75	
DT-083	10,57	6,68	6,76		6,68	
DT-084	7,02	1,30	15,68		1,30	
DT-085	9,84	7,59	6,57		7,59	
DT-086	12,68	4,11	7,21		4,11	
DT-087	10,20	3,36	10,44		3,36	
DT-088	16,48	1,24	6,27		1,24	
DT-089	14,19	3,82	5,99		3,82	5,99
DT-090	10,40	4,48	9,12		4,48	
DT-091	15,55	3,77	4,68		3,77	4,68
DT-092	15,55	0,99	7,47		0,99	
DT-093	15,71	1,69	6,60		1,69	
DT-094	11,63	2,99	9,38		2,99	
DT-095	8,95	6,15	8,90		6,15	
DT-103	17,06	2,13	4,81		2,13	4,81
DT-104	-	23,60	0,40			
DT-105	16,35	1,40	6,24		1,40	
DT-106	16,75	2,07	5,19		2,07	5,19
DT-107	8,55	10,90	4,54			
DT-108	-	23,60	0,40			
DT-112	-	23,60	0,40			
DT-113	12,64	4,10	7,27		4,10	
DT-119	18,69	1,67	3,64		1,67	3,64
DT-156	19,44	0,30	4,26		0,30	4,26
DT-157	18,02	1,03	4,95		1,03	4,95
DT-158	15,00	3,06	5,94		3,06	5,94
DT-159	17,93	0,74	5,34		0,74	5,34
DT-160	17,44	1,09	5,47		1,09	5,47
DT-161	8,78	8,84	6,38			
DT-162	11,57	7,27	5,15		7,27	5,15
DT-163	-	19,67	4,33			
DT-164	15,75	1,61	6,64		1,61	
DT-165	16,24	2,12	5,64		2,12	5,64
DT-168	8,64	13,03	2,33			
DT-169	16,69	1,63	5,68		1,63	5,68
DT-170	9,48	5,67	8,86		5,67	
DT-171	17,58	0,57	5,85		0,57	5,85
DT-172	19,70	0,32	3,98		0,32	3,98
DT-173	18,91	0,27	4,81		0,27	4,81
DT-174	19,51	0,86	3,63		0,86	3,63
DT-175	17,90	0,55	5,55		0,55	5,55
DT-176	13,52	1,18	9,31		1,18	
DT-177	11,92	8,80	3,28			
DT-178	9,72	9,35	4,93			
DT-179	18,41	0,30	5,29		0,30	5,29
AVERAGE	11,16	6,04	6,80	16,03	2,86	5,107575758

EK-331	15,90	1,01	7,09		1,01	7,09
EK-335	6,27	14,54	3,18			
AVERAGE	11,09	7,78	5,14	15,90	1,01	7,09

KAORAHAI - HAULING ROAD - POS /EOS OCTOBER PERIOD 2024													
Date	Rain 1		Rain 2		Rain 3		Rain 4		HUJAN 5			Daily Sum	
	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Curah Hujan	Start	Finish	Rain Frequency	Rain Hours (Hour)
9/26	20:14	20:58	21:00	21:35								2,00	1,32
9/27	13:21	14:56	15:10	17:15								2,00	3,67
9/28												-	-
9/29	16:01	17:01	21:37	21:48	21:54	22:13						3,00	1,50
9/30												-	-
10/1	1:59	3:00										1,00	1,02
10/2	7:19	7:42	8:00	11:05	11:21	11:53	19:23	20:16				4,00	4,88
10/3												-	-
10/4	12:38	14:00										1,00	1,37
10/5	13:57	16:00										1,00	2,05
10/6	12:31	14:40										1,00	2,15
10/7	9:10	10:00										1,00	0,83
10/8	13:20	14:08	14:40	15:10	16:10	18:01	18:20	19:16				4,00	4,08
10/9	13:40	13:59	14:00	14:04	14:05	14:18	22:01	22:40				4,00	1,25
10/10	14:15	14:22	14:23	15:35	18:40	19:20						3,00	1,98
10/11												-	-
10/12												-	-
10/13												-	-
10/14	1:57	2:30										1,00	0,55
10/15												-	-
10/16	12:34	12:50	12:52	14:36	18:00	18:30						3,00	2,50
10/17	12:01	13:56										1,00	1,92
10/18												-	-
10/19												-	-
10/20												-	-
10/21												-	-
10/22												-	-
10/23												-	-
10/24	12:42	12:45										1,00	0,05
10/25												-	-
TOTAL												33,00	31,12
AVERAGE												1,10	1,04

Lampiran 5

Perhitungan MA, PA, UA, dan EU Alat Angkut sebelum optimalisasi

$$\begin{aligned}
 MA &= \frac{W}{W+R} \times 100\% \\
 &= \frac{11,09}{11,09+7,78} \times 100\% \\
 &= 68,7\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PA &= \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \\
 &= \frac{11,09+5,14}{11,09+7,78+5,14} \times 100\% \\
 &= 67,6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UA &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\
 &= \frac{11,09}{11,09+5,14} \times 100\% \\
 &= 68,3\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EU &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\
 &= \frac{11,09}{11,09+7,78+5,14} \times 100\% \\
 &= 46,2\%
 \end{aligned}$$