

TUGAS AKHIR

**EVALUASI SINKRONINASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT
UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BATUBARA BULAN
FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO
LAHAT SUMATERA SELATAN**



JUAN TITO PALMO

2022310070

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH**

2025

TUGAS AKHIR

EVALUASI SINKRONINASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BATUBARA BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO LAHAT SUMATERA SELATAN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya Pada
Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih



JUAN TITO PALMO

2022310070

Dosen Pembimbing:

Ridho Yovanda, S.T., M.T

Reni Arisanti, S.T., M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI SINKRONINASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BATUBARA BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO LAHAT SUMATERA SELATAN

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Pada Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih**

Oleh:

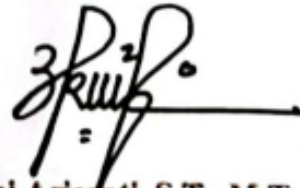
**JUAN TITO PALMO
2022310070**

Pembimbing I



**Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302**

**Prabumulih, 05 Agustus 2025
Pembimbing II**



**Reni Arisanti, S.T., M.T.
NIDN. 0207017701**

**Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan**



**Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302**

HALAMAN PERSETUJUAN

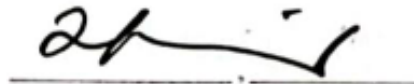
Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk Mencapai Target Produksi Batubara Bulan Februari di PT Langgeng Daya Agrindo Lahat Sumatera Selatan" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada tanggal 05 Agustus 2025, dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

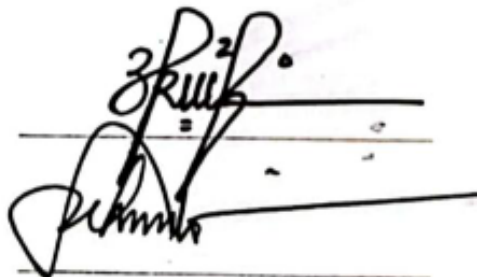
Ketua :

1. Ahmad Husni, S.T., M.T
NIDN. 0206106903



Anggota :

2. Reni Arisanti, S.T., M.T
NIDN. 0207017701



3. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T
NIDN. 0221027003

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Juan Tito Palmo

NIM : 2022310070

Prodi : Teknik Pertambangan

Judul : Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk
Mencapai Target Produksi Batubara Bulan Februari di PT
Langgeng Daya Agrindo Lahat Sumatera Selatan

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

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

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Yang Bersangkutan,



Juan Tito Palmo

2022310070

ABSTRAK

EVALUASI SINKRONINASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BATUBARA BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO LAHAT SUMATERA SELATAN

Juan Tito Palmo-2022310070

xiii + 39 halaman, 5 gambar, 17 tabel, 5 lampiran

Penelitian yang dilakukan di PT Langgeng Daya Agrindo (LDA) bertujuan untuk mengevaluasi keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut dalam mencapai target produksi pada kegiatan operasional penambangan batubara. Berdasarkan hasil analisis, nilai *match factor* aktual $MF < 1$ dengan nilai 0,65 menunjukkan bahwa adanya ketidakseimbangan antara alat mekanis tersebut sehingga menyebabkan perbedaan Produktivitas alat gali muat 456,992 ton/jam, sedangkan produktivitas alat angkut hanya mencapai 253,15 ton/jam. Perbedaan ini dapat mempengaruhi target produksi yang telah direncanakan oleh perusahaan, oleh karena itu dengan penambahan jumlah alat angkut dari hasil evaluasi *match factor* membuat produktivitas alat angkut meningkat menjadi 421,92ton/jam, sehingga membuat target produksi perusahaan 169.218,9 ton/bulan dapat tercapai.

Kata kunci: Alat gali muat, alat angkut, produktivitas, target produksi, tambang batubara, *match factor*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk Mencapai Target Produksi Batubara Bulan Februari di PT Langgeng Daya Agrindo Lahat Sumatera Selatan”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih.
4. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T Sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T Sebagai Pembimbing II.
6. Bapak Ibu Sebagai Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih
9. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2022 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua

pihak untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 05 Agustus 2025

Juan Tito Palmo
2022310070

DAFTAR ISI

	Halaman
TUGAS AKHIR	1
TUGAS AKHIR	1
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Observasi Lapangan	3
1.6 Pengambilan Data	3
1.7 Lokasi Dan Waktu Kegiatan Penelitian	3
1.8 Bagan Alir Penelitian	4
BAB II TINJAUAN UMUM	5
2.1 Sejarah dan Profil PT Langgeng Daya Agrindo	5
2.2 Peta Kesampaian Daerah.....	6
2.3 Visi dan Misi Perusahaan.....	7
2.4 Gambaran Umum Tambang lokasi penelitian.....	7
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	9
3.1 Metode Tambang Terbuka Penambangan Batubara	9
3.1.1 <i>Open Pit / Open Cast / Open Cut / Open Mine</i>	10
3.1.2 <i>Contour Mining</i>	10

3.1.3 <i>Stripping Mining</i>	12
3.2 Kondisi Tempat Kerja Dan Pola Pemuatan	12
3.2.1 Kondisi <i>Front Kerja</i>	12
3.2.2 Pola Muat	12
3.3 Kemampuan Alat Mekanis.....	13
3.3.1 Kemampuan Produksi Alat Gali Muat.....	13
3.3.2 Kemampuan Produksi Alat Angkut	14
3.4 Efisiensi Kerja.....	14
3.5 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	15
3.5.1 Waktu Edar <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat	15
3.5.2 Waktu Edar <i>Cycle Time</i> Alat Angkut.....	15
3.6 Keserasian Alat Berat (<i>match factor</i>).....	16
BAB IV PEMBAHASAN.....	17
4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut setelah Penambahan Alat Angkut.....	17
4.1.1 <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	17
4.1.2 Efisiensi Kerja.....	19
4.1.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	22
4.2 Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut agar Mencapai Target Produksi.	24
BAB V PENUTUP.....	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran:	27
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian	4
Gambar 2. 1 Peta Kesampaian Daerah.....	6
Gambar 2. 2 Lokasi Penambangan	8
Gambar 3. 1 <i>Contour Mining</i>	11
Gambar D.1 <i>Excavator</i> Hitachi Zx270	38
Gambar E. 1 <i>Dump Truck</i> Quester Cwe280	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat.....	18
Tabel 4. 2 Distribusi Frekuensi <i>Cycle Time</i> Alat Angkut	19
Tabel 4. 3 Jadwal Kerja.....	20
Tabel 4. 4 Hambatan Dapat Dihindari Dan Tidak Dapat Dihindari	20
Tabel A. 1 Data <i>Cycle Time Excavator</i>	29
Tabel A. 2 Distribusi Frekuensi <i>Digging</i>	30
Tabel A. 3 Distribusi Frekuensi <i>Swing</i> Isi	30
Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi <i>Loading</i>	31
Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi <i>Swing</i> Kosong.....	32
Tabel B. 1 <i>Cycle Time</i> Alat Gali Angkut Quester Cwe280	33
Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi Loading	34
Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi <i>Hauling</i> Isi	34
Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi <i>Manuver Dumping</i>	35
Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	36
Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi <i>Return</i>	36
Tabel C.1 Data <i>Swell Factor</i> Dan <i>Fill Factor</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Waktu Edar Alat Gali Muat Zx 470.....	29
Lampiran B Waktu Edar Alat Angkut.....	33
Lampiran C Data <i>Swell Factor</i> dan <i>Fill Factor</i>	33
Lampiran D Spesifikasi Alat Gali Muat.....	33
Lampiran E Spesifikasi Alat Angkut	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara terbesar di dunia, dengan cadangan yang tersebar di berbagai wilayah, termasuk di Sumatera Selatan. Batubara menjadi salah satu komoditas utama dalam sektor pertambangan yang mendukung ketahanan energi nasional dan menjadi sumber pendapatan negara yang signifikan. Dalam kegiatan pertambangan batubara, keberhasilan pencapaian target produksi sangat bergantung pada efektivitas dan efisiensi alat mekanis yang digunakan, terutama alat gali muat dan alat angkut.

PT Langgeng Daya Agrindo (LDA) yang beroperasi di *Jobsite* PT Budi Gema Gempita, Lahat, Sumatera Selatan, merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa kontraktor pertambangan batubara. Dalam aktivitas operasionalnya, perusahaan ini dituntut untuk dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan sesuai dengan kontrak kerja. Namun, dalam praktiknya, pencapaian target produksi kerap dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kinerja dari alat gali muat dan alat angkut yang digunakan.

Alat gali muat seperti excavator dan alat angkut seperti dump truck memiliki peran penting dalam proses pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) dan pengangkutan batubara. Permasalahan yang sering muncul meliputi tidak seimbangnya kapasitas alat gali muat dengan alat angkut, waktu tunggu (*idle time*) yang tinggi, produktivitas aktual yang lebih rendah dari kapasitas teoritis, serta faktor-faktor teknis maupun non-teknis lainnya seperti kondisi medan, cuaca, dan jadwal kerja operator.

Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat gali muat dan alat angkut yang digunakan di lokasi tambang PT LDA untuk mengetahui sejauh mana efektivitas penggunaannya dalam mendukung pencapaian target produksi. Evaluasi ini mencakup analisis terhadap kapasitas produksi alat, keserasian kerja antara alat gali muat dan angkut, serta hambatan-hambatan yang mempengaruhi produktivitas.

Melalui evaluasi ini diharapkan dapat diperoleh data dan informasi yang akurat untuk dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan manajemen, baik dalam hal pengaturan jumlah unit alat, pergantian alat, perbaikan sistem kerja, maupun upaya peningkatan efisiensi operasional secara menyeluruh. Dengan demikian, target produksi yang telah ditetapkan dapat tercapai secara optimal dan berkelanjutan.

1.2 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini hanya mengevaluasi tentang alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target tambang batubara.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang di dapatkan berdasarkan deskripsi Latar Belakang yang sudah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui produktivitas alat gali muat dan alat angkut setelah penambahan alat angkut
2. Mengevaluasi Sinkronisasi alat gali muat dan alat angkut agar mencapai target produksi

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang di lakukan dalam rangka penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Manfaat Teoritis.

Dalam penelitian ini manfaat teoritis terdiri dari manfaat bagi mahasiswa dan bagi Fakultas. Bagi mahasiswa manfaat dari Penelitian ini memberikan pengalaman berharga, menambah wawasan serta dapat mengaplikasikan ilmu tentang evaluasi alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi tambng batu bara Sedangkan bagi Fakultas, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi tambahan bagi civitas akademika prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih mengenai evaluasi alat gali muat dan alat angkut untuk menvpai target produksi.

2. Manfaat Praktis

Bagi perusahaan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan mengenai evaluasi alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi penambangan sehingga dapat menjadi bahan dalam proses penetapan kebijakan revegetasi yang sesuai aturan perusahaan tersebut.

1.5 Observasi Lapangan

Adalah kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung. Tujuan dari observasi langsung untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Data dapat berupa data primer dan data sekunder.

1.6 Pengambilan Data

Data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data primer adalah data yang didapat dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan. Adapun data yang dimaksud adalah sebagai berikut :
 - a. Data *cycle time* alat gali muat
 - b. Data *cycle time* alat angkut
 - c. Waktu kerja efektif
2. Data sekunder adalah data yang didapat dilapangan yang pada dasarnya sudah ada. Data sekunder adalah data yang didapat dilapangan yang pada dasarnya sudah ada. Data ini bisa didapat baik dari sumber berupa literatur atau dari instansi yang terkait perusahaan. Data sekunder ini merupakan data penunjang yang berkaitan dengan penelitian Tugas Akhir yang sudah ada di perusahaan dan referensi dari jurnal lainnya. berikut data yang dapat diperoleh :
 - a. Data sejarah perusahaan
 - b. Peta lokasi penambangan
 - c. Data curah hujan
 - d. Dokumentasi lapangan

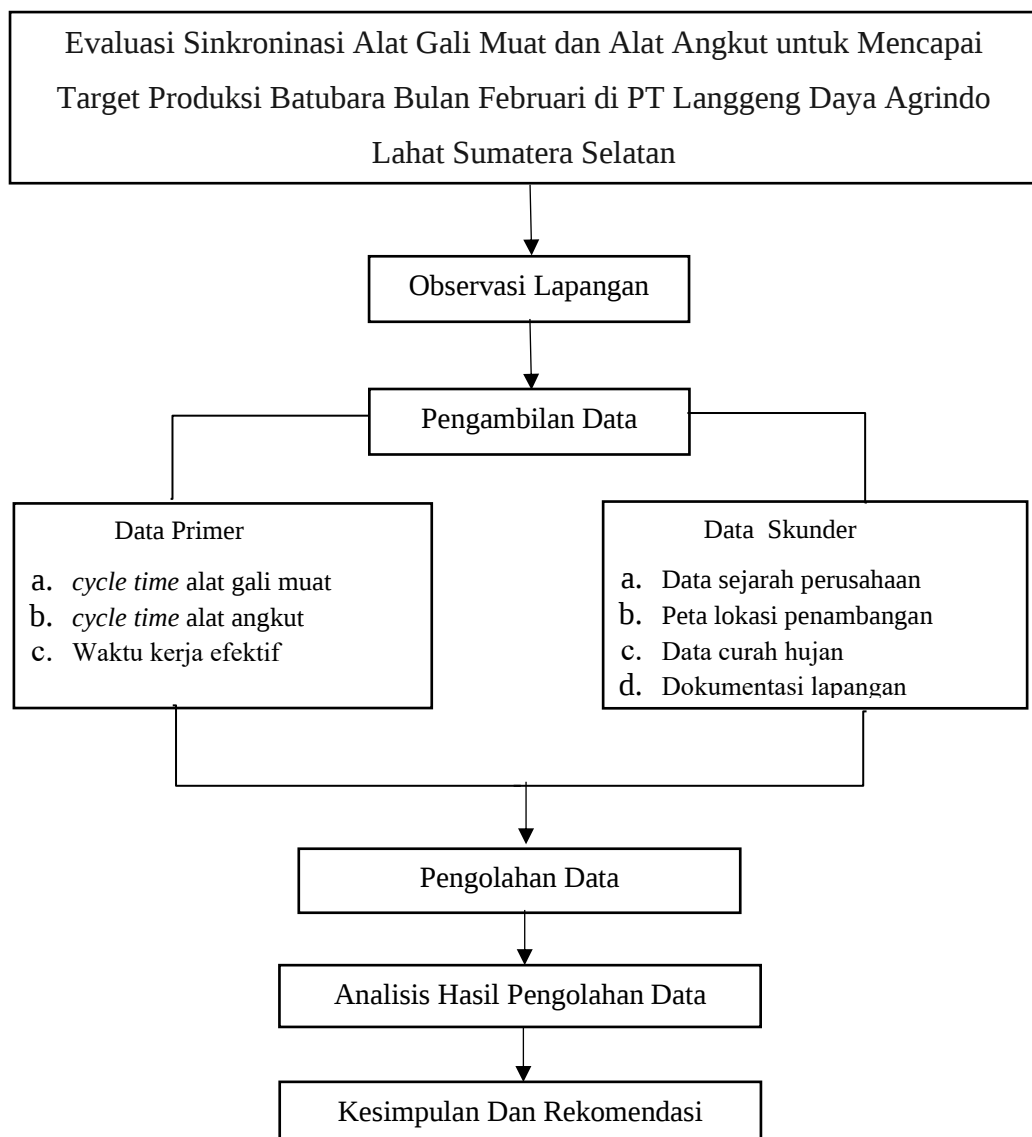
1.7 Lokasi Dan Waktu Kegiatan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini adalah selama 2 bulan, yaitu mulai dari bulan Februari 2025 s/d bulan Maret 2025. Lokasi pelaksanaan penelitian ini dilakukan

diwilayah administrasi Muara Lawai, Kec. Merapi Timur, Kab. Lahat, Prov. Sumatera PT. LDA.

1.8 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut:



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah dan Profil PT Langgeng Daya Agrindo

PT. LDA merupakan perusahaan nasional yang bergerak di bidang jasa pertambangan dengan fokus utama pada kegiatan penggalian, pemuatan, dan pengangkutan batubara (*coal mining contractor services*). Sejak awal berdirinya, PT. LDA berkomitmen untuk menjadi mitra strategis bagi pemegang izin usaha pertambangan (IUP) dalam menjalankan operasional tambang yang produktif, aman, dan berwawasan lingkungan.

PT. LDA didirikan sebagai respons atas meningkatnya kebutuhan jasa pertambangan yang profesional dan efisien di Indonesia, khususnya dalam sektor batubara. Dengan mengedepankan profesionalisme, teknologi alat berat yang handal, dan tenaga kerja berpengalaman, PT. LDA hadir untuk mendukung target produksi perusahaan-perusahaan tambang nasional yang tersebar di berbagai wilayah.

Salah satu proyek utama PT. LDA berada di wilayah Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan, yaitu di *Jobsite* PT Budi Gema Gempita (PT BGG). Dalam kerja sama ini, PT. LDA bertindak sebagai kontraktor utama yang melaksanakan seluruh kegiatan operasional tambang, mulai dari pembukaan lahan, pengupasan tanah penutup (*overburden removal*), hingga pengangkutan batubara dari *front* tambang ke *stockpile*.

Kemitraan antara PT. LDA dan PT. BGG dimulai dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi tambang dan memastikan target produksi batubara tahunan dapat tercapai. Wilayah kerja PT. BGG terletak di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat – sebuah area yang memiliki potensi cadangan batubara cukup besar dan strategis untuk pengembangan tambang terbuka. Di lokasi ini, PT. LDA menjalankan perannya sebagai kontraktor tambang dengan cakupan pekerjaan sebagai berikut:

1. Pembukaan lahan dan pengupasan lapisan tanah penutup (*stripping/overburden removal*)
2. Penggalian dan pemuatan batubara (*excavating & loading*)

3. Pengangkutan batubara ke area stockpile (*coal hauling*)
4. Koordinasi kegiatan operasional harian dengan tim teknis PT. BGG

Seluruh kegiatan dilakukan dengan memperhatikan standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3), pengelolaan lingkungan, serta efisiensi biaya dan waktu kerja.

2.2 Peta Kesampaian Daerah

Perjalanan menuju PT. LDA dapat ditempuh dari Kota Prabumulih menuju arah Muara Enim, yang merupakan jalur utama untuk mengakses wilayah tambang di Kabupaten Lahat. Dari Prabumulih ke Muara Enim, Jarak sekitar ± 60 km, Waktu tempuh ± 1 jam 57 menit Melalui jalan lintas Sumatera yang sudah beraspal dan cukup padat kendaraan. Dari Muara Enim ke PT. LDA Waktu tempuh ± 20 Menit. Lokasi kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 2. 1 Peta Kesampaian Daerah

2.3 Visi dan Misi Perusahaan

Visi: Menjadi perusahaan jasa pertambangan terkemuka yang mengedepankan profesionalisme, keselamatan kerja, dan keberlanjutan operasional di industri tambang nasional.

Misi:

1. Memberikan pelayanan terbaik dalam kegiatan jasa pertambangan batubara.
2. Menjaga keselamatan kerja dan kesehatan seluruh tenaga kerja tambang.
3. Meningkatkan produktivitas operasional dengan teknologi dan sistem kerja yang efisien.
4. Berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat sekitar tambang

2.4 Gambaran Umum Tambang lokasi penelitian

PT. LDA merupakan perusahaan jasa kontraktor pertambangan yang bekerja sama dengan PT. BGG dalam kegiatan operasional penambangan batubara di wilayah Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi penambangan berada di Kecamatan Merapi Timur, yang secara geografis terletak pada koordinat sekitar 3°42' LS dan 103°15' BT.

Daerah ini merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan, yang dikenal kaya akan cadangan batu bara berkualitas menengah hingga tinggi. Topografi wilayah terdiri atas dataran bergelombang dan perbukitan dengan vegetasi campuran berupa hutan sekunder, semak belukar, dan lahan pertanian masyarakat. Iklim di wilayah ini tergolong tropis dengan curah hujan tinggi, yang memengaruhi desain sistem drainase tambang dan operasional lapangan. Kondisi pit penambangan dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 2.2 Lokasi Penambangan

Secara operasional, tambang ini memiliki sistem kerja 12 *shift*, masing-masing 12 jam, dengan rotasi operator dan pengawas produksi yang ketat. Pemuatan batubara di *front* penambangan ini akan di angkut ke *stockpile* yang di lengkapi denagn fasilitas timbangan dan pos pencatatan.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Metode Tambang Terbuka Penambangan Batubara

Menurut Saputra (2019), dalam operasional penambangan batubara diperusahaan ini digunakan metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang terbuka atau *surface mining*. Penambangan batubara sangat tergantung kepada keadaan geologi daerah seperti sifat lapisan batuan penutup, batuan lantai batubara, struktur geologi dan kondisi lapisan batubara dan bentuk endapannya.

Dalam operasional penambangan batubara diperusahaan ini digunakan metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang terbuka atau *surface mining*. Penambangan batubara sangat tergantung kepada keadaan geologi daerah seperti sifat lapisan batuan penutup, batuan lantai batubara, struktur geologi dan kondisi lapisan batubara dan bentuk endapannya.

Metoda ini cocok dipakai untuk *ore bodies* yang berbentuk horizontal yang memungkinkan produksi tinggi dengan ongkos rendah. Walaupun “*stripping*” dan “*quarrying*” termasuk kedalam *open pit mining*, namun strip mining biasanya dipakai untuk penambangan batubara dan *quarry mining* yang berhubungan dengan produksi *non-metallic minerals* seperti *dimensionstone*, *rock aggregates*, dan sebagainya. Kebanyakan tambang batubara di Indonesia menggunakan metoda tambang terbuka, oleh karena sebagian besar cadangan batubara terdapat pada dataran rendah atau pada daerah pegunungan dengan topografi yang landai dengan kemiringan lapisan batubara yang kecil.

Beberapa tipe penambangan batubara dengan metode tambang terbuka tergantung pada letak dan kemiringan serta banyaknya lapisan batubara dalam satu cadangan. Disamping itu metode tambang terbuka dapat dibedakan juga dari cara pemakaian alat dan mesin yang digunakan dalam penambangan. Beberapa tipe penambangan batubara dengan metode tambang terbuka adalah:

3.1.1 *Open Pit / Open Cast / Open Cut / Open Mine*

Penambangan terbuka adalah metode penambangan yang dilakukan dengan cara yang sangat aman. Jika hal ini dilakukan pada pengendapan batubara, proses pembuatan penutup lapisan akan menghasilkan tersingkap dan Jadi, inilah waktunya untuk memulai. Teknik ini biasanya digunakan untuk membesarkan batubara. Metode ini pada umumnya menggunakan siklus penambangan konvensional, yang mencakup pemecahan batuan dengan pemboran dan peledakan, serta operator pemuatan, pengangkutan, dan penanganan material. Perbedaan tambang terbuka dengan tambang terbuka, tambang terbuka, atau cor terbuka ditentukan oleh arah/arah penambangan. *Open pit* mengacu pada lubang ketika penggalian dilakukan dari area yang relatif datar di mana endapan batubara itu sendiri berada (Hasanah, 2020).

Penambangan *open pit* atau *open cut* sangat bergantung pada jenis pengendapan batubara yang akan digunakan. Pemindahan tanah penutupnya juga mengungkap perbedaan antara *open pit* dan *open cast*. Tanah penutup lubang terbuka dibentuk dan ditempatkan pada suatu daerah pembuangan tertentu yang tidak terdapat pengendapan di bawahnya, sedangkan tanah penutup cor terbuka tidak dibentuk pada suatu daerah pembuangan melainkan pada suatu daerah bekas tambang yang bersinggungan. Jenis penambangan terbuka ini diterapkan pada endapan batubara yang datar atau dekat dengan bumi. Perangkat yang digunakan dapat berupa perangkat seluler atau perangkat tertentu yang dapat berfungsi secara mandiri.

Metode ini digunakan untuk endapan batubara yang memiliki kemiringan atau *dip* yang besar dan curam. Endapan batubara harus tebal jika lapisan tanah penutupnya cukup tebal. Metode ini baik pada pengupasan tanah penutup maupun penggalian batubaranya, digunakan sistem jenjang (*bench system*).

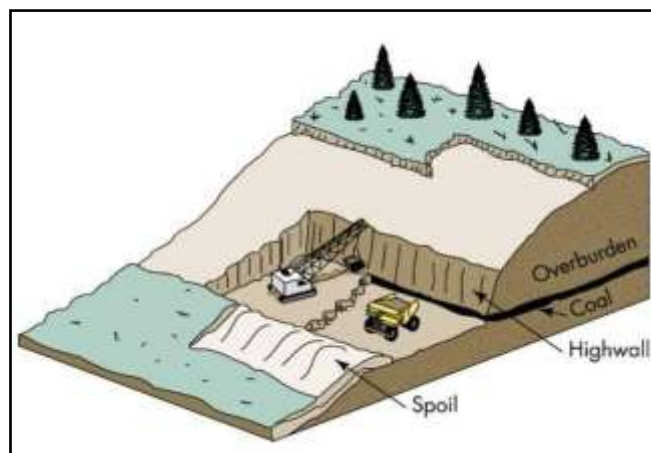
3.1.2 *Contour Mining*

Penambangan ini terjadi pada endapan batubara yang terletak di pegunungan dan perbukitan. Penambangan batubara dilakukan pada satu lapisan batubara dipermukaan atau *cropline*, garis kontur sekeliling bukit atau pegunungan. Lapisan batuan penutup batubara dibuang ke arah lereng bukit, dan batuan yang teringkap

diambil dan dipangkut. Operasi penambangan berikutnya dimulai lagi, seperti dibutkan di atas, dengan lapisan batubara lain sampai ketebalan batubara menentukan batas ekonomis atau kedalaman maksimum dimana peralatan penambangan dapat beroperasi (Mahesa, 2019).

contour mining dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan batas ekonomis ini ditentukan oleh beberapa variabel antara lain:

1. Ketebalan lapisan batubara
2. Kualitas
3. Pemasaran
4. Sifat dan keadaan lapisan batuan penutup
5. Kemampuan peralatan yang digunakan
6. Persyaratan reklamasi



Sumber: *Mining Geologist*, 2025

Gambar 3. 1 *Contour Mining*

Peralatan yang digunakan digunakan metode penambangan ini biasanya melibatkan peralatan dengan mobilitas tinggi, yang juga dikenal sebagai peralatan bergerak untuk metode penambangan ini biasanya melibatkan perangkat dengan mobilitas tinggi, yang juga dikenal sebagai peralatan bergerak peralatan alat digunakan tersebut untuk pekerjaan pembuatan lapisan batubara, sedangkan alat-alat yang sejenis atau lebih kecil dapat digunakan untuk pengambilan batubaranya, tergantung pada tingkat produksi pekerjaan di inginkan pembuatan lapisan

batubara, sedangkan alat yang serupa atau lebih kecil dapat digunakan untuk pengambilan batubaranya, tergantung pada tingkat produksi yang diinginkan.

3.1.3 Stripping Mining

Penambangan dengan sistem *strip mine* merupakan penambangan terbuka yang dilakukan untuk endapan-endapan yang letaknya mendatar atau sedikit miring. Dalam metode ini yang harus diperhitungkan adalah cara nisbah penguapan(*stripping ratio*) dari endapan yang akan ditambang, yaitu perbandingan banyaknya volume tanah penutup (m^3 atau BCM) yang harus dikupas untuk mendapatkan 1 ton endapan (Hasanah, 2020).

3.2 Kondisi Tempat Kerja Dan Pola Pemuatan

Kondisi kerja yang baik, atau bahkan buruk, dapat mempengaruhi efisiensi peralatan, sehingga menghasilkan produk yang kurang ideal. Pola pemuatan juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat gali muat dan angkut.

3.2.1 Kondisi Front Kerja

Lingkungan kerja tidak hanya harus kondusif bagi pencapaian tujuan produksi, namun juga harus aman bagi peralatan dan mobilitas karyawan yang ada di tempat kerja. Ruang kerja yang luas akan mengurangi jumlah waktu yang dapat digunakan untuk melakukan tugas lain karena cocok untuk berbagai aktivitas, misalnya sebagai tempat istirahat.

3.2.2 Pola Muat

Cara pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah kedudukan alat muat tersebut berada lebih tinggi atau kedudukan kedua-duanya sama tinggi.

1. Top Loading

Kedudukan alat muat lebih tinggi dari bak truk jungkit (alat muat berada di atas tumpukan material atau berada di atas jenjang). Cara ini hanya dipakai pada alat

muat *backhoe*. Selain itu operator lebih leluasa untuk melihat bak dan menempatkan material.

2. *Bottom Loading*

Ketinggian atau letak alat angkut dan truk jungkit adalah sama. Cara ini dipakai pada alat muat *power shovel*. Tambang terbuka merupakan kegiatan penambangan yang diterapkan terhadap endapan bahan galian yang terletak di dekat permukaan bumi. Dengan demikian kegiatan penambangan langsung berhubungan dengan udara bebas, akibatnya:

- a. Kondisi kerja dan keselamatan kerja lebih baik.
- b. Segala macam peralatan dari yang kecil sampai yang besar dapat dipakai, sehingga produksinya bisa besar.
- c. Segala jenis bahan peledak dapat dimanfaatkan dan dapat diperoleh nisbah peledakan (*blasting ratio*) yang tinggi.

3.3 Kemampuan Alat Mekanis

Menurut Fajri *et al* (2019), kemampuan produksi alat muat dan alat angkut sangat berpengaruh terhadap target produksi yang telah ditargetkan oleh perusahaan. Oleh karenanya dilakukan pemilihan pola gali muat untuk mengoptimalkan kinerja dari alat muat.

3.3.1 Kemampuan Produksi Alat Gali Muat

Kemampuan produksi alat gali-muat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$P = \frac{60}{C_{tm}} \times C_b \times F_f \times E_k \times S_f \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

P : Produksi alat muat, BCM/jam

C_{tm} : Waktu edar alat muat, menit

C_b : Kapasitas *bucket*, m³

F_f : *Bucket Fill Factor*, %

E_k : Efisiensi kerja, %

S_f : *Swell factor*

3.3.2 Kemampuan Produksi Alat Angkut

Kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$P = \frac{60}{Ctm} \times n \times cb \times Fb \times N \times Ek \times Sf \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

P : Produksi alat angkut, BCM/jam

Cta : Waktu edar alat angkut, menit

N : Banyaknya curah

Cb : Kapasitas *bucket*, m^3

Fb : *Bucket Fill Factor*, %

N : Jumlah alat angkut, unit

Ek : Efisiensi kerja, %

Sf : *Swell Factor*

3.4 Efisiensi Kerja

Menurut Oemiati et al (2020), efesiensi kerja merupakan kemampuan yang mempengaruhi produktivitas dari suatu alat, untuk mendapatkan waktu yang efektif maka dapat dilakukan dengan cara memperkecil hambatan-hambatan yang ada. Waktu kerja efektif dapat di hitung dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$We = Wt - (Wtd + Whd) \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

We : waktu kerja efektif (menit)

Wt : waktu kerja tersedia (menit)

Whd : waktu hambatan dapat dihindari (menit)

Wtd : waktu hambatan tidak dapat dihindari (menit)

Menurut Oemiati et al (2020), setelah menghitung waktu kerja efektif, maka efesiensi kerja dapat di peroleh dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut :

$$Ef = \frac{We}{Wt} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

Ef : efesiensi kerja %

We : waktu kerja efektif (menit)

Wt : waktu kerja tersedia (menit)

3.5 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar (*cycle time*) merupakan waktu yang diperlukan oleh alat untuk menghasilkan daur kerja. Semakin kecil waktu edar suatu alat, maka produksinya semakin tinggi (Oemiati et al, 2020).

3.5.1 Waktu Edar *Cycle Time* Alat Gali Muat

Persamaan 3.5 waktu edar alat muat dapat dilihat sebagai berikut:

$$CT_m = \frac{T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4}}{3600} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

CT_m : waktu edar *excavator*, detik

T_{m1} : waktu menggali material, detik

T_{m2} : waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* terisi muatan, detik

T_{m3} : waktu menumpahkan muatan, detik

T_{m4} : waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* kosong, detik

3.5.2 Waktu Edar *Cycle Time* Alat Angkut

Persamaan 3.6 waktu edar alat angkut dapat dilihat sebagai berikut:

$$Cta = \frac{Ta1 + Ta2 + Ta3 + Ta4 + Ta5 + Ta6}{60} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

CT_a : waktu edar alat angkut, menit

Ta1 : waktu mengambil posisi untuk siap dimuati, menit

Ta2 : waktu diisi muatan, menit

Ta3 : waktu mengangkut muatan, menit

Ta4 : waktu mengambil posisi untuk penumpahan, menit

Ta5 : waktu muatan ditumpahkan (*dumping*), menit

Ta6 : waktu kembali kosong, menit

3.6 Keserasian Alat Berat (*match factor*).

Menurut Nurnilam (2020), *match factor* merupakan faktor yang digunakan dalam menentukan tingkat keserasian kerja alat-alat berat yang dioperasikan dalam kegiatan penambangan (*excavator* dan *dump truck*).

1. Jika $MF < 1$, berarti alat gali muat tidak bekerja 100 %, sedangkan alat angkut mencapai 100%, sehingga terdapat waktu tunggu yang terjadi bagi alat gali menunggu alat angkut.
2. Jika $MF > 1$, berarti alat gali- muat bekerja 100% sedangkan alat angkut tidak bekerja 100%, sehingga terdapat waktu tunggu alat angkut.
3. Jika $MF = 1$ berarti alat gali- muat dan alat angkut bekerja 100% maka tidak akan terjadi waktu tunggu. Match factor Alat dapat Persamaan 3.7 sebagai berikut:

$$MF = \frac{C_{tm} \times n \times n_a}{C_{ta} \times N_m} \dots\dots\dots (3.7)$$

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut setelah Penambahan Alat Angkut

PT. LDA menggunakan alat gali muat bermerek Hitachi Zx470, kapasitas *bucket* sebesar $2,65 \text{ m}^3$. Spesifikasi alat angkut Quester Cwe280 memiliki *vessel* dengan kapasitas sebesar 27 ton atau 30 m^3 . Terdapat faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat seperti efisiensi kerja, *cycle time*, hambatan, kondisi jalan *hauling*, *swell factor*, *fill factor* dan lain-lain. Menghitung produktivitas maka perlu juga mengetahui faktor yang mempengaruhi tersebut.

4.1.1 Cycle Time Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Berikut ini adalah dari perhitungan parameter distribusi frekuensi dari *cycle time* alat gali muat dan alat angkut:

1. Cycle time alat gali muat Hitachi Zx470

Rumus mengetahui *cycle time* excavator Hitachi Zx470 dapat dilihat pada Persamaan 3.5 Perhitungannya sebagai berikut:

Jumlah data (n)	= 30
Minimum	= 13,15
Maximum	= 20,05
Jumlah kelas	= $1 + 3.3 \log n$
Jumlah kelas	= 5.87
Jumlah kelas	= 6
Interval kelas	= $\frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}}$
Interval kelas	= 1,15

Tabel 4. 1 distribusi frekuensi *cycle time* alat gali muat

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
13,15 - 14,30	1	3,33%	13,73	13,73
14,31 - 15,46	2	6,67%	14,89	29,77
15,47 - 16,62	8	26,67%	16,05	128,36
16,63 - 17,78	9	30,00%	17,21	154,85
17,79 - 18,94	9	30,00%	18,37	165,29
18,95 - 21,10	1	3,33%	20,03	20,03
Total	30	100%	100,25	512,01

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{512,01}{30} \\
 &= 17,07 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang didapat dari perhitungan distribusi frekuensi *cycle time* dari alat gali muat yaitu 17,07 detik. Parameter distribusi frekuensi *cycle time* alat gali muat lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

2. *Cycle time* alat angkut

Cycle time alat angkut Quester Cwe280 dapat dilihat pada Persamaan 3.6 untuk penjumlahannya. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 16,38 \\
 \text{Maximum} &= 27,53 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,29 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\
 \text{Interval kelas} &= 1,86
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 2 distribusi frekuensi *cycle time* alat angkut

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
16,38 - 18,24	1	10,00%	17,31	17,31
18,25 - 20,11	0	0,00%	19,18	0,00
20,12 - 21,98	0	0,00%	21,05	0,00
21,99 - 23,85	0	0,00%	22,92	0,00
23,86 - 25,72	0	0,00%	24,79	0,00
25,73 - 27,59	19	90,00%	26,66	506,54
Total	20	100%	131,91	523,85

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{523,85}{20} \\
 &= 26,19 \text{ menit} \\
 &= 1.571,55 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan distribusi frekuensi *cycle time* alat angkut adalah 25,95 menit atau 1.571,55 detik. Parameter distribusi frekuensi *cycle time* alat angkut dapat dilihat pada Lampiran B.

4.1.2 Efisiensi Kerja

Aktivitas kerja pada penambang PT. LDA memiliki 7 hari kerja tiap minggu. Dalam satu hari dibagi menjadi 2 *shift*, dimana *shift* 1 bekerja selama 10 jam (07:00-17:00). *Shift* 2 bekerja selama 10 jam (18:00 – 04:00). Tiap *shift* memiliki waktu istirahat 1 jam. Untuk *shift* 1 di jam 12.00-13.00 dan di *shift* 2 di jam 00:00 - 01:00. Namun pada hari jumat hanya bekerja selama 10 jam atau hanya 1 *shift* saja pada malam hari.

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja

<i>Shift</i>	Jadwal	Uraian	Waktu (jam)
<i>Shift 1</i>	07.00 – 12.00	Bekerja	5
	12.00 – 13.00	Istirahat	1
	13.00 – 17.00	Bekerja	4
jeda	17.00 – 18.00	Jeda	1
<i>Shift 2</i>	18.00 – 24.00	bekerja	6
	24.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 04.00	bekerja	3
Total jam			18
Jadwal kerja hari jumat			
<i>Shift 1</i>	18.00 – 24.00	bekerja	6
	24.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 04.00	bekerja	3
Total jam			9

Sumber: Penulis, 2025

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas menunjukkan bahwa pada hari jumat *shift* kerja hanya ada pada malam hari. Perhitungan waktu tersedia dapat dilihat sebagai berikut:

$$wt = \frac{(18 \times 6)jam/minggu + (9 \times 1)jam/minggu}{7 hari/minggu}$$

$$= 16,71 jam \text{ atau } 1002,85 menit$$

Jadi, didapatkan rata-rata waktu tersedia sebesar 1002,85 menit/hari.

Dari waktu kerja yang tersedia, terdapat hambatan-hambatan yang berpotensi mengurangi efisiensi jam kerja. Adapun hambatan-hambatan tersebut terdiri dari hambatan yang dapat dihindari dan yang tidak dapat dihindari. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hambatan dapat dihindari dan tidak dapat dihindari

Hambatan Yang Tidak Dapat Dihindari	Waktu	satuan
1) Pembicaraan 5 Menit	5	Menit
2) Prestart cek	5	Menit
3) Refueling	2	Menit

4) Ganti Shift	40	Menit
Total Waktu A	52	Menit
Hambatan Yang Tidak Dapat dihindari	Waktu	Satuan
Pengeringan <i>front</i>	45	Menit
Total waktu B	45	Menit
	52 + 45	Menit
Total keseluruhan (A + B)	= 97	

Sumber: Penulis, 2025

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja operator dan alat berat benar-benar beroperasi atau berproduksi. Waktu kerja efektif didapatkan dari total waktu yang tersedia dikurangi dengan total waktu hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari.

Berikut perhitungan dari waktu efektif dan efisiensi kerja:

$$\begin{aligned}
 We &= 1002,85 - 52 \times 2 \text{ shift} \\
 &= 1002,85 - 104 + 45 \\
 &= 1002,85 - 149 \\
 &= 853,85 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ef &= \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{waktu kerja tersedia}} \times 100\% \\
 &= \frac{853,85}{1002,85} \times 100\% \\
 &= 85\% / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa waktu efektif dalam bekerja adalah 853,85 menit dari total waktu tersedia 1002,85 menit. Efisiensi kerja PT. LDA adalah 85% karena adanya hambatan yang dapat dihindari dan yang tidak dapat dihindari. Pencapaian ini dapat meningkatkan produktivitas dari alat berat tersebut sehingga memaksimalkan pencapaian target produksi sebesar 169.218,9 ton/bulan.

4.1.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Berikut adalah perhitungan produktivitas alat sebelum dan sesudah perbaikan *match factor* dan jumlah alat angkut.

4.1.3.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut aktual

Perhitungan produktivitas alat mekanis dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2 sebagai berikut:

1. Produktivitas alat gali muat Hitachi Zx470

Berikut adalah perhitungan dari produktivitas alat gali muat:

Diketahui :

$C_{tm} = 17,07$ detik (Tabel 4.1)

$C_b = 2,65 \text{ m}^3$

$F_f = 0,85$

$E_f = 0,85$

$S_f = 0,74$

$D = 1,3 \text{ m}^3$

Jadi:

$$P = \frac{3600}{17,07} \times 2,65 \times 0,85 \times 0,85 \times 0,74 \times 1,3$$

$$P = 351,532 \text{ BCM} \times 1,3$$

$$P = 456,992 \text{ ton/jam}$$

$$P = 6.397,88 \text{ ton/hari}$$

$$P = 191.936,64 \text{ ton/bulan}$$

Hasil aktualnya produktivitas alat gali muat yaitu 456,992 ton/jam. Berdasarkan target produksi batubara 169.218,9 ton/bulan menunjukkan bahwa produktivitas alat gali muat sudah memenuhi target perusahaan.

2. Produktivitas alat angkut Cwe280

Perhitungan produktivitas alat angkut dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$C_{ta} = 1.571,55$ Detik (Tabel 4.2)

$$N = 10 \text{ kali}$$

$$C_b = 2,65 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,85$$

$$N_a = 6 \text{ unit}$$

$$E_f = 0,85$$

$$S_f = 0,74$$

$$D = 1,3 \text{ m}^3$$

Jadi:

$$P = \frac{3600}{1.571,55} \times 6 \times 2,65 \times 0,85 \times 10 \times 0,85 \times 0,74 \times 1,3$$

$$P = 194,73 \text{ BCM} \times 1,3$$

$$P = 253,15 \text{ ton/jam}$$

$$P = 3.544,15 \text{ ton/hari}$$

$$P = 106.324,57 \text{ ton/bulan}$$

Berdasarkan hasil aktualnya menunjukkan bahwa produktivitas alat angkut adalah 253,15 ton/jam. Berdasarkan target produksi perusahaan 169.218,9 ton/bulan produktivitas alat angkut menunjukkan belum memenuhi target dari perusahaan.

4.1.3.2 Produktivitas Alat Angkut Sesudah Perbaikan

Produktivitas aktualnya menunjukkan bahwa sebelum penambahan jumlah alat terjadi ketidakseimbangan antara produktivitas alat gali muat dan alat angkut, dimana produktivitas alat gali muat lebih tinggi dibanding alat angkut sehingga menyebabkan belum tercapainya target produksi perusahaan. Berikut ini adalah upaya setelah dilakukan penambahan jumlah *dump truck* sebanyak 4 unit agar produktivitas *dump truck* menjadi lebih optimal atau mendekati produktivitas alat gali muat.

Diketahui:

$$C_{ta} = 1.571,55 \text{ Detik (Tabel 4.2)}$$

$$N = 10 \text{ kali}$$

$$C_b = 2,65 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,85$$

$$N_a = 10 \text{ unit}$$

$$E_f = 0,85$$

$$S_f = 0,74$$

$$D = 1,3 \text{ m}^3$$

Jadi:

$$P = \frac{3600}{1557,00} \times 10 \times 2,65 \times 0,85 \times 10 \times 0,85 \times 0,74 \times 1,3$$

$$P = 324,55 \text{ BCM} \times 1,3$$

$$P = 421,92 \text{ ton/jam}$$

$$P = 5.906,92 \text{ ton/hari}$$

$$P = 177.207,6 \text{ ton/bulan}$$

Maka dengan penambahan jumlah alat *dump truck* menunjukkan memang ada peningkatan produktivitas menjadi 425,865 ton/jam. Berdasarkan target produksi 169.218,9 ton/bulan, hasil dari perbaikan dengan penambahan jumlah alat angkut telah memenuhi target produksi perusahaan

4.2 Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut agar Mencapai Target Produksi.

Keserasian kerja suatu alat merupakan faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas suatu alat terutama dalam pemenuhan produksi dari tambang batubara yang umumnya memiliki target produksi baik perjam, perhari, berbulan. Perhitungan *match factor* dapat menggunakan Persamaan 3.7.

Evaluasi *match factor* bertujuan untuk mengetahui seberapa efisiennya alat angkut dalam melayani 1 unit *excavator*, selain itu evaluasi *match factor* bertujuan agar memperbaiki produktivitas dalam mencapai target produksi 169.218,9 /bulan PT. LDA. Berikut merupakan perhitungan *match factor* sebelum dan sesudah penambahan unit *dump truck*.

1. *Match factor* aktual

Perhitungan *match factor* dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut:

Diketahui:

$$N_m = 1 \text{ unit}$$

$$CT_m = 17,07 \text{ detik (Tabel 4.1)}$$

$$CT_a = 1.571,55 \text{ Detik (Tabel 4.2)}$$

$$N_a = 6 \text{ unit}$$

$$n = 10 \text{ kali pengisian}$$

jadi:

$$MF = \frac{6 \times 17,07 \times 10}{1.571,55}$$

$$MF = \frac{1024,20}{1.571,55}$$

$$MF = 0,65$$

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa nilai *match factor* pada kegiatan penambangan batubara memiliki $MF < 1$ artinya alat gali muat bekerja kurang dari 100% sedangkan *dump truck* bekerja 100% sehingga ada waktu tunggu bagi *excavator* akibat *dump truck* yang belum sampai ke area *loading* tersebut.

2. Perbaikan *match factor*

Perbaikan *match factor* dapat dilakukan dengan penambahan jumlah alat *dump truck*, perlu dilakukan perbandingan antara *cycle time* alat angkut dibagi dengan waktu *loading*, agar dapat diketahui jumlah *dump truck* yang harus ditambahkan agar dapat melayani unit *excavator* agar mendekati sinkronisasi atau seimbang.

$$N_a = \frac{\text{cycle time alat angkut}}{\text{loading time alat muat}}$$

$$= \frac{1.571,55}{(17,07 \times 10)}$$

$$= \frac{1557,00}{170,7}$$

$$= 9,20 \text{ atau } 10 \text{ unit } \textit{dump truck}$$

Jadi:

$$MF = \frac{10 \times 17,07 \times 10}{1 \times 1557,00}$$

$$MF = \frac{1707,00}{1557,00}$$

$$MF = 1,09$$

Setelah upaya perbaikan telah dilakukan dengan penambahan *jumlah dump truck* maka masih $MF > 1$ Berarti MF tersebut menunjukkan unit *excavator* masih bekerja 100% sedangkan *dump truck* bekerja kurang dari 100% karena ada sedikit waktu tunggu dimana ada waktu menunggu walaupun tidak lama agar dapat melakukan *loading* ke *vessel dump truck*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah di dapat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas alat gali muat aktual adalah 456,992 ton/jam dan alat angkut adalah 253,15 ton/jam sehingga adanya ketidakseimbangan produktivitas alat dalam mencapai target produksi perusahaan 169.218,9 ton/bulan.
2. *Match factor* aktual menunjukkan bahwa $MF < 1$ dengan nilai 0,65 dimana terdapat waktu menunggu bagi alat gali muat akibat *dump truck* yang belum sampai untuk melakukan *loading*.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran yang dapat dijadikan perbaikan dalam mencapai target produksi untuk perusahaan:

1. Jarak *hauling* yang jauh 5 km dapat mempengaruhi produktivitas alat, sebaiknya untuk jarak seperti ini perlu penambahan unit *dump truck* dengan total unit menjadi 10 setelah dilakukan evaluasi *match factor* menunjukkan bahwa *match factor* menjadi $MF > 1$ sehingga walaupun *dump truck* menunggu tidak terlalu lama, dan *excavator* dapat bekerja lebih optimal dan target produksi tercapai.
2. Jalan *hauling* sebaiknya perlu penambahan rambu peringatan terutama jika jarak *hauling* yang jauh dan perbaikan jalan *hauling* agar target produksi tidak terhambat.
3. Jalan angkut yang berdebu perlu adanya penyiraman jalan secara berkala dengan *water truck* terutama jika musim kemarau terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Fajri, dan Octova. (2019). Analisis Statistik Mendapatkan Waktu Losstime Optimal Peralatan Tambang Untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan *Overburden* Di Pit 3 Timur Satuan Kerja Penambangan Elektrifikasi Shovel and Truck PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Bina Tambang*, Vol.5., No. 1:2302-3333
- 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.
- Hasanah, D. 2020. Analisis Perbaikan *Delay Time* Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Alat Gali Muat Dan Angkut Pada Kegiatan Pemindahan Tanah Penutup Pada *Front* Penambangan PT Artamulia Tata Pratama. Skripsi.
- Iwan Setiawan (2021), Kajian Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Batu Andesit di PT Rangga Eka Pratama Kabupaten Dompu. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Mahesa. (2019). Keserasian Alat Muat Dan Angkut Dalam Meningkatkan Produktivitas Pengupasan *Overburden* Di PT Bara Prima Pratama. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6, No 5.
- Oemiati., Dkk. (2020). Analisa Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*). *Jurnal Tambang*, 6(3):194-207.
- Saputra. 2019. Analisis Variabel *Cycle Time Dum ptruck* Secara Teoritis, Aktual dan Menggunakan *Software Talpac* Pada Pengupasan *Overburden* Tambang Batubara PT Kaltim Prima Coal. *Skripsi jurusan teknik pertambangan dan geologi fakultas teknik Universitas sriwijaya*.

LAMPIRAN A. 1WAKTU EDAR ALAT GALI MUAT ZX 470

A.1. DATA CYCLE TIME EXCAVATOR (DETIK)

Tabel A. 1 Data Cycle Time Excavator Zx470

No	<i>Digging</i>	<i>Swing isi</i>	<i>Loading</i>	<i>Swing kosong</i>	Total
1	6,01	4,55	3,67	4,10	18,33
2	4,12	5,02	3,15	4,67	16,96
3	5,01	4,84	3,17	3,87	16,89
4	6,02	5,04	4,31	4,68	20,05
5	5,34	4,71	2,89	3,94	16,88
6	4,71	4,51	3,14	3,99	16,35
7	4,52	5,01	4,11	4,66	18,30
8	4,80	4,82	3,72	4,01	17,35
9	5,41	5,05	3,62	4,76	18,84
10	5,11	4,59	2,67	3,92	16,29
11	4,81	5,07	3,82	4,35	18,05
12	4,20	5,01	3,73	4,58	13,15
13	5,34	4,86	2,44	3,89	16,53
14	4,32	4,23	3,12	3,59	15,26
15	4,06	4,45	3,05	3,87	15,43
16	4,94	5,03	3,76	4,61	18,34
17	5,04	4,90	3,43	4,27	17,64
18	4,24	4,95	3,71	4,04	16,94
19	5,10	5,03	4,02	4,78	18,93
20	4,71	4,69	2,84	3,89	16,13
21	4,05	5,01	4,11	4,41	17,58
22	4,11	5,00	3,82	4,14	17,07
23	4,90	4,59	2,79	3,87	16,15
24	4,76	4,41	2,99	3,66	15,82
25	4,91	5,03	4,07	4,37	18,38
26	5,01	5,01	3,84	4,24	18,10
27	4,89	4,27	2,69	3,73	15,58
28	4,80	4,61	2,89	3,81	16,11
29	4,74	5,03	3,56	4,31	17,64
30	4,91	5,01	3,67	4,21	17,80
R	4,86	4,84	3,45	4,19	17,07
Max	6,02	5,07	4,31	4,78	20,05
Min	4,05	4,23	2,44	3,59	13,15

Sumber: Penulis,2025

A.2 DISTRIBUSI FREKUENSI *DIGGING*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 4,05

$$\begin{aligned}
\text{Maximum} &= 6,02 \\
\text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\
\text{Jumlah kelas} &= 5.87 = 6 \\
\text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,32
\end{aligned}$$

Tabel A. 2 Distribusi Frekuensi *Digging*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
4,05 – 4,37	6	20,00%	4,21	25,26
4,38 – 4,70	2	6,67%	4,54	9,08
4,71 – 5,03	14	46,67%	4,87	68,18
5,04 – 5,36	5	16,67%	5,20	26
5,37 – 5,69	1	3,33%	5,53	5,53
5,70 – 6,02	2	6,67%	5,86	11,72
Total	30	100%	30,21	145,77

Sumber: Penulis ,2025

$$\begin{aligned}
\text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
&= \frac{145,77}{30} \\
&= 4,86 \text{ detik}
\end{aligned}$$

A.3 DISTRIBUSI FREKUENSI SWING ISI

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
\text{Minimum} &= 4,23 \\
\text{Maksimum} &= 5,07 \\
\text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\
\text{Jumlah kelas} &= 5.87 = 6 \\
\text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,14
\end{aligned}$$

Tabel A. 3 Distribusi Frekuensi *Swing Isi*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
4,23 – 4,37	2	6,67%	4,30	8,60
4,38 – 4,52	2	6,67%	4,45	8,90
4,53 – 4,67	5	16,67%	4,60	23,00
4,68 – 4,82	3	10,00%	4,75	14,25
4,83 – 4,97	4	13,33%	4,90	19,60
4,98 – 5,12	14	46,67%	5,05	70,70
Total	30	100%	28,05	145,05

Sumber: Penulis,2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{145,05}{30} \\
 &= 4,84 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

A.4 DISTRIBUSI FREKUENSI *LOADING*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{Minimum} &= 2,44 \\
 \text{Maksimum} &= 4,31 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5.87 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,31
 \end{aligned}$$

Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi *Loading*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
2,44 – 2,75	3	10,00%	2,60	7,79
2,76 – 3,07	6	20,00%	2,92	17,49
3,08 – 3,39	4	13,33%	3,24	12,94
3,40 – 3,71	4	13,33%	3,56	21,33
3,72 – 4,03	8	26,67%	3,88	27,13
4,04 – 4,35	4	13,33%	4,20	16,78
Total	30	100%	20,37	103,45

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{103,45}{30} \\
 &= 3,45 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

A.5 DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING KOSONG*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{Min} &= 3,59 \\
 \text{Max} &= 4,78 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah kelas} = 5.87 = 6$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,19$$

Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi Swing Kosong

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
3,59 – 3,78	3	10,00%	3,69	11,06
3,79 – 3,98	8	26,67%	3,89	31,08
3,99 – 4,18	5	16,67%	4,09	20,43
4,19 – 4,38	5	16,67%	4,29	21,43
4,39 – 4,58	3	10,00%	4,49	13,46
4,59 – 4,78	6	20,00%	4,69	28,11
Total	30	100%	25,11	125,55

Sumber: Penulis,2025

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{125,55}{30} \\ &= 4,19 \text{ detik} \end{aligned}$$

LAMPIRAN B. 1WAKTU EDAR ALAT ANGKUT QUESTER CWE 280

B.1 DATA *CYCLE TIME* DUMP TRUCK (MENIT)

Tabel B. 1*Cycle Time* Alat Gali Angkut Quester CWE 280

No	<i>Loading</i>	<i>Hauling isi</i>	<i>Manuver dumping</i>	<i>Dumping</i>	<i>Return</i>	<i>Manuver empty</i>	Total
1	3,21	12,05	0,32	0,35	10,21	0,38	26,52
2	3,15	11,46	0,35	0,29	10,12	0,29	25,66
3	3,11	13,22	0,27	0,31	9,56	0,38	26,85
4	3,24	12,43	0,40	0,39	10,01	0,29	26,76
5	3,13	12,13	0,38	0,34	10,1.3	0,40	16,38
6	3,26	13,01	0,29	0,28	9,56	0,38	26,78
7	3,20	12,26	0,31	0,31	10,05	0,39	26,52
8	3,42	11,34	0,32	0,35	10,04	0,34	25,81
9	3,36	12,07	0,35	0,29	10,00	0,29	26,36
10	3,57	13,01	0,28	0,32	9,59	0,31	27,08
11	3,51	12,42	0,30	0,40	10,01	0,35	26,99
12	3,32	12,24	0,34	0,31	10,12	0,28	26,61
13	3,42	12,29	0,26	0,38	10,22	0,29	26,86
14	3,40	12,21	0,27	0,28	10,13	0,39	26,68
15	3,56	13,03	0,29	0,36	10,00	0,29	27,53
16	4,00	12,17	0,39	0,33	9,58	0,31	26,78
17	3,47	12,36	0,34	0,27	10,21	0,38	27,03
18	3,54	12,19	0,27	0,34	10,11	0,29	26,74
19	3,24	12,21	0,29	0,32	10,23	0,40	26,69
20	3,14	12,23	0,36	0,29	10,05	0,38	26,45
Rata-rata	3,35	12,31	0,32	0,33	10,00	0,34	26,19
Max	4,00	13,22	0,40	0,40	10,23	0,40	27,53
Min	3,11	11,34	0,26	0,27	9,56	0,28	16,38

Sumber: Penulis, 2025

B.2 DISTRIBUSI FREKUENSI *LOADING*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 3,11 \\
 \text{Maximum} &= 4,00 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,29 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,15
 \end{aligned}$$

Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi *Loading*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
3,11 - 3,26	9	45,00%	3,19	28,67
3,27 - 3,42	5	25,00%	3,35	16,73
3,43 - 3,58	5	25,00%	3,51	17,53
3,59 - 3,74	0	0,00%	3,67	0,00
3,75 - 3,90	0	0,00%	3,83	0,00
3,91 - 4,06	1	5,00%	3,99	3,99
Total	20	100%	21,51	66,90

Sumber: Penulis 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{66,90}{20} \\
 &= 3,35 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

B.3 DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING ISI*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 11,34 \\
 \text{Maximum} &= 13,22 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,29 = 6
 \end{aligned}$$

Tabel B. 3 distribusi frekuensi *hauling isi*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
11,34 - 11,65	2	10,00%	11,50	22,99
11,66 - 11,97	0	0,00%	11,82	0,00
11,98 - 12,29	11	55,00%	12,14	133,49
12,30 - 12,61	3	15,00%	12,46	37,37
12,62 - 12,93	0	0,00%	12,78	0,00
12,94 - 13,25	4	20,00%	13,10	52,38
Total	20	100%	73,77	246,22

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{246,22}{20} \\
 &= 12,31 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

B.4 DISTRIBUSI FREKUENSI MANUVER DUMPING

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 0,26 \\
 \text{Maximum} &= 0,40 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,29 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,02
 \end{aligned}$$

Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi *Manuver Dumping*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
0,26 - 0,28	5	25,00%	0,27	1,35
0,29 - 0,31	5	25,00%	0,30	1,50
0,32 - 0,34	4	20,00%	0,33	1,32
0,35 - 0,37	3	15,00%	0,36	1,08
0,38 - 0,40	3	15,00%	0,39	1,17
0,41 - 0,43	0	0,00%	0,42	0,00
Total	20	100%	2,07	6,42

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{6,42}{20} \\
 &= 0,32 \text{ ,menit}
 \end{aligned}$$

B.5 DISTRIBUSI FREKUENSI DUMPING

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 0,27 \\
 \text{Maximum} &= 0,40 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,29 = 6
 \end{aligned}$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,02$$

Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi *Dumping*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
0,27 - 0,29	6	30,00%	0,28	1,68
0,30 - 0,32	5	25,00%	0,31	1,55
0,33 - 0,35	5	25,00%	0,34	1,70
0,36 - 0,38	2	10,00%	0,37	0,74
0,39 - 0,41	2	10,00%	0,40	0,80
0,42 - 0,44	0	0,00%	0,43	0,00
Total	20	100%	2,13	6,67

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{6,67}{20} \\ &= 0,33, \text{ menit} \end{aligned}$$

B.6 DISTRIBUSI FREKUENSI *RETURN*

$$\text{Jumlah data (n)} = 20$$

$$\text{Minimum} = 9,56$$

$$\text{Maximum} = 10,23$$

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3,3 \log n$$

$$\text{Jumlah kelas} = 5,29 = 6$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,11$$

Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi *Return*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
9,56 - 9,67	4	20,00%	9,62	38,46
9,68 - 9,79	0	0,00%	9,74	0,00
9,80 - 9,91	0	0,00%	9,86	0,00
9,92 - 10,03	4	20,00%	9,98	39,90
10,04 - 10,15	8	40,00%	10,10	80,76
10,16 - 10,27	4	20,00%	10,22	40,86
Total	20	100%	59,49	199,98

Sumber: Penulis, 2025

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{199,98}{20} \\ &= 10,00 \text{ menit} \end{aligned}$$

LAMPIRAN C. 1 DATA *SWELL FACTOR* DAN *FILL FACTOR*

Tabel C. 1 Data *Swell Factor* dan *Fill Factor*

<i>SWELL FACTOR</i>	74%
<i>FILL FACTOR</i>	85%
Sumber: PT. LDA, 2025	

LAMPIRAN D. 1 SPESIFIKASI ALAT GALI MUAT



Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025

Gambar D. 1 *Excavator* Hitachi Zx470

1. Daya mesin: 235 kW
2. Kapasitas *bucket*: 1,9 m³ hingga 3,0 m³
3. Kedalaman galian maks: 5.880 mm
4. Kapasitas *bucket* ISO *heaped*: 1,15 – 2,65 m³
5. Berat operasional: 46.000 kg hingga 47.800 kg

LAMPIRAN E. 1 SPESIFIKASI ALAT ANGKUT



Sumber: Dokemntasi Penulis, 2025

Gambar E. 1 *Dump Truck Quester Cwe280*

1. Tipe: GH8E
2. Kapasitas silinder: 7698 cc
3. Tenaga maks: 280 Hp
4. Torsi maks: 1.050 Nm
5. Ketebalan rangka: 90 mm x 300 mm x 8 mm
6. Kapasitas tangki bahan bakar: 315 L
7. Kapasitas vessel: 25 ton – 3,0 ton
8. Ukuran ban: 11.00.R20.16PR