

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBUTUHAN ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO

Dinjukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Ahli Madya pada
Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih



MUHAMMAD HABBIEL

2022310056

Dosen Pembimbing:

Reni Arisanti, S.T., M.T.

Syelly Eka Permatasari, S.Pd., M.Pd.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PRABUMULIH

2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEBUTUHAN ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Ahli Madya
pada Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

Oleh:

MUHAMMAD HABBIEL

2022310056

Pembimbing I



Reni Ariantati, S.T., M.T.
NIDN. 0207017701

Prabumulih, 08 Agustus 2025
Pembimbing II



Syelly Eka Permatasari, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0214069201



Kotaku Program Studi
Teknik Pertambangan

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul “ Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan *Overburden* untuk Mencapai Target Produksi Bulan Februari di PT Langgeng Daya Agrindo” telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada 08 Agustus 2025, dan telah diperbalki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 08 Agustus 2025

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

Ketua :

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

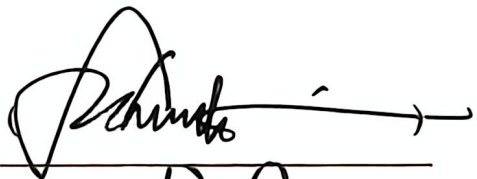
NIDN. 0206106903

()

Anggota :

2. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.

NIDN. 0221027003

()

3. Reni Arisanti, S.T., M.T.

NIDN. 0207017701

()

Ketua Program Studi

Teknik Pertambangan



Ridha Novanda, S.T., M.T.

NIDN. 0218099302

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Habbiel

Nim : 2022310056

Prodi : Teknik Pertambangan

Judul : Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan
Overburden untuk Mencapai Target Produksi Bulan Februari di PT
Langgeng Daya Agrindo

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam 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, 08 Agustus 2025

Yang Bersangkutan,



Muhammad Habbiel

ABSTRAK

ANALISIS KEBUTUHAN ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BULAN FEBRUARI DI PT LANGGENG DAYA AGRINDO

MUHAMMAD HABBIEL, 2022310056, 2025

Xii + 38 halaman, 6 gambar, 19 tabel, 4 lampiran

Keberhasilan pencapaian target produksi sangat dipengaruhi oleh kecukupan dan kesesuaian alat mekanis yang digunakan khususnya alat gali muat dan alat angkut. Penelitian yang diadakan di PT langgeng daya agrindo bertujuan untuk menganalisis kebutuhan jumlah alat gali muat dan alat angkut untuk mendukung pencapaian target produksi tambang. Berdasarkan hasil target produksi *overburden* /bulan sebesar 305.866,67 BCM/bulan. Hasil menunjukkan bahwa produktivitas alat gali muat mencapai 382,55 BCM/jam sedangkan alat angkut sebesar 84,66 BCM/jam. Untuk mencapai target produksi bulanan, dibutuhkan kombinasi alat berat yang sesuai antara alat gali muat dan alat angkut ADT. Hasil analisis menunjukkan bahwa dibutuhkan 2 unit *excavator* dengan dukungan 5 unit ADT untuk satu siklus kerja agar kegiatan produksi dapat berjalan secara optimal dan efisien. Analisis ini penting untuk memastikan kesesuaian kapasitas alat dengan target yang ditetapkan serta meminimalisasi hambatan produksi akibat ketidakseimbangan jumlah alat. Evaluasi keserasian kerja menghasilkan *match factor* sebesar 1,10 yang menunjukkan bahwa alat gali muat bekerja 100% sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga menyebabkan waktu tunggu sekitar 0,26 menit bagi alat angkut.

Kata kunci: *excavator*, ADT, target produksi, efisiensi alat berat

KATA PENGANTAR

Rasa Syukur yang tak terhingga Penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan segala karunia dan nikmat-Nya, kesehatan jasmani dan rohani, serta kekuatan lahir dan batin. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan *Overburden* untuk Mencapai Target Produksi Bulan Februari di PT Langgeng Daya Agrindo” Shalawat beriring salam tak lupa penulis curahkan kepada junjungan umat Islam baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah memberikan tuntunan menuju jalan yang terang (ilmu pengetahuan) dengan akhlak yang mulia.

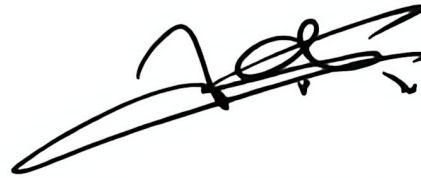
Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si selaku Rektor Universitas Prabumulih
2. Bapak Ahmad Husni selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan.
4. Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T sebagai Pembimbing I.
5. Ibu Syelly Eka Permatasari, S.pd., M.Pd. sebagai Pembimbing II.
6. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T., Suhardiman Gumanti, S.T., M.T., Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T., Dan Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T sebagai Tim Penguji
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 kepada penulis.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya Angkatan 2022 serta semua pihak

yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan 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, 08 Agustus 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Muhammad Habbiel', with a long horizontal stroke extending to the left.

Muhammad Habbiel

2022310056

DAFTAR ISI

	Halaman
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	3
1.5 Observasi lapangan	3
1.6 Pengambilan data	3
1.7 Jadwal Penelitian	4
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	6
2.3 Gambaran Umum Tambang lokasi penelitian.....	7
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	8
3.1 Lapisan Tanah Penutup (Overburden).....	8
3.2 Alat Gali Muat Dan Alat Angkut	8
3.3 Alat Gali Muat.....	9
3.4 Alat Angkut	9
3.5 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	11
3.5.1 Waktu Edar Alat Gali Muat.....	11
3.5.2 Waktu Edar Alat Angkut.....	12

3.6 Efisiensi Kerja	12
3.5 Faktor Pengisian (<i>Fill Factor</i>).....	13
3.6 Faktor Pengembangan (<i>Swell Factor</i>).....	13
3.7 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut.....	14
3.8 Keserasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut (<i>Match Factor</i>).....	14
BAB IV PEMBAHASAN	17
4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut dalam Pengupasan Overburden.....	17
4.1.1 Cycle Time Alat Gali Muat dan Alat Angkut	17
4.1.1 Efisiensi Kerja	20
4.1.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	22
4.2 Analisis jumlah kebutuhan alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan overburden.....	24
4.3 Evaluasi keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan overburden.	25
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 3. 1 <i>Excavator Pc200</i>	9
Gambar 3. 2 <i>Dump Truck Hino</i>	11
Gambar C. 1 <i>Excavator</i>	38
Gambar D. 2 Alat Angkut Adt	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Total <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat.....	18
Tabel 4. 2 Total <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat	18
Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Total <i>Cycle Time</i> Alat Angkut	19
Tabel 4. 4 Total <i>Cycle Time</i> Alat Angkut	19
Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Perusahaan.....	20
Tabel 4. 6 Jadwal Kerja Perusahaan Pada Hari Jumat	20
Tabel 4. 7 Waktu Hambatan Yang Mempengaruhi Produksi.....	21
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 Isi</i>	30
Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	31
Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi <i>Swing Empty</i>	32
Tabel B. 1 <i>Cycle Time Adt Volvo</i>	33
Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi <i>Loading</i>	34
Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi <i>Hauling Isi</i>	34
Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi <i>Manuver Isi</i>	35
Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	36
Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi <i>Manuver Empty</i>	36
Tabel B. 7 Distribusi Frekuensi <i>Hauling Empty</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Waktu Edar Alat Gali Muat	30
Lampiran B. Data Waktu Edar Alat Angkut	34
Lampiran C. Spesisikasi Alat Gali Muat.....	39
Lampiran D. Spesifikasi Alat Angkut	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan batubara merupakan salah satu sektor industri yang memiliki peran penting dalam perekonomian global dan nasional. Batubara sebagai sumber energi fosil, telah menjadi bahan bakar utama dalam produksi listrik dan industri berat di banyak negara selama beberapa dekade terakhir. Sejarah pertambangan batubara modern dimulai pada era revolusi industri di Eropa, yang kemudian menyebar ke berbagai belahan dunia termasuk Indonesia. Pertambangan batubara di Indonesia didominasi oleh metode tambang terbuka (*open-pit mining*) karena sebagian besar deposit batubara berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Metode ini memungkinkan ekstraksi dalam skala besar dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan tambang bawah tanah. Proses penambangan melibatkan tahapan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*), penggalian batubara, dan rehabilitasi lahan pasca tambang.

Dalam melakukan pertambangan batubara terdapat beberapa jenis lapisan tanah yaitu lapisan pertama *top soil* dan *sub soil*, lapisan kedua pasir dan *overburden*, dan lapisan terakhir adalah batubara. Dalam hal ini lapisan tanah penutup (*overburden*) merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan oleh kontraktor untuk mendapatkan batubara. Tanah penutup (*overburden*) adalah semua lapisan tanah / batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga sehingga perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut (Oemiati *et al*, 2020).

Pengupasan lapisan penutup (*overburden removal*) merupakan kegiatan pembongkaran/penggalian, pemuatan dan pengangkutan suatu lapisan tanah atau batuan yang berada di atas seam batubara. Dalam kegiatan pengupasan tanah penutup tentunya memerlukan pemindahan tanah mekanis, keserasian alat sangat berpengaruh kepada seberapa besar dapat mengetahui waktu kerja efektif dan produktifnya. Namun demikian kenyataan yang terjadi ketika dilapangan bisa lain. Banyak kendala yang mungkin timbul yang dapat menyebabkan tidak serasinya alat gali muat dan alat angkut tersebut, sehingga waktu kerja tidak efektif dan

produktif. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yang menjadi hambatan di lapangan. Oleh karena itu, keserasian alat gali muat dan alat gali angkut menjadi faktor penting dalam mencapai target produksi, serta untuk mengetahui hambatan-hambatan yang ditimbulkan di lapangan (Ismail *et al*, 2023).

Penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas mesin bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi produktivitas alat gali muat seperti *excavator* dan alat angkut seperti *dump truck*. Faktor lainnya termasuk keserasian antara kedua jenis alat, waktu edar, dan efisiensi kerja. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa ketercapaian target produksi dapat meningkat secara signifikan dengan mengoptimalkan penggunaan alat. Oleh karena itu, dari penjelasan di atas penulis tertarik untuk mengangkat penelitian ini dengan judul “Analisis kebutuhan alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *overburden* di PT. Budi Gema Gempita Lahat Sumatera Selatan”. karna penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas di sektor pertambangan, khususnya dalam pengelolaan *overburden*.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini hanya menganalisis kebutuhan alat gali muat (*excavator*) dan alat angkut (*dump truck*) untuk pengupasan *overburden* dari *front* penambangan menuju *disposal*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menghitung produktivitas alat gali muat dan alat angkut dalam pengupasan *overburden*.
2. Menganalisis jumlah kebutuhan alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *overburden*.
3. Mengevaluasi keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *overburden*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan di bidang pertambangan, khususnya dalam perencanaan dan pengelolaan alat berat. Dengan memahami variabel-variabel yang mempengaruhi kebutuhan alat gali muat dan alat angkut, penelitian ini dapat menjadi acuan untuk meningkatkan efisiensi operasional.

2. Manfaat Praktis

Menjadikan bahan pertimbangan bagi perusahaan pertambangan dalam memilih dan mengalokasikan alat berat yang sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya produksi. Dengan memahami kebutuhan khusus dari alat gali muat dan alat angkut, perusahaan dapat mengoptimalkan jadwal kerja dan mengurangi *downtime*, yang berarti lebih banyak produksi.

1.5 Observasi lapangan

Melakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian, Observasi ini penting untuk mendapatkan data nyata terkait kondisi lapangan dan alat yang tersedia. Data tersebut dapat berupa data primer dan data sekunder.

1.6 Pengambilan data

Data-data yang dibutuhkan terkait penelitian ini :

1. Data primer adalah data yang didapat dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung. Adapun data yang dimaksud adalah sebagai berikut:
 - a. Waktu edar (*cycle time*) alat gali muat dan alat angkut.
 - b. Jumlah pengisian *bucket*.
 - c. Data waktu kerja efektif.
2. Data sekunder adalah data yang didapat dilapangan yang pada dasarnya sudah ada. Adapun data yang dimaksud adalah sebagai berikut :
 - a. Data topografi.
 - b. Data curah hujan.

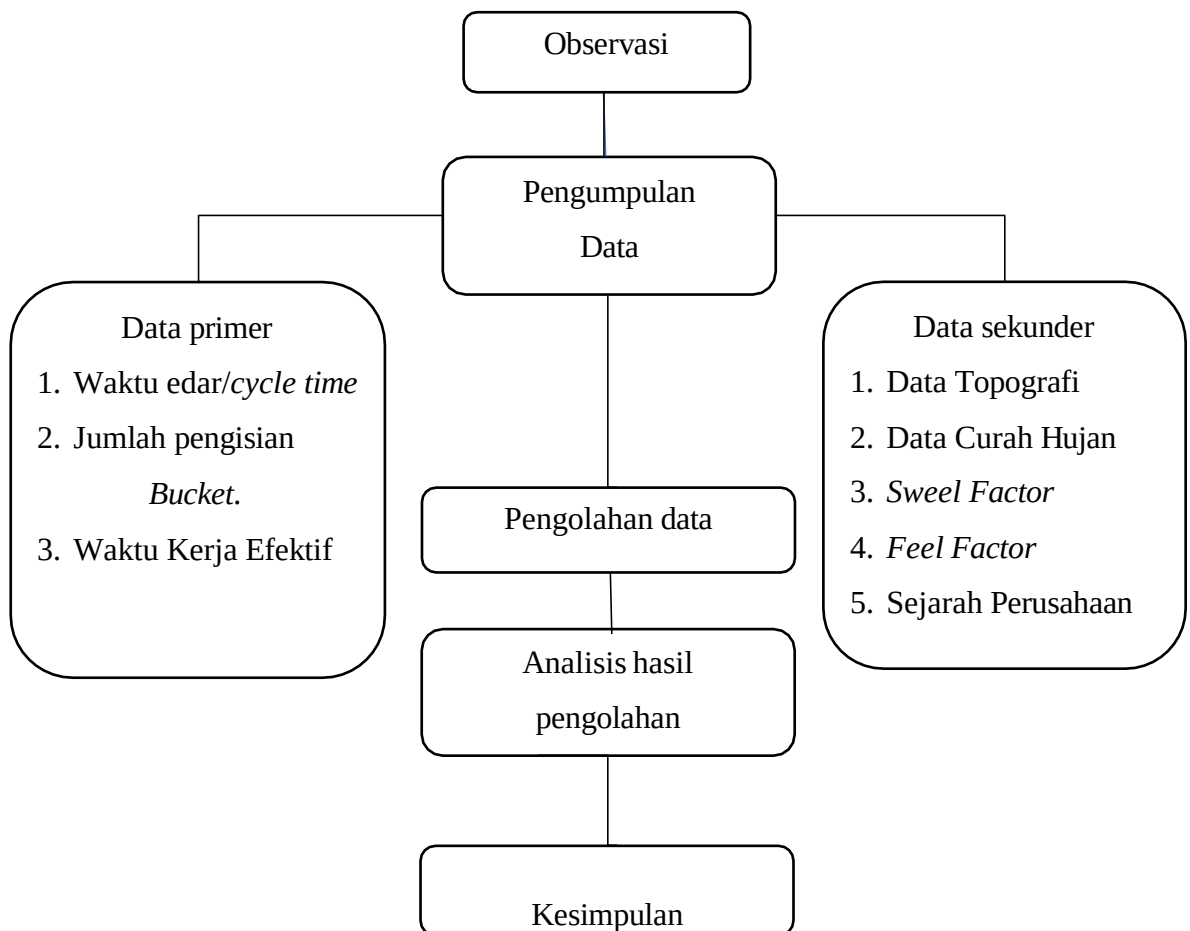
- c. Data *Sweel factor*.
- d. Data *Feel factor*.
- e. Data sejarah perusahaan.

1.7 Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama 2 bulan yang akan dimulai di awal bulan Februari sampai bulan Maret.

1.8 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan sesuai dengan tahapan dari penelitian yang dapat dilihat seperti gambar 1.1 di bawah.



Sumber: Penulis (2024).

Gambar 1. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah dan Profil PT Langgeng Daya Agrindo

PT Langgeng Daya Agrindo (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 Langgeng Daya Agrindo 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:

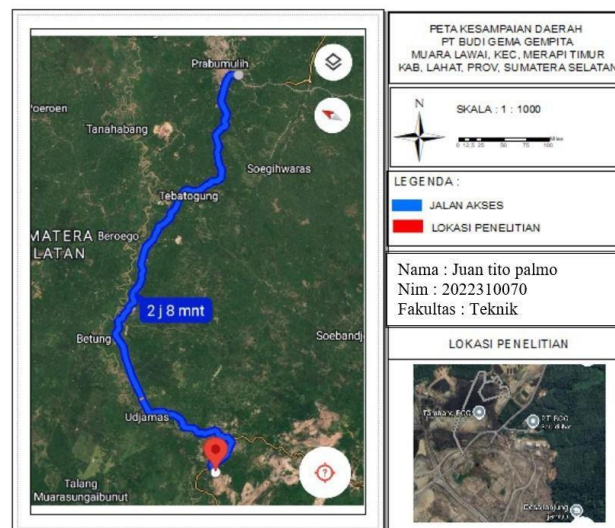
1. Pembukaan lahan dan pengupasan lapisan tanah penutup (*stripping/OB removal*)
2. Penggalian dan pemuatan batubara (*excavating & loading*)

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 Langgeng Daya Agrindo (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 di lihat pada gambar 2.1 berikut:



Sumber: Google Maps

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

2.3 Gambaran Umum Tambang lokasi penelitian

PT Langgeng Daya Agrindo (PT LDA) merupakan perusahaan jasa kontraktor pertambangan yang bekerja sama dengan PT Budi Gema Gempita (PT BGG) dalam kegiatan operasional penambangan batu bara 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.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Lapisan Tanah Penutup (Overburden)

Menurut Oemiati et al (2020), Lapisan tanah penutup (*overburden*) merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan pada tahap awal sebelum dilakukannya kegiatan penambangan untuk mendapatkan mineral berharga salah satunya batubara. Lapisan tanah ini perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut. Pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) yang diawali dengan penggalian *excavator* pada *front* kemudian dilakukan pengangkutan menggunakan *dump truck* ke disposal area. Adapun dalam pengerjaan lapisan tanah penutup (*overburden*) ini sangat penting agar di dapat *stripping ratio* yang baik dan *recovery* batuan yang tinggi. Berdasarkan kondisinya volume tanah dapat berubah-ubah sebagai berikut:

1. Volume asli (*bank*)

Merupakan volume tanah yang belum diganggu atau belum pernah dilakukan penggalian ataupun pembongkaran dengan alat-alat mekanis.

2. Volume lepas (*loose*)

Merupakan volume tanah setelah di bongkar atau dikeruk dari tempat asalnya.

3. Volume padat (*compacted*)

Merupakan volume tanah yang sudah ditimbun dan sudah dipadatkan, misalnya sebagai badan jalan, landasan *stockpile* Batubara dan sebagainya.

3.2 Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Menurut Hasanah (2020), alat gali muat dan alat angkut merupakan alat berat dengan mesin berukuran besar yang di *design* untuk melaksanakan fungsi kontruksi seperti pengerjaan tanah, kontruksi jalan, serta pengerjaan di pertambangan. Keberadaan alat gali muat dan alat angkut di pertambangan sangatlah penting untuk menunjang produktivitas dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang di dapat dalam menggunakan alat berat terutama nilai-nilai ekonomis bagi perusahaan tambang tersebut.

3.3 Alat Gali Muat

Menurut Hidayat (2023), alat gali muat merupakan alat yang berfungsi untuk menggali material lalu memuat material ke dalam alat angkut. Pada umumnya semakin keras batuan yang akan di gali, semakin kecil *bucket* yang digunakan dan gigi-gigi pada mangkuk alat gali muat harus terbuat dari baja mangan (*manganese stick*).

Excavator adalah salah satu alat gali muat atau mesin pengeruk yang tersusun dari sebuah alat keruk (*bucket*), tongkat (bahu), lengan (*arm*), dan roda rantai (*trackshoe*), serta digerakan oleh tenaga hidrolik yang membantu pekerjaan Ketika *excavator* digunakan untuk pengerjaan seperti pemindahan material, penggalian, kontruksi, serta pertambangan. Gambar 2.1 dibawah ini merupakan gambar *excavator* yang biasa digunakan dalam melakukan pengupasan lapisan tanah penutup pada suatu kegiatan penambangan.



Sumber: asuransi astra

Gambar 3. 1 *Excavator PC200*

3.4 Alat Angkut

Menurut Octova et al (2019), alat angkut merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan material hasil penambangan ke tempat penimbunan atau pengolahan (*disposal area*). Pengangkutan batuan, endapan bijih, dan material lainnya merupakan suatu hal yang sangat mempengaruhi operasi produksi penambangan. Untung ruginya suatu alat angkut terletak juga pada lancar tidaknya pengangkutan yang tersedia.

Dump truck merupakan salah satu alat angkut yang digunakan pada jarak dekat dan jauh. Pemilihan *dump truck* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti cara penumpahannya, ukuran dan lain sebagainya. Syarat yang penting agar dump truck dapat bekerja secara efektif adalah jalan kerja yang keras dan rata. Dalam penggunaannya alat angkut (*dump truck*) harus berimbang dengan alat muat, karena ada kemungkinan *dump truck* yang menunggu untuk dimuat. Beberapa faktor yang mempengaruhi efektifitas kerja alat angkut:

1. Keadaan jalan angkut

Keadaan jalan angkut dalam proses pengupasan *overburden* merupakan faktor krusial yang mempengaruhi efisiensi dan produktivitas operasional alat angkut, keadaan jalan ini meliputi kekerasan dan kehalusan permukaan jalan dan permukaan yang tinggi sangat berpengaruh terhadap proses pengangkutan. Berikut pembahasan mengenai keadaan jalan angkut:

a. Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Jalan Lurus

Lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus harus cukup untuk memungkinkan kendaraan bergerak dengan lancar dan aman. Jalan yang lurus harus memiliki lebar minimal yang memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman tanpa risiko tabrakan atau gesekan dengan sisi jalan serta memberikan ruang untuk *manuver* yang aman.

b. Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Tikungan

Tikungan harus memiliki lebar jalan angkut yang cukup untuk kendaraan berbelok dengan aman tanpa risiko tabrakan atau keluar jalur. Lebar ini dipengaruhi oleh radius tikungan dan jenis kendaraan yang digunakan, tikungan yang lebih tajam membutuhkan lebar jalan yang lebih besar untuk memudahkan kendaraan bergerak.

2. Efisiensi kerja

Dalam kegiatan transportasi, waktu produktif yang digunakan oleh kendaraan angkut kadang-kadang berada di bawah kondisi waktu yang tersedia yang ideal. Ini disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dihindari seperti kondisi lapangan kerja, persiapan alat, keterampilan operator, pengisian bahan bakar, dan lainnya yang dapat mengurangi efisiensi operasi.

3. Iklim dan cuaca

Cuaca dan iklim sangat memengaruhi aktivitas penambangan. Jalan tambang akan berair dan licin saat musim hujan, tetapi debu akan menutupinya saat musim kemarau, akan tetapi menghambat operator alat angkut dan mengurangi kecepatan mereka. Gambar 3.2 dibawah ini merupakan gambar *dump truck* yang biasa digunakan pada pengangkutan batubara.



Sumber: Hino Indonesia

Gambar 3. 2 *Dump Truck Hino*

3.5 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Menurut wijaya et al (2019), waktu siklus atau waktu edar (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk beroperasi atau bisa di definisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk beroperasi dalam satu putaran. Untuk alat gali muat bisa dihitung dengan cara menjumlahkan waktu pada saat menggali, waktu berayun dengan muatan, menjatuhkan material kedalam bak *dump truck* serta berayun tanpa muatan sampai ingin mulai menggali lagi. Dan untuk alat angkut bisa dihitung pada waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat angkut mulai dari saat dimuati oleh alat gali muat sampai untuk dimuati kembali dalam keadaan kosong.

3.5.1 Waktu Edar Alat Gali Muat

Waktu edar alat gali muat yaitu waktu yang dibutuhkan alat gali muat untuk beredar, dan dapat dihitung menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$CT_m = \frac{TM_1 + TM_2 + TM_3 + TM_4}{60} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

CT_m : waktu edar *excavator* (menit)

TM_1 : waktu menggali material (detik)

TM_2 : waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* terisi muatan (detik)

TM_3 : waktu menumpahkan muatan (detik)

TM_4 : waktu berputar (*swing*) dengan *bucket* kosong (detik)

3.5.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut yaitu waktu yang dibutuhkan alat angkut untuk beredar, dan dapat dihitung menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$CT_a = \frac{Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6}{60} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

CT_a : waktu edar alat angkut (menit)

Ta_1 : waktu mengambil posisi untuk siap dimuati (detik)

Ta_2 : waktu diisi muatan (detik)

Ta_3 : waktu mengangkut muatan (detik)

Ta_4 : waktu mengambil posisi untuk penumpahan (detik)

Ta_5 : waktu muatan ditumpahkan (*dumping*) (detik)

Ta_6 : waktu kembali kosong (detik)

3.6 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi Kemampuan produksi suatu alat dan akan dipengaruhi oleh efisiensi kerja ini. Waktu kerja efektif dapat dihitung dengan mengurangi hambatan-hambatan ini. Waktu kerja efektif dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Keterangan:

We : waktu kerja efektif (menit)

W_t : waktu kerja tersedia (menit)

W_{hd} : waktu hambatan dapat dihindari (menit)

W_{td} : waktu hambatan tidak dapat dihindari (menit)

Setelah menghitung waktu kerja efektif, maka diperoleh efisiensi kerja dengan rumus sebagai berikut:

$$Ek = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

Ek : efisiensi kerja (%)

W_e : waktu kerja efektif (menit)

W_t : waktu kerja tersedia (menit)

3.5 Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Menurut Aprilliana et al (2023), Faktor pengisian atau *fill factor* merupakan perbandingan antara kapasitas nyata yang dapat diisi ke dalam bak (*vessel*) dengan kapasitas bak (*vessel*) secara teoritis. Semakin besar nilai faktor pengisian maka akan semakin besar pula alat tersebut mampu melakukan produktivitas secara maksimal. Berikut cara perhitungan faktor pengisian, yaitu:

$$Fp = \frac{V_n}{V_b} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

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

V_n : kapasitas nyata alat (m^3)

V_b : kapasitas baku alat (m^3)

3.6 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Faktor pengembangan adalah pengembangan volume suatu material setelah digali. Karena volume material diperhitungkan pada waktu penggalian, faktor pengembangan tersebut harus diketahui. Material yang harus diangkut adalah material yang telah mengembang atau bertambah sebagai akibat dari penggalian (Alhabsyi, 2023). Adapun rumus untuk menghitung *swell factor*, yaitu:

$$\text{swell factor} = \frac{\text{loose density}}{\text{density in bank}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

3.7 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Mengalikan kapasitas mangkuk (*bucket*), jumlah perjalanan per jam, dan faktor koreksi (*fill factor*) menghasilkan besarnya produksi alat gali muat dan alat angkut. Faktor koreksi terdiri dari faktor pengisian dan efisiensi kerja. Untuk rumus menghitung kapasitas *bucket* sebagai berikut :

$$Q_m \left(\frac{60}{C_{tm}} \right) \times C_b \times F_f \times S_f \times E \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

Q_m : produktivitas alat muat (*Bcm/jam*)

C_{tm} : *cycle time* alat muat (menit)

C_b : kapasitas *bucket* alat muat (m^3)

F_f : faktor pengisian (*fill factor*) (%)

S_f : faktor pengembangan (*swell factor*)

E : efisiensi kerja (%)

Sedangkan besarnya produktivitas untuk alat angkut adalah:

$$Q = N_a \times \left(\frac{60}{C_{ta}} \right) \times C_b \times F_f \times S_f \times E \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

Q_a : produktivitas alat angkut (*Bcm/jam*)

N_a : jumlah pengisian dalam satu alat angkut

C_{ta} : *cycle time* alat angkut (menit)

C_b : kapasitas *bucket* (m^3)

F_f : faktor pengisian (*fill factor*) (%)

S_f : faktor pengembangan (*swell factor*) (%)

E : efisiensi kerja (%)

3.8 Keserasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut (*Match Factor*)

Hubungan kerja yang serasi antara alat gali muat dan alat angkut dapat terjadi, bila produksi alat muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor

keserasian alat muat dan alat angkut ini didasarkan pada produksi alat muat dan alat angkut yang dinyatakan dalam faktor keserasian (*match factor*).

$$MF = \frac{Ctm \times n \times na}{Cta \times Nm} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

MF : *Match factor*.

Na : Jumlah alat angkut (unit).

Nm : jumlah alat muat (unit).

N : banyaknya pengisian tiap satu alat angkut.

Cta : *cycle time* alat angkut (menit).

Ctm : *cycle time* alat muat (menit).

Bila dari hasil perhitungan diperoleh:

1. *Match Factor* < 1

- a. Produksi alat angkut lebih kecil dari produksi alat muat.
- b. Waktu tunggu alat angkut (Wta) = 0
- c. Faktor kerja alat angkut (Fka) = 100%
- d. Faktor kerja alat muat (Fkm) = $MF \times 100\%$
- e. Waktu tunggu alat muat (Wtm) $Wtm = \frac{Cta \times Na}{Na} = Ctm \times n$

2. *Match Factor* > 1

- a. Produksi alat angkut lebih besar dari produksi alat muat.
- b. Waktu tunggu alat muat (Wtm) = 0
- c. Faktor kerja alat muat (Fkm) = 100%
- d. Faktor kerja alat angkut (Fka) = $\frac{1}{MF} \times 100\%$
- e. Waktu tunggu alat angkut (Wta) $Wta = \frac{Ctm \times Na}{Na} = Ctm \times n$

3. *Match Factor* = 1

- a. Produksi alat angkut sama dengan produksi alat muat.
- b. Waktu tunggu alat muat (Wtm) = 0
- c. Waktu tunggu alat angkut (Wta) = 0
- d. Faktor kerja alat muat sama dengan faktor kerja alat angkut ($Fkm = Fka$).

Untuk mengetahui jumlah alat gali muat dan alat angkut yang optimal maka dapat dilakukan dengan perbandingan antara target produksi perbulan dengan produktivitas alat/perbulan (alat gali muat). Sementara untuk perhitungan kebutuhan jumlah alat angkut dapat dilakukan perbandingan produktivitas alat gali muat dengan produktivitas alat angkut.

1. Perhitungan kebutuhan alat gali muat

$$K_m = \frac{\text{produktivitas alat gali muat}}{\text{produktivitas alat angkut}} \dots\dots\dots (3.10)$$

2. Perhitungan kebutuhan alat angkut

$$K_{ta} = \frac{\text{target produksi perbulan}}{\text{produktivitas alat perbulan}} \dots\dots\dots (3.11)$$

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut dalam Pengupasan *Overburden*.

Produktivitas alat gali muat dan alat angkut memiliki pengaruh terhadap kelancaran untuk mencapai target produksi terutama pada kegiatan pengupasan *overburden*. Produktivitas alat mekanis memiliki factor yang dapat mempengaruhi diantaranya adalah kondisi jalan *hauling*, *cycle time*, *match factor*, *swell factor*, *fill factor*, efisiensi kerja dan lainnya.

4.1.1 Cycle Time Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Waktu edar alat dapat mempengaruhi produktivitas alat karena waktu edar menyangkut dari waktu kegiatan seperti loading hingga *swing empty*, *hauling* hingga dumping. Berikut adalah hasil perhitungan parameter distribusi frekuensi yang telah dilakukan di Lampiran A dan Lampiran B.

1. *Cycle time* alat gali muat

Berikut ini adalah perhitungan distribusi frekuensi dari total rata-rata waktu edar dari proses *digging*, *swing isi*, *dumping*, dan *swing empty*:

Jumlah data (n)	= 25
Minimum	= 18,60
Maximum	= 30,03
Jumlah kelas	= $1 + 3.3 \log n$
Jumlah kelas	= 5.61
	= 6
Interval kelas	= $\frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}}$
	= 1,91

Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Total *Cycle Time* Alat Gali Muat

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
18,60 - 20,51	6	24,00%	19,56	117,33
20,52 - 22,43	4	16,00%	21,48	85,90
22,44 - 24,35	6	24,00%	23,40	140,37
22,36 - 26,26	2	8,00%	24,31	48,62
26,27 - 28,17	6	24,00%	27,22	163,32
28,18 - 30,09	1	4,00%	29,14	29,14
Total	25	100%	145,09	584,68

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{584,68}{25} \\
 &= 23,38 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata *cycle time* alat gali muat adalah 23,38 detik. Berikut ini adalah total dari semua perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter distribusi frekuensi terkait rata-rata *cycle time* alat gali muat yang dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Total *Cycle Time* Alat Gali Muat

Siklus	Rata-rata (detik)
<i>Digging</i>	10,74
<i>Swing isi</i>	4,12
<i>Dumping</i>	4,33
<i>Swing empty</i>	4,19
<i>Total cycle time</i>	23,38

Sumber: Penulis

2. *Cycle time* alat angkut

Perhitungan distribusi frekuensi total rata-rata *cycle time* alat angkut Dimana sebelumnya telah dilakukan penjumlahan mulai dari kegiatan *loading*, pengangkutan berisi, *manuver isi*, *dumping*, dan *manuver empty*:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 10,19 \\
 \text{Maximum} &= 14,43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\
 &= 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= 0,71
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Total *Cycle Time* Alat Angkut

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
10,19 - 10,90	3	15,00%	10,55	31,64
10,91 - 11,62	1	5,00%	11,27	11,27
11,63 - 12,34	7	35,00%	11,99	83,90
12,35 - 13,06	5	25,00%	12,71	63,53
13,07 - 13,78	2	10,00%	13,43	26,85
13,79 - 14,50	2	10,00%	14,15	28,29
Total	20	100%	74,07	245,46

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{245,46}{20} \\
 &= 12,27 \text{ (menit)} \\
 &= 736,20 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata *cycle time* alat angkut adalah 736,20 detik. Berikut ini adalah total dari semua perhitungan parameter distribusi frekuensi *cycle time* alat Angkut yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Total *Cycle Time* Alat Angkut

Siklus	Rata-rata (menit)
<i>Loading</i>	1,77
<i>Hauling isi</i>	5,19
<i>Manuver isi</i>	0,27
<i>Dumping</i>	0,19
<i>Manuver empty</i>	0,23
<i>Hauling empty</i>	4,56
<i>Total cycle time</i>	12,27

Sumber: Penulis

4.1.1 Efisiensi Kerja

Aktivitas kerja pada penambang PT Langgeng Daya Agrindo memiliki 7 hari kerja tiap minggu dengan total jam kerja 20 jam per hari. Dalam satu hari dibagi menjadi 2 shift, dimana shift 1 bekerja selama 10 jam (07:00-17:00). Shift 2 bekerja selama 10 jam (19:00 – 05:00). 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 yang bekerja hanya 1 shift yang dimulai dari jam (17.00 – 04.00). jadwal kerja dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Perusahaan

<i>Shift</i>	Jadwal	Keterangan	Jam
<i>Shift 1</i>	07.00 – 12,00	Kerja	5
	12,00 – 13,00	Istirahat	1
	13,00 – 17,00	Kerja	4
Total			9
Jeda	17.00 – 18.00	Ganti <i>shift</i>	1
<i>Shift 2</i>	18.00 – 00.00	Kerja	6
	0.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 04.00	kerja	3
Total			9
Total jam kerja			18

Sumber: PT Langgeng Daya Agrindo

Tabel 4.5 menunjukkan pekerjaan yang dilakukan dari hari senin s/d minggu tetapi khusus untuk hari jumat pekerjaan hanya dilakukan pada *shift* malam saja, berikut ini adalah shift yang dilakukan pada hari jumat yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Jadwal Kerja Perusahaan pada Hari Jumat

<i>shift</i>	Jadwal	Keterangan	Jam
<i>Shift 2</i>	18.00 – 00.00	Kerja	6
	0.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 04.00	kerja	3
Total jam kerja pada hari jumat			9

Sumber: PT Langgeng Daya Agrindo

Perhitungan waktu tersedia PT Langgeng Daya Agrindo dalam melakukan pengupasan *overburden* dapat dilihat sebagai berikut:

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

$$= 16,71 \text{ jam atau } 1002,86 \text{ menit}$$

Jadi, didapatkan rata-rata waktu tersedia sebesar 1002,86 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 4.6 berikut:

Tabel 4. 7 Waktu Hambatan Yang Mempengaruhi Produksi

Hambatan Yang Dapat Dihindari	Keterangan	Satuan
1) P5M	5	menit
2) Prestart Cek	7	menit
3) Refueling	7	menit
4) Terlambat bekerja	20	menit
Total Waktu	40	Menit
Hambatan yang tidak dihindari	Keterangan	Satuan
Ganti <i>shift</i>	45	Menit
Total keseluruhan		85

Sumber: Penulis

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 efisiensi kerja:

$$We = 1002,86 - 40 \times 2 \text{ shift}$$

$$We = 1002,86 - (80 + 45)$$

$$We = 1002,86 - 125$$

$$We = 877,85 \text{ menit/hari atau } 14,63 \text{ jam}$$

Setelah dapat hasil waktu efektif maka efisiensi kerja dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Eff &= \frac{We}{Wt} \times 100\% \\
 &= \frac{877,85}{1002,86} \times 100\% \\
 &= 87\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa efektifitas jam kerja dari alat gali muat dan alat angkut cukup baik hingga mencapai 87%. Pencapaian ini dapat meningkatkan produktivitas dari alat berat tersebut sehingga memaksimalkan pencapaian target produksi.

4.1.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Perhitungan produktivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa produktifnya alat dalam pengupasan *overburden* di PT Langgeng Daya Agrindo. Perhitungan ini dijadikan untuk menganalisis *match factor* untuk mengetahui kebutuhan jumlah alat gali muat dan alat angkut yang sinkron sehingga produktivitas alat dapat meningkat. Berikut adalah perhitungan produktivitas alat galimuat dan alat angkut:

1. Produktivitas alat gali muat

Perhitungan produktivitas alat gali muat dapat dilihat pada 3.7 dan hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$$C_{tm} = 23,38 \text{ detik (Tabel 4.2)}$$

$$C_b = 3,8 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,92$$

$$S_f = 0,82$$

$$E = 0,87 \text{ (Tabel 4.7)}$$

Jadi:

$$Q_m = \left(\frac{3600}{23,38} \right) \times 3,8 \times 0,92 \times 0,82 \times 0,87$$

$$Q_m = 384,02 \text{ BCM/jam}$$

$$Q_m = 5.376,38 \text{ BCM/hari}$$

$$Q_m = 161,291,4 \text{ BCM/bulan}$$

$$\begin{aligned} Q_m &= 161,291,4 \text{ BCM/bulan} \times 2 \text{ shift} \\ &= 322.582,8 \text{ BCM/2 shift} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan produktivitas alat gali muat dapat diketahui bahwa hasil dari perhitungan adalah 384,02 BCM/jam. Hal ini menunjukkan bahwa alat gali muat telah mencapai target produksi Perusahaan 305.866,67 BCM/bulan. Jika dilakukan perkalian dengan dengan 2 *shift* maka hasilnya dapat melebihi target produksi menjadi 322.582,8 BCM/2 *shift*.

2. Produktivitas alat angkut

Perhitungan dari produktivitas alat angkut dapat dilihat pada 3.7 dan untuk hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$$N_a = 7 \text{ kali pengisian}$$

$$C_{ta} = 736,20 \text{ detik (Tabel 4.4)}$$

$$C_b = 3,8 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,92$$

$$S_f = 0,82$$

$$E = 0,87 \text{ (Tabel 4.7)}$$

Jadi:

$$Q = 7 \times \left(\frac{3600}{736,20} \right) \times 3,8 \times 0,92 \times 0,82 \times 0,87$$

$$Q = 85,37 \text{ BCM/jam}$$

$$Q = 1.195,19 \text{ BCM/hari}$$

$$Q = 35.855,72 \text{ BCM/bulan}$$

Maka hasil perhitungan menunjukkan bahwa produktivitas alat angkut adalah 85,37 BCM/jam sehingga dalam mencapai target produksi Perusahaan belum terpenuhi tetapi ini belum dihitung dengan jumlah unit alat angkut maka

dibutuhkan analisis mengenai kebutuhan jumlah unit dalam mencapai target produksi *overburden*.

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas alat gali muat dan alat angkut terdapat perbedaan Dimana produktivitas alat angkut lebih tinggi dibandingkan alat gali muat walaupun perbedaanya tidak terlalu signifikan.

4.2 Analisis jumlah kebutuhan alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *overburden*.

Analisis jumlah kebutuhan alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *overburden* bertujuan untuk mengetahui produktivitas dalam mencapai target produksi Perusahaan. Selain itu, dengan mengetahui jumlah alat gali muat dan alat angkut dapat dilakukan perbaikan kedepannya agar tetap optimal dan alat gali muat dan alat angkut mendekati *match factor* = 1. Perhitungan kebutuhan dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

1. Perhitungan kebutuhan alat gali muat

Jadi:

$$K_{ta} = \frac{\text{target produksi perbulan}}{\text{produktivitas alat perbulan}}$$

$$K_m = \frac{305.866,67}{161,291,4}$$

$$K_m = 1,89 \text{ atau } 2 \text{ unit excavator}$$

Berdasarkan analisis kebutuhan jumlah alat gali muat menunjukkan bahwa dalam melakukan pengupasan *overburden* membutuhkan 2 unit *excavator* dibagi untuk shift 1 dan shift 2.

2. Perhitungan kebutuhan alat angkut

$$K_m = \frac{\text{produktivitas alat gali muat}}{\text{produktivitas alat angkut}}$$

$$K_m = \frac{161,291,4}{35.855,72}$$

$$K_m = 4,49 \text{ atau } 5 \text{ unit ADT}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan kebutuhan jumlah unit ADT adalah 5 unit maka diketahui bahwa 1 siklus terdapat 1 unit excavator dilayani oleh 5 unit ADT dalam mencapai target produksinya.

Produktivitas alat angkut dapat dilakukan perhitungan kembali setelah diketahui jumlah alat angkut yang dibutuhkan dalam mencapai target produksi Perusahaan. Perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

Na = 7 kali pengisian

Cta = 736,20 detik (Tabel 4.4)

Cb = 3,8 m³

Ff = 0,92

Sf = 0,82

E = 0,87 (Tabel 4.7)

Jadi:

$$Q = 7 \times \left(\frac{3600}{736,20} \right) \times 3,8 \times 0,92 \times 0,82 \times 0,87$$

$$Q = 85,37 \text{ BCM/jam} \times 5 \text{ unit}$$

$$Q = 426,85 \text{ BCM/jam}$$

$$Q = 5.975,9 \text{ BCM/hari}$$

$$Q = 179.277,00 \text{ BCM/bulan}$$

$$\begin{aligned} Q_{ta} &= 179.277,00 \text{ BCM/bulan} \times 2 \text{ shift} \\ &= 358.554,00 \text{ BCM/2 shift} \end{aligned}$$

berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan perusahaan dapat mencapai target produksi 305.866,67 BCM/jam dari 1 siklus alat yang bekerja produktivitas produktivitas alat angkutnya menjadi 179.277,00 BCM/bulan. Jika kedua siklus di dikalikan maka hasilnya 358.504,0 BCM/bulan alat angkut.

4.3 Evaluasi keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *overburden*.

Match factor alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *overburden* dihitung untuk mengetahui seberapa sinkron antara alat gali muat dan alat angkut. berdasarkan hasil analisis kebutuhan alat gali muat dan alat angkut maka dapat dilakukan perhitungan dari *match factor* kedua alat tersebut menggunakan rumus 3.4 dan untuk hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$N_a = 5$ unit.

$N_m = 1$.

$n = 7$ kali pengisian

$C_{ta} = 736,20$ detik (Tabel 4.4)

$C_{tm} = 23,38$ detik (Tabel 4.3)

Jadi:

$$MF = \frac{C_{tm} \times n \times n_a}{C_{ta} \times N_m}$$

$$MF = \frac{23,38 \times 7 \times 5}{736,20 \times 1}$$

$$MF = 1,1$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk mengetahui keserasian kerjanya maka didapatkan hasil 1,1 dengan $MF > 1$ berarti alat gali muat bekerja 100% sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga terjadinya waktu tunggu bagi ADT untuk melakukan *loading overburden* walaupun sedikit. Selanjutnya adalah perhitungan waktu tunggu bagi *dump truck* dalam melakukan pemuatan:

$$W_{tm} = (C_{tm} \times n) - \frac{N_m \times C_{ta}}{N_a}$$

$$W_{tm} = (23,38 \times 7) - \frac{1 \times 736,20}{5}$$

$$W_{tm} = 163,66 - 147,24$$

$$W_{tm} = 16,42 \text{ detik atau } 0,27 \text{ menit}$$

Hasil dari perhitungan waktu tunggu bagi alat angkut adalah 0,27 menit.

Maka *Match Factor* > 1 dimana:

1. Produksi alat angkut lebih besar dari produksi alat muat = 358.554,00 BCM/2 shift
2. Waktu tunggu alat muat = 0
3. Faktor kerja alat muat = 100%
4. Faktor kerja alat angkut = $< 100\%$
5. Waktu tunggu alat angkut = 0,27 menit

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari pembahasan di bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas alat gali muat dan alat angkut menunjukkan bahwa hasil untuk alat gali muat produktivitasnya adalah 384,02 BCM/jam dan alat angkut produktivitasnya adalah 85,37 BCM/jam sehingga untuk mencapai target produksi dapat tercapai terutama dalam 1 bulan target produksi overburden adalah 305.866,67 BCM, karena ada dua siklus yang bekerja.
2. Analisis kebutuhan alat mekanis dalam mencapai target produksi perbulannya adalah 2 unit excavator dimana setiap unitnya memerlukan 5 unit ADT dalam 1 siklus.
3. Evaluasi keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut adalah 1,1 dimana nilai tersebut berada di $MF > 1$ dimana artinya alat gali muat bekerja 100% sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga adanya waktu tunggu bagi alat angkut untuk melakukan pemuatan sekitar 0,27 menit.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan sebagai upaya perbaikan bagi perusahaan:

1. Sebaiknya waktu hambatan yang dapat dihindari sebagian harus dihilangkan karena efisiensi kerja akan semakin baik dan efisien
2. Pengurangan debu di jalan hauling sebaiknya dilakukan secara berkala dengan cara seperti water truck untuk melakukan penyiram terutama untuk jalan yang berdebu
3. Waktu menunggu atau idle time bagi alat angkut sebaiknya dilakukan evaluasi terhadap jumlah alat mekanis yang bekerja agar produktivitas dapat lebih meningkat sesuai target produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhabsyi, G. A. P. 2023. *Analisis Kebutuhan Alat Muat Dan Alat Angkut Terhadap Target Produksi Batuan Andesit Di Pt. Putra Elan Balindo Kelurahan Watusampu Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah*. *DINTEK*, 16(2), 84-88.
- Aprilliana, A., Adiwarman, M., Ramadhon, I. A., & Putra, P. 2023. *Analisis Produktivitas Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara Dari Temporary Stockpile Menuju Dump Hopper Di PT Rifansi Dwi Putra Site Banko Barat PT Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. *JURNAL ILMIAH TEKNIK DAN SAINS*, 1(2), 106-112.
- 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*.
- HIDAYAT, R. 2023. *Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Di Pt. Citra Silika Mallawa Kecamatan Lasusua Kabupaten Kolaka Utara Provinsi Sulawesi Tenggara (Doctoral Dissertation, Universitas Bosowa)*.
- Ismail, A. M. L., & Haeruddin, H. 2023. *Analisis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Overburden Removal di Pit 1 PT. Jambi Prima Coal*. *Jurnal GEOMining*, 4(2), 40-45.
- Octova, A., & Indra, R. T. 2019. *Analisis konsumsi bahan bakar dump truck Nissan UD CWM 330 pada penambangan batubara di PT. Nan Riang*. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 1(1), 12.
- Oemiati, N., Revisdah, R., & Rahmawati, R. 2020. *Analisa Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden)*. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 6(3), 194-207.
- Wijaya, A. R., & Purbasari, D. 2019. *Kinerja Alat Muat dan Angkut Pada Pengupasan Overburden PT. Bumi Merapi Energi*. *Jurnal Pertambangan*, 3(4), 9-17.

LAMPIRAN A. WAKTU EDAR ALAT GALI MUAT

A.1 DATA CYCLE TIME EXCAVATOR (DETIK)

Tabel A. 1 Data Cycle Time Excavator

No	Digging (s)	Swing Isi (s)	Dumping (s)	Swing Empty (s)	total
1	8,02	3,48	3,17	5,30	19,97
2	9,23	4,20	3,40	4,12	20,95
3	12,51	3,39	2,47	3,30	21,67
4	11,45	4,07	3,92	4,70	24,14
5	12,40	4,57	3,96	4,99	25,92
6	8,74	4,00	4,72	5,17	22,63
7	12,46	3,49	3,30	4,42	23,67
8	12,45	3,06	5,30	3,23	24,04
9	9,78	3,92	4,80	5,06	23,56
10	6,78	2,85	6,04	2,93	18,60
11	7,92	3,41	4,54	3,93	19,80
12	8,80	4,43	5,58	3,52	22,33
13	15,20	4,49	4,42	3,26	27,37
14	13,08	3,77	4,07	3,55	24,47
15	7,56	4,76	4,00	4,35	20,67
16	15,46	4,96	4,74	4,87	30,03
17	8,93	3,85	3,93	3,52	20,23
18	7,53	4,31	5,84	4,89	22,57
19	11,69	4,99	5,99	4,46	27,13
20	9,03	3,64	3,98	3,21	19,86
21	7,43	3,11	4,44	4,20	19,18
22	13,21	4,38	4,46	4,32	26,37
23	13,69	5,65	4,56	4,12	28,02
24	11,79	6,54	3,05	5,67	27,05
25	15,66	3,93	4,01	3,11	26,71
R	10,74	4,12	4,33	4,19	23,38
Max	15,66	6,54	6,04	5,67	30,03
Min	6,78	2,85	2,47	2,93	18,60

Sumber: penulis

A.2 DISTRIBUSI FREKUENSI DIGGING

Jumlah data (n) = 25

Minimum = 6,78

Maximum = 15,66

Jumlah kelas = $1 + 3.3 \log n$

$$\text{Jumlah kelas} = 5.61 = 6$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 1,48$$

Tabel A. 2 Distribusi Frekuensi Digging

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
6,78 – 8,26	7	28,00%	7,52	52,64
8,27 – 9,75	4	16,00%	9,01	36,04
9,76 – 11,24	1	4,00%	10,50	10,50
11,25 – 12,73	7	28,00%	11,99	83,93
12,74 – 14,22	3	12,00%	13,48	40,44
14,23 – 15,71	3	12,00%	14,97	44,91
Total	25	100%	67,47	268,46

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{268,46}{25} \\ &= 10,74 \text{ (detik)} \end{aligned}$$

A.3 DISTRIBUSI FREKUENSI SWING ISI

$$\text{Jumlah data (n)} = 25$$

$$\text{Minimum} = 2,85$$

$$\text{Maximum} = 6,54$$

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3.3 \log n$$

$$\text{Jumlah kelas} = 5.65 = 6$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,61$$

Tabel A. 3 Distribusi Frekuensi Swing Isi

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
2,85 – 3,46	5	20,00%	3,16	15,78
3,47 – 4,08	9	36,00%	3,78	33,98
4,09 – 4,70	6	24,00%	4,40	26,37
4,71 – 5,32	3	12,00%	5,02	15,05
5,33 – 5,94	1	4,00%	5,64	5,64
5,95 – 6,56	1	4,00%	6,26	6,26
Total	25	100%	28,23	103,06

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{103,06}{25} \end{aligned}$$

$$= 4,12 \text{ (detik)}$$

A.4 DISTRIBUSI FREKUENSI *DUMPING*

Jumlah data (n) = 25

Minimum = 2,47

Maximum = 6,04

Jumlah kelas = $1 + 3.3 \log n$

Jumlah kelas = $5.61 = 6$

Interval kelas = $\frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,60$

Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi *Dumping*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
2,47 - 3,45	5	20,00%	2,96	14,80
3,46 - 4,06	6	24,00%	3,76	22,56
4,07 - 4,67	5	20,00%	4,37	21,85
4,68 - 5,28	4	16,00%	4,98	19,92
5,29 - 5,89	3	12,00%	5,59	16,77
5,90 - 6,50	2	8,00%	6,20	12,40
Total	25	100%	27,86	108,30

Sumber: Perhitungan Penulis

Rata-rata = $\frac{fi \times xi}{n}$

= $\frac{108,30}{25} = 4,33 \text{ (detik)}$

A.5 DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING EMPTY*

Jumlah data (n) = 25

Minimum = 2,93

Maximum = 5,67

Jumlah kelas = $1 + 3.3 \log n$

Jumlah kelas = $5.61 = 6$

Interval kelas = $\frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} = 0,46$

Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi *Swing Empty*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
2,93 - 3,39	6	24,00%	3,16	18,96
3,40 - 3,86	3	12,00%	3,63	10,89
3,87 - 4,33	5	20,00%	4,10	20,50
4,34 - 4,80	4	16,00%	4,57	18,28
4,81 - 5,27	5	20,00%	5,04	25,20
5,28 - 5,74	2	8,00%	5,51	11,02
Total	25	100%	26,01	104,85

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{104,85}{25} \\
 &= 4,19 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B. DATA WAKTU EDAR ALAT ANGKUT

B.1 CYCLE TIME ADT VOLVO

Tabel B. 1 Cycle Time Adt Volvo

No	loading	Hauling isi	Manuver isi	Dumping	Manuver empty	Hauling empty	total
1	2,03	5,27	0,30	0,26	0,29	4,36	12,51
2	2,33	6,14	0,28	0,17	0,18	5,33	14,43
3	2,30	4,26	0,15	0,21	0,14	4,05	11,11
4	2,27	5,31	0,22	0,20	0,21	4,57	12,78
5	2,05	5,09	0,22	0,14	0,20	4,10	11,80
6	2,34	6,15	0,21	0,16	0,20	5,34	14,40
7	1,40	4,35	0,23	0,16	0,19	4,16	10,49
8	1,58	5,50	0,20	0,18	0,20	4,39	12,05
9	2,33	5,11	0,26	0,21	0,24	4,59	12,74
10	1,57	5,12	0,31	0,18	0,26	4,49	11,93
11	1,39	5,17	0,38	0,19	0,31	4,59	12,03
12	2,02	5,32	0,42	0,17	0,34	5,15	13,42
13	1,32	4,09	0,35	0,19	0,23	4,01	10,19
14	1,46	4,50	0,32	0,16	0,23	4,23	10,90
15	1,44	5,01	0,30	0,19	0,25	4,56	11,75
16	1,36	5,24	0,31	0,23	0,29	4,45	11,88
17	1,42	5,30	0,38	0,14	0,32	4,37	11,93
18	1,23	5,56	0,21	0,12	0,19	5,29	12,60
19	1,40	6,11	0,20	0,24	0,20	5,24	13,39
20	2,01	5,36	0,23	0,15	0,21	4,23	12,19
R	1,77	5,19	0,27	0,19	0,23	4,56	12,27
Max	2,34	6,15	0,42	0,26	0,34	5,34	14,43
Min	1,23	4,09	0,15	0,12	0,14	4,01	10,19

Sumber: Perhitungan Penulis

B.2 DISTRIBUSI FREKUENSI LOADING

Jumlah data (n) = 20

Minimum = 1,23

Maximum = 2,34

Jumlah kelas = $1 + 3.3 \log n$

Jumlah kelas = 5.29

= 6

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

= 0,19

Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi *Loading*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
1,23 - 1,42	6	30,00%	1,33	7,95
1,43 - 1,62	5	25,00%	1,53	7,63
1,63 - 1,82	0	0,00%	1,73	0,00
1,83 - 2,02	2	10,00%	1,93	3,85
2,03 - 2,22	2	10,00%	2,13	4,25
2,23 - 2,42	5	25,00%	2,33	11,63
Total	20	100%	10,95	35,30

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{35,30}{20} \\
 &= 1,77 \text{ (menit)}
 \end{aligned}$$

B.3 DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING* ISI

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 4,09 \\
 \text{Maximum} &= 6,15 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\
 &= 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= 0,34
 \end{aligned}$$

Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi *Hauling* Isi

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
4,09 - 4,43	3	15,00%	4,26	12,78
4,44 - 4,76	1	5,00%	4,6	4,60
4,77 - 5,11	3	15,00%	4,94	14,82
5,12 - 5,46	8	40,00%	5,29	42,32
5,47 - 5,81	2	10,00%	5,64	11,28
5,82 - 6,16	3	15,00%	5,99	17,97
Total	20	100%	30,72	103,77

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{103,77}{20} \\
 &= 5,19 \text{ (menit)}
 \end{aligned}$$

B.4 DISTRIBUSI FREKUENSI MANUVER ISI

$$\begin{aligned}\text{Jumlah data (n)} &= 20 \\ \text{Minimum} &= 0,15 \\ \text{Maximum} &= 0,42 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\ &= 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi *Manuver* Isi

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
0,15 - 0,20	3	15,00%	0,18	0,53
0,21 - 0,26	7	35,00%	0,24	1,65
0,27 - 0,32	6	30,00%	0,30	1,77
0,33 - 0,38	3	15,00%	0,36	1,07
0,39 - 0,44	1	5,00%	0,42	0,42
0,45 - 0,50	0	0,00%	0,48	0,00
Total	20	100%	1,95	5,42

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{5,42}{20} \\ &= 0,27 \text{ (menit)}\end{aligned}$$

B.5 DISTRIBUSI FREKUENSI DUMPING

$$\begin{aligned}\text{Jumlah data (n)} &= 20 \\ \text{Minimum} &= 0,12 \\ \text{Maximum} &= 0,26 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\ &= 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\ &= 0,02\end{aligned}$$

Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi *Dumping*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
0,12 - 0,14	3	13,00%	0,13	0,39
0,15 - 0,17	4	20,00%	0,16	0,64
0,18 - 0,20	8	40,00%	0,19	1,52
0,21 - 0,23	3	15,00%	0,22	0,66
0,24 - 0,26	2	10,00%	0,25	0,50
0,27 - 0,29	0	0,00%	0,28	0,00
Total	20	100%	1,23	3,71

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{3,71}{20} \\
 &= 0,19(\text{menit})
 \end{aligned}$$

B.6 DISTRIBUSI FREKUENSI MANUEVER EMPTY

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 20 \\
 \text{Minimum} &= 0,14 \\
 \text{Maximum} &= 0,34 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1+ 3.3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\
 &= 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi *Manuver Empty*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
0,14 - 0,17	1	5,00%	0,16	0,16
0,18 - 0,21	9	45,00%	0,20	1,76
0,22 - 0,25	4	20,00%	0,24	0,94
0,26 - 0,29	3	15,00%	0,28	0,83
0,30 - 0,33	2	10,00%	0,32	0,63
0,34 - 0,37	1	5,00%	0,36	0,36
Total	20	100%	1,53	4,66

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{4,66}{20} \\
 &= 0,23 (\text{menit})
 \end{aligned}$$

B.7 DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING EMPTY*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah data (n)} &= 20 \\ \text{Minimum} &= 4,01 \\ \text{Maximum} &= 5,34 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3.3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5.29 \\ &= 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maksimum} - \text{minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\ &= 0,22\end{aligned}$$

Tabel B. 7 Distribusi Frekuensi *Hauling Empty*

Kelas	Frekuensi (fi)	Presentase	Nilai tengah (xi)	Fi*xi
4,01 - 4,23	6	30,00%	4,12	24,72
4,24 - 4,46	4	40,00%	4,35	17,40
4,47 - 4,69	5	25,00%	4,58	22,90
4,70 - 4,92	0	0,00%	4,81	0,00
4,93 - 5,15	1	5,00%	5,04	5,04
5,16 - 5,38	4	20,00%	5,27	21,08
Total	20	100%	28,17	91,14

Sumber: Perhitungan Penulis

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\ &= \frac{91,14}{20} \\ &= 4,56 \text{ (menit)}\end{aligned}$$

LAMPIRAN C. SPESISIKASI ALAT GALI MUAT



Sumber: dokumentasi penulis

Gambar C. 1 excavator

1. Mesin

Model Mesin: Komatsu SAA6D125E-5 atau SAA6D140E-7 (

Tenaga Maksimum: ± 270 kW (362 HP) 1.950 rpm (umum)

Tipe Mesin: 4-tak, turbocharged, intercooled, diesel, 6 silinder segaris

2. Berat

Berat Operasional: $\pm 49.400 - 51.300$ kg

Kapasitas Bucket Standard: $\pm 3,5 - 3,8$ m³ (2,5 m³ sampai 4 m³)

3. Jangkauan & Ukuran

Kedalaman Galian Maksimum: $\pm 7,1 - 7,7$ meter

Jangkauan Gali Horizontal Maks: $\pm 11,35 - 11,99$ meter

Dimensi (P x L x T): $\pm 12,3$ m x 3,6 m x 3,5 – 4,0 m

Gaya Galian (Digging Force)

Bucket Digging Force (Breakout Force): ± 267 kN (~27 ton gaya)

4. Performa Operasional

Kecepatan Putar (Swing Speed): $\pm 9,1$ rpm

Konsumsi Bahan Bakar: Lebih hemat hingga $\pm 11\%$

LAMPIRAN D. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT



Sumber: penulis

Gambar D. 1 alat angkut ADT

1. Payload 25 000 kg ($\approx$ 55 116 lbs)
2. Volume Body Heaped 15,3 m³ (20 yd³)
3. Berat Kosong $\pm$ 22 700 kg (49 494 lbs)
4. Berat Maks (Loaded) $\pm$ 47 450 kg (104 609 lbs)
5. Mesin Volvo D11M / D11L 10,8 L 6-silinder
6. Tenaga Gross / Net $\pm$ 315 hp (235 kW) / 314 hp (234 kW)
7. Torsi Maksimum $\pm$ 1 432–1 497 lb-ft ($\sim$ 1.942–2.030 Nm)
8. Transmisi 6 forward / 2 reverse Powershift otomatis
9. Drive 6 $\times$ 6, ATC, differential lock semua axle
10. Speed Maksimum $\pm$ 52,7 km/jam (maju), 13,7 km/jam (mundur)
11. Ground Clearance $\pm$ 0,455 m
12. Turning Radius (Luar) $\pm$ 8,11 m
13. Dump Angle $\pm$ 74°
14. Loading / Dump Height $\pm$ 2,79 m / 6,53 m
15. Hydraulic Pressure $\pm$ 25 MPa (3.626 psi)
16. Cycle Time (Raise) $\pm$ 12 detik
17. Ban / Suspensi 23,5 R25 Radial; suspensi 3-point depan/belakang
18. Rem Wet multi-disc