TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA KEGIATAN PENGANGKUTAN BATUBARA DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)

ADITYA
2022310060

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA KEGIATAN PENGANGKUTAN BATUBARA DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)

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

ADITYA
2022310060

Dosen Pembimbing:
Ridho Yovanda, S.T.,M.T
Dedi Yansen, S.Si., M.Pd

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA KEGIATAN PENGANGKUTAN BATUBARA DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

ADITYA

2022310060

Prabumulih,

Pembimbing I	Pembimbing II
Ridho Yovanda, S.T., M.T	**Dedi Yansen, S.Si., M.Pd**
NIDN. 0218099302	**NIDN. 0213128501**

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan

Ridho Yovanda, S.T., M.T.

NIDN. 0218099302

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul "Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara Di PT Lematang Coal Lestari (LCL)" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 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

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama :Aditya

NIM :2022310060

Prodi :Tcknik Pcrtambangan

Judul :Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara Di PT Lematang Coal Lestari (LCL)

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 berlakut.

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

Prabumulih, Juli 2025

Aditrya

ABSTRAK

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA KEGIATAN PENGANGKUTAN BATUBARA DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)

ADITYA, 2022310060, 2025

xi + 49 Halaman, 9 Gambar, 16 Tabel, 7 Lampiran

Analisis produktivitas alat mekanis pada PT Lematang *Coal* Lestari (LCL) bertujuan untuk sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan untuk kinerja alat berat dalam proses pengangkutan Batubara. hasil menunjukkan nilai MF sebesar 0,67 yang menandakan ketidakseimbangan kerja, dimana alat gali muat bekerja kurang dari 100% sementara alat angkut bekerja 100%. Produktivitas alat gali muat mencapai 310,83 ton/jam dengan hasil bulanan 139.873,5 ton. Sedangkan alat angkut hanya 208,40 ton/jam atau 93.780 ton/bulan. Target produksi perusahaan sebesar 150.000 ton/bulan belum tercapai akibat efisiensi kerja masih rendah yaitu 76%. Hambatan utama berasal dari kondisi jalan yang menanjak, berlumpur serta pola pemuatan yang menyebabkan waktu tunggu. Diperlukan upaya perbaikan sistem kerja untuk meningkatkan efisisensi kerja dan pencapaian target produksi.

Kata Kunci: Produktivitas Alat Gali Muat, dan Alat Angkut, Penambangan, Batubara

KATA PEGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara Di PT Lematang Coal Lestari (LCL)".

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatka 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.
4. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. sebagai pembimbing I.
5. Bapak Dedi Yansen, S.Si., M.Pd. sebagai pembimbing II.
6. Bapak/Ibu sebagai Tim Penguji Seminar Proposal Tugas Akhir.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. berserta staf administrasi fakultas teknik

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 laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih,

ADITYA
2022310

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSETUJUAN..... iii

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS iv

ABSTRAK..... v

KATA PENGANTAR..... vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR..... ix

DAFTAR TABEL x

LAMPIRAN..... xi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Batasan Masalah 1

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 2

1.5 Observasi Lapangan..... 2

1.6 Pengambilan data 3

1.7 Lokasi Dan Waktu Kegiatan Penelitian..... 3

1.8 Bagan Alir Penelitian..... 3

BAB II TINJAUAN UMUM..... 5

2.1 Sejarah Perusahaan 5

2.2 Lokasi Dan Kesampaian Daerah..... 6

2.3 *Geologi* dan *Statigrafi*..... 7

2.3.1 *Geologi* 7

2.3.2 *Stratigrafi*..... 8

2.4 Organisasi dan tenaga kerja 9

2.5 Cadangan Batubara 10

2.6 Aktivitas pemindahan tanah mekanis 10

BAB III TINJAUAN PUSTAKA 11

3.1 Proses Pembentukan Batubara 11

3.2 Alat Gali Muat Dan Alat Angkut..... 12

3.2.1 Alat Gali Muat..... 12

3.2.2 Alat Angkut 13

DAFTAR ISI

Halaman

3.3 Produktivitas Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut 14
3.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivit 15
3.4.1 *Bucket Fill Factor* 15
3.4.2 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*) 16
3.4.3 *Match Factor* 16
3.4.4 *Cycle Time* 17
3.4.5 Efisiensi Kerja 18
3.5 Faktor-Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Produksi 19
BAB IV PEMBAHASAN 21
4.1 Nilai keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut 21
4.1.1 *Cycle Time* Alat Gali Muat Excavator Sany SY500H 21
4.1.2 *Cycle Time* Alat Angkut Tonly Tl849 22
4.1.2 nilai *match factor* alat gali muat dan alat angkut 23
4.2 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut
Pada Pengakutan Batubara 24
4.1.3 Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat 24
4.1.4 Perhitungan Produktivitas Alat Angkut 25
4.2 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas alat gali muat
dan angkut pada pengangkutan batubara 26
4.1.1 Kondisi Front Penambangan 26
4.1.2 Kondisi Menuju Dump Station 27
4.1.3 Pola Pemuatan 27
4.1.3 Efisiensi Kerja 27
BAB V PENUTUP 30
5.1 Kesimpulan 30
5.2 Saran 31

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian..... 4
Gambar 2.1 Wiup Kegiatan Produksi 6
Gambar 2.2 Peta Kesampaian Daerah Penelitian 7
Gambar 3.1 Alat Mekanis Excavator 13
Gambar 3.2 Alat Mekanis Dump Truck..... 13

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi Cycle Time Alat Gali Muat 22
Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Cycle Time Alat Angkut 23
Tabel 4.3 Waktu Kerja Karyawan 28
Tabel 4.4 Hambatan Yang Terjadi Di Lapangan 29

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A. 1 *Cycel Time Excavator* 33

Lampiran B. 1 *Cycle Time Dump Truck* 37

Lampiran C. 1 Spesifikasi Alat Gali Muat..... 43

Lampiran D. 1 Spesifikasi Alat Angkut 45

Lampiran E. 1 *Fill Factor* (Faktor Pengisian) 47

Lampiran F. 1 *Swell Factor* Batubara 48

Lampiran G. 1 Spesifikasi Motor Grader..... 49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan sumber energi terpenting yang banyak dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik bahkan hampir setengah konsumsi batubara domestik dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, selain dimanfaatkan juga sebagai sumber energi utama dalam mendukung operasional kegiatan industri. Keberadaan batubara masih diandalkan sebagai modal dasar pembangunan yaitu sebagai sumber energi utama untuk penyediaan listrik dan penghasil devisa negara. Kondisi tersebut dapat dilihat dari infrastruktur energi di Indonesia yang sebagian besar terdiri dari pembangkit listrik berbahan bakar batubara, yang menyediakan sekitar 60% dari kapasitas pembangkit listrik nasional (Pahlevi1, 2024).

PT LCL merupakan kontraktor yang bergerak dalam bidang penambangan dimana umumnya menjalin kerjasama dengan owner perusahaan lain yang memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP). Perusahaan ini memiliki kegiatan di wilayah IUP milik PT. MPC sebagai kontraktor pengupasan *Overburden* dan *coal getting*. Umumnya setelah proses *coal getting*, akan melakukan hauling ke area dump station milik GHEMMI yaitu sebagai bahan bakar PLTU perusahaan tersebut.

Produksi adalah hal utama pada tahapan bidang usaha pertambangan. Tahapan dalam proses penambangan batubara ada pula yang berperan penting dalam menentukan kelangsungan usaha pertambangan yaitu pengolahan batubara (Nurzulla, 2020).

Menurut Rahman (2022), produktivitas merupakan serangkaian kegiatan yang dibutuhkan dalam mencapai target produksi yang optimal pada aktivitas alat berat. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai dari produktivitas alat seperti jam kerja, jam operasional alat, waktu edar alat, ukuran mangkuk (*bucket*) alat muat, faktor pengisisn mangkuk (*bucket fill factor*), efisiensi kerja, serta faktor pengembangan (*swell factor*).

Tugas akhir ini mengambil judul tentang produktivitas alat diharapkan dapat memahami dan mengetahui produktivitas alat dalam proses pengangkutan batubara di PT Lematang Coal Lestari (LCL) yang optimal.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibuat oleh penulis adalah Untuk Mengetahui produktivitas alat, nilai keserasian kerja alat, efisiensi kerja, faktor penghambat produktivitas dari *front* penambangan menuju *dump station*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan penelitian tugas akhir yang dilakukan di tambang batubara PT Lematang Coal Lestari (LCL):

1. Menganalisis produktvitas alat gali muat dan alat angkut pada pengankutan batubara
2. Mengetahui nilai keserasian kerja antara alat gali-muat dan alat angkut
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada Pengangkutan Batubara

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah narasi yang objektif yang menggambarkan hal-hal yang di peroleh setelah suatu tujuan penelitian telah terpenuhi. Manfaat penelitian bisa saja bersifat teori atau bersifat praktis misalkan memecahkan masalah-masalah pada objek yang telah di teliti.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis,

   dapat memahami dalam analisis produktivitas alat sehingga menambah pengetahuan lebih dalam terkait tentang produktivitas alat. Serta dapat menjadi pemahaman tentang produktivitas alat bagi banyak orang terutama mahasiswa selanjutnya.
2. Manfaat praktis

   hasil analisis dan penelitian yang dilakukan selama tugas ahir di lapangan dapat menjadi bahan masukan bagi pihak perusahaan, untuk menentukan

produksi perusahaan di masa yang akan datang di PT Lematang Coal Lestari (LCL).

1.5 Observasi Lapangan

Tujuan dari observasi lapangan, bertujuan untuk pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir. Data yang dapat kumpulkan berupa data primer dan sekunder.

1.6 Pengambilan data

Berikut data primer dan sekunder yang dibutuhkan:

1. Data primer

   Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti atau pengumpul data dari sumber aslinya. Data primer dapat berupa:

   a. Data *cycle time* alat gali muat
   b. Data *cycle time* alat angkut
   c. Kondisi *area front* jalan angkut batubara
   d. Jumlah alat gali muat dan alat angkut kegiatan *hauling* batubara

2. Data sekunder

   Data sekunder adalah data yang dikumpulkan oleh orang lain atau lembaga lain bukan oleh peneliti itu sendiri. Data sekunder dapat berupa:

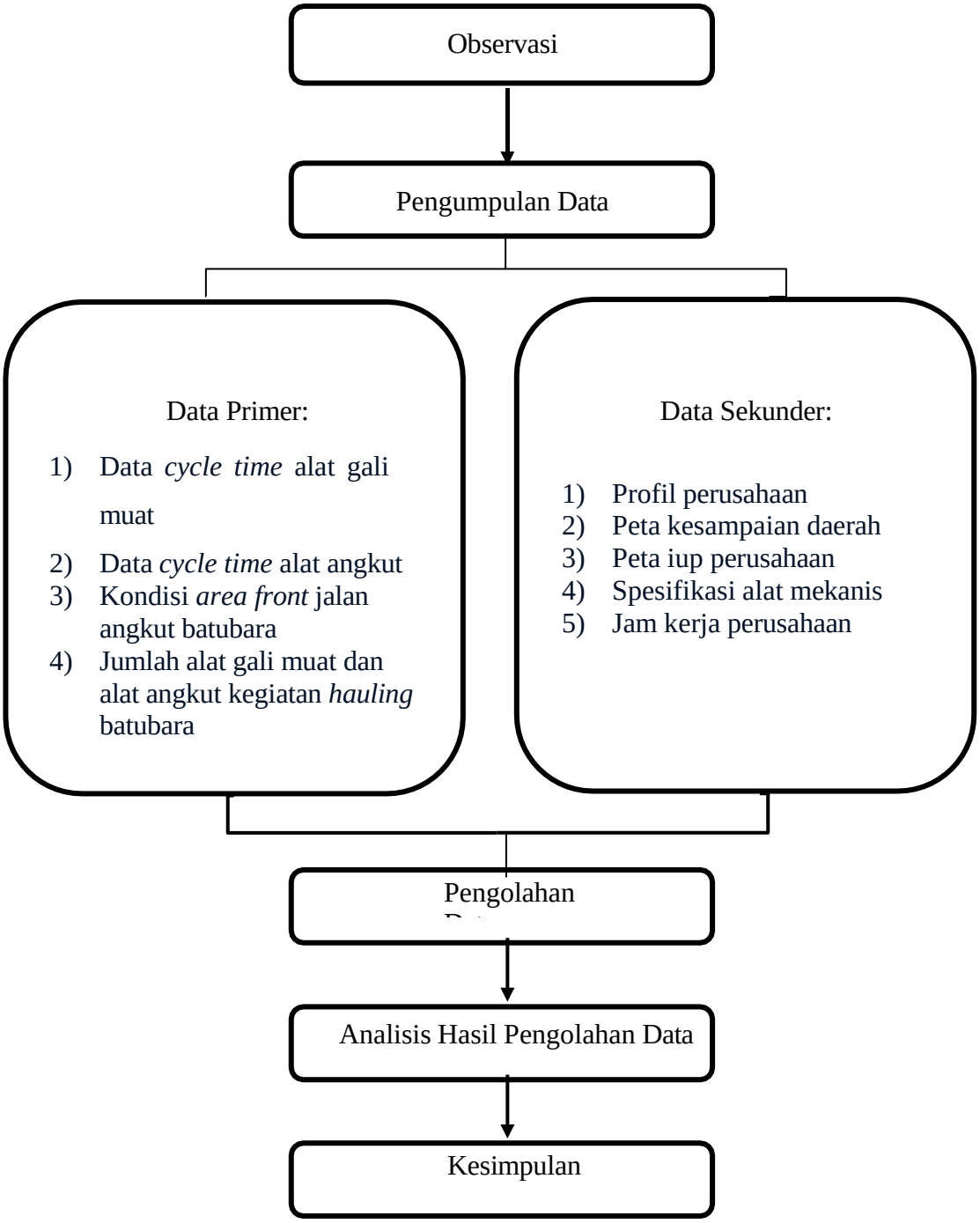
   a. Profil perusahaan
   b. Peta kesampaian daerah
   c. Peta iup perusahaan
   d. Spesifikasi alat mekanis
   e. Jam kerja perusahaan

1.7 Lokasi Dan Waktu Kegiatan Penelitian

Rencana pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di PT Lematang Coal Lestari (LCL) berlokasi di gunung raja, kecematan rambang niru, kabupaten muara enim, sumatera selatan. Dan rencana kegiatan dilakukan selama 1 bulan lebih, dimulai 15April – 02 Juni pada 2025.

1.8 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini adalah struktur kegiatan penelitian dari tahapan observasi, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil data, dan kesimpulan. untuk lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Sumber: Penulis (2025)

Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian

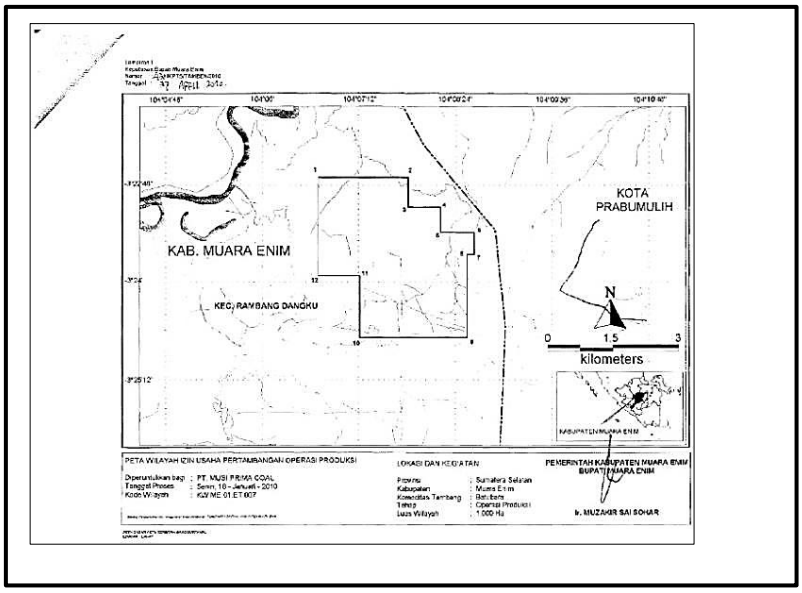
BAB II
TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah Perusahaan

PT Lematang Coal Lestari (LCL) merupakan pengelola usaha tambang batubara (kontraktor). Berusahaan ini didirikan pada tanggal 26 agustus 2009 ynag dipimpin oleh Nr. Liu Tian Yi.

Tujuan mendirikan perusahaan tambang batubara adalah untuk memasok batubara ke pembanngkit tenaga listrik tenaga uap PT Goa Hoang Energi Musi Mandiri Indonesia (GHEMMI). Tahapan pertama dalam kegiatan penambangan yang dilakukan adalah tahap eksplorasi yang kemudian dilakukan tahapan ekploitasi dengan penebangan hutan, *land clearing*, penggalian tanah *top soil* serta tanah pengotor *overburden*. Lokasi daerah yang termasuk dalam wilayah administrasi pemerintah Kecamatan Rambang Niru, Kabupaten Muara Enim, Preovinsi Sumatera Selatan Meliputi Daerah Sekitar Gunung Raja, Rambang Dangku, Sumber Jaya, Talang Yadin, Dan Air Limau.

Wilayah kuasa penambangan eksplorasi batubara PT Lematang Coal Lestari (LCL) sesuai izin yang dimiliki melaui keputusan bupati muara enim nomor 309/kpts/tamben/2007 tanggal 23 maret 2007 tentang pemberian izin kuasa tambang (KP) eksplorasi batubara kepada PT Lematang Coal Lestari (LCL). Dan keputusan bupati muara enim nomor 654/kpts/tamben 2007 tanggal 25 juni 2007 tentang perubahan atas lampiran keputusan bupati muara enim nomor 309/kpts/tamben/2007 tentang Kuasa Pertambangan (KP) eksplorasi batubara kepada PT Lematang Coal Lestari (LCL) seluas 4443 hektar berdasarkan hasil interpretasi penyebaran batubara serta tingkat kesulitan penambangan dan tata guna lahan. Dimana, terdapat usaha perkebunan, ladang rakyat, fasilitas produksi PT PERTAMINA dan pemungkiman yang cukup padat pada wilayah bagian selatan dari wilayah Kuasa Pertambangan (KP) eksplorasi. Untuk Kuasa Pertambangan (KP) sendiri dipegang oleh pemiliknya yaitu PT Musi Prima Coal (MPC). Kegiatan produksi dapat dilihat pada Gambar 1.2 berikut:



Sumber: PT Lematang Coal Lestari (LCL), 2025

Gambar 2.1 Wiup Kegiatan Produksi

2.2 Lokasi Dan Kesampaian Daerah

Lokasi tambang batubara PT Lematang Coal Lestari (LCL) terletak sekitar ±130 km di sebelah barat laut kota palembang. Secara administratif lokasi tambang PT Lematang Coal Lestari (LCL) berada dalam Wilayah Desa Gunung Raja, Kec. Rambang Niru, Kab. Muara Enim. Prov. Sumatera Selatan. Jarak tempuh dari Kota Prabumulih sekitar ±50 km ke arah barat, sedangkan apabila ditempuh menggunakan dua memerlukan waktu 45 menit-satu jam perjalanan dari Kota Prabumulih.

Posisi geografis tambang PT Lematang Coal Lestari (LCL) terletak antara 2°50’60” -3°40’60” lintang selatan dan 103°30’60” - 104°30’00” bujur timur. Daerah penambangan ini merupakan daerah dataran rendah yang awalnya adala rawa-rawa dan dataran dengan puncak yang tertinggi hanya 30 meter dan yang terendah 10 meter di atas permukaan laut.

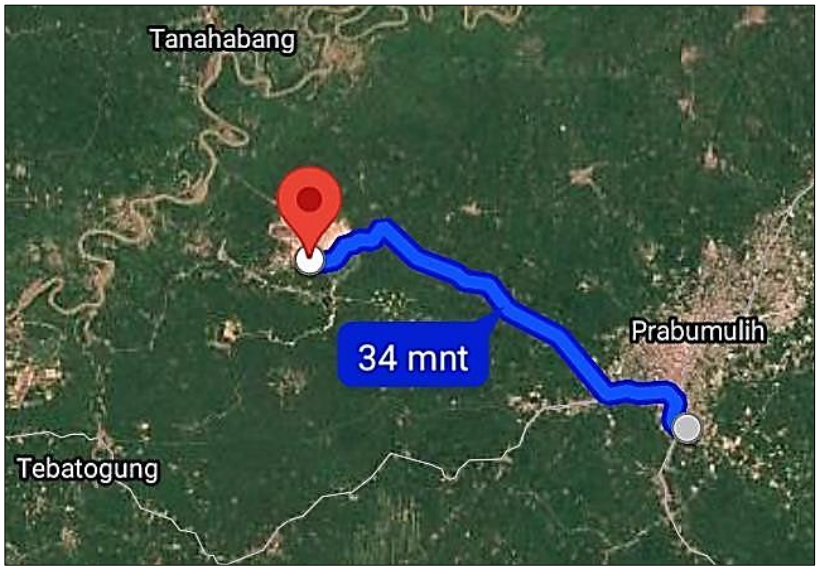
Lokasi penelitian di PT Lematang Coal Lestari (LCL) dapat ditempuh dengan tahap sebagai berikut:

1. Dari Bandara Soekarno Hatta Jakarta menuju Bandara Sultan Mahmud Baharudin II Sumatera Selatan dengan menggunakan pesawat ditempuh dalam waktu ±1 jam
2. Dari Kota Palembang ke Kota Prabumulih dapat ditempuh melalui jalur darat

dengan naik mobil selama ±2 jam

3. Dari Kota Prabumulih menuju Desa III Gunung Raja dapat ditempuh dengan naik motor selama ±1 jam.
4. Desa Gunung Raja menuju ke lokasi tambang dapat ditempuh dengan naik motor sejauh 2-3 km.

Untuk menuju kelokasi dapat dilihat di maps pada Gambar 2.2 berikut:



Sumber: Google Maps, 2025

Gambar 2.2 Peta Kesampaian Daerah Penelitian

2.2.1 Geologi

Secara geologi regional daerah penyeledikan berada dalam sub cekungan palembang yaitu merupakan bagian dari cekungan sumatera selatan yang terbentuk pada zaman tersier. Batuan sedimen yang mengisi cekungan tersebut membentuk perlipatan yang umumnya berarah barat laut- tenggara. Lapisan batubara daerah ini tersingkap dalam enam lapisan batubara yang terdiri dari lapisan muda sampai tua.

Struktur berkembang di wilayah ini antara lain dapat lihat dari penyebaran batuan di tambang ini terdir dari beberapa formasi, yaitu:

1. Formasi muara enim, adalah indikasi yang mengandung batubara dicirikan dengan adanya batu lempunng, batu lanau, dan batu pasir yang dominan. di daerah ini formasi muara enim yang dominan adalah batu pasir.

2. Formasi kasai, terdiri dari tufa pasiran dan batu pasir tufaan yang mengandung batu apung. Bagian bawah formasi ini terdiri dari batu pasir tufaan yang berbutir sedang sampai kasar, membundar sampai menyudut tanggung. Dengan fragmen pada umumnya kuarsa, kuarsa, batuan sedimen, batuan beku, dan batuan malihan atau termetakan.
3. Formasi gumay, formasi gumay terdiri dari batu pasir dan batu lempung yang berbentuk pelapisan selang seling dengan ketebalan berkisar antara 20-80 cm, namun di jumpai selang (*interval*) batu lempung ketebalan 3-10 m. Batu pasir berwarna abu-abu kehijauan, mengandung glaukonit dan kadang-kadang kepingan batubara. Pada daerah penambangan termasuk batuan lunak sehingga langsung digali menggunakan *excavator*.
4. Formasi air benakat, salah satu batuan tertua yang tersingkap di wilayah Kecamatan Talang Ubi dan muara langkitan berkisar umur miosen atas. Formasi ini tersingkap di sebelah timur dari Kota Prabumulih.

2.2.2 Stratigrafi

Lapisan batubara terdapat batuan atau disebut dengan interburden atau lapisan antara bahan galian. Ketebalan lapisan keseluruhan ±60 meter. Stratigrafi batuan lapisan yang ada di daerah tambang PT Lematang Coal Lestari (LCL) adalah sebagai berikut:

1. Lapisan tanah penutup/*overburden*, *overburden* mempunyai ketebalan berkisar antara 4-8 meter terdiri dari tanha mosul, tanah penangkaran, batu lempung, pasir, dan endapan lumpur.
2. Lapisan batubara *seam* 1, umumnya pada lapisan ini masih berbentuk serat-serat kayu damar atau getah damar yang belum menjadi batubara seutuhnya. Ketebalan lapisan ini umumnya berkisar antara 50 cm hingga 1 meter. Oleh karena itu, batubara lapisan ini dianggap pengotor selain itu seam 1 ini juga batubaranya memiliki kalori yang sangat rendah 1000-2000 kcal.
3. Interburden antara *seam* 1 dan *seam* 2, lapisan pengotor antara seam 1 dan seam 2 adalah batuan *cl*ay atau lempung yang mempunyai ketebalan 2-4 meter.
4. Lapisan batubara *seam* 2, ketebalan pada seam ini berkisar antara 80 cm.

5. *Interburden* antara *seam* 2 dan 3, adalah batu *clay* yang memiliki ketebalan 10-16 meter.
6. Lapisan batubara *seam* 3, untuk lapisan batubara seam 3 ketebalannya berkisar antara 1-2 meter.
7. *Interburden* antara *seam* 3 dan *seam* 4 dominan batu *clay* yang memiliki ketebalan 2-3 meter
8. Lapisan batubara *seam* 4, untuk lapisan batubara seam 4 ketebalannya berkisar antara 10-16 meter, seam 4 ini memiliki nilai kalor yang sangat tinggi yaitu 4500-5000 kcal.

2.3 Organisasi dan Tenaga Kerja

Pelaksanaan pekerjaan penambangan batubara PT Lematang Coal Lestrai (LCL) disusun pola kerja yang tersusun sesuai dengan tugas dan bagian masing-masing. Bentuk organisasi fungsional dimana kegiatan pertambangan dibagi menjadi fungsi-fungsi terpisah tetapi masih dalam satu organisasi dan dapat bekerjasama.

Organisasi PT Lematang Coal Lestari (LCL) dipimpin oleh Ceo dan selanjutnya membawahi general manager, membawahi *engineering*, produksi, HRD/GA, *finace*, kepala *engineering*, kepala produksi. Masing-masing kepala bagian tersebut didukung oleh staf yang sesuai dengan bidang keahlian tertentu untuk mendukung kelancraan pekerjaan.

Jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk mendukung operasi penambangan bersifat on progress, disesuaikan dengan kemajuan pekerjaan penambangan. Jumlah tenaga kerja pt lematang coal lestari pada tahun 2021 tercatat sebanyak 665 orang yang terbagi atas karyawan tetap 604 orang, karyawan training kontrak 21 orang, dan karyawan harian 40 orang. Jumlah akan terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan dari pertambangan ini sendiri.

2.4 Cadangan Batubara

PT Lematang Coa Lestari (LCL) merupakan kontraktor tunggal pt musi prima coal yang berkewajiban memenuhi kebutuhan batubara untuk PLTU milik GHEMMI dimana PT Lematang Coal Lestari (LCL) hanya mempunyai tugas mengupas OB, mengambil batubara. Jumlah cadangan di lokasi IUP musi prima coal blok gunung raja dan blok air limau sebanyak 120.742.286 MT, 242.268.195 MT. Target produksi sebesar 2,1 juta ton pertahun, untuk striping rasio di pt lcl yaitu 1:3 BCM.

Kualitas batubara yang berada di PT Lematang Coal Lestari (LCL) tergolong masih sangat muda yaitu seam 1 1000-2000, seam 2 2100-3400, seam 3 3500-3400, seam 4 4500-5000 kcal. Untuk seam 1 tidak diambil karena kualitasnya terlalu rendah. Seam 2 dan seam 3 dilakukan pengolahan lagi untuk meningkatkan nilai kalorinya.

2.5 Aktivitas pemindahan tanah mekanis

Aktivitas pemindahan tanah mekanis merupakan semua pekerjana yang berhubungan langsung dengan kegiatan penggalian, pemuatan, pengangkutan, penimbunan. Kegiatan pengupasan tanah penutup (*overburden*) merupakan pekerjaan awal dalam suatu operasi pertambangan diawali dengan penggalian pada *front* di bawa menuju disposal atau langsung ke area *back filling*. Tanah inilah yang digunakan untuk revegetasi saat tambang akan di reklamasi. (Horman, Pangkung, and Tomatala 2017).

BAB III
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Proses Pembentukan Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen yang bisa terbakar, dimana berasal dari tumbuh-tumbuhan yang memiliki komposisi utamanya adalah karbon, hidrogen, dan oksigen. Warna batubara pada umumnya, berwarna coklat hingga hitam dan saat terjadinya proses kimia dan fisika dapat menyebabkan kandungan karbonnya meningkat (Maulana et al, 2020).

Menurut Maulana et al (2020), vegetasi tumbuhan yang mati tertimbun oleh tanah atau material yang berada di atasnya terendapkan hingga terbentuklah gambut (*peat*). Setelah itu, mengalami proses kompresi dari lapisan sedimen berada diatasnya dan mengalami kenaikan temperatur akibat *geothermal gradient*. Kompresi terjadi terus-menerus dan di iringi bertambahnya temperatur sehingga moisture sangat sedikit, serta unsur karbon meningkat menyebabkan terbentuknya batubara antrasit (tingkat tertinggi). Jenis- jenis dan kualitas batubara sebagai berikut:

1. Gambut, jenis batubara yang masih berada pada pase awal pembentukan batubara. Endapannya yang masih memperlihatkan bahan dasarnya yaitu tumbuh-tumbuhan mejadikan jenis ini bernilai paling rendah. Kadar air masih di atas75% dan nilai karbon yang rendah.
2. Lignite, atau batubara masih muda menjadi jenis batubara yang kedua. Endapan batubara ini juga masih bernilai rendah dan kadar karbon yang minim. Alasannya karena kadar air masih tinggi sehingga energi panas yang dikeluarkan masih rendah. Namun, masih dapat digunakan untuk sumber energi.
3. Sub-bituminus, batubara jenis ini memiliki warna kehitam-hitaman dan mengandung lilin. Cukup untuk digunakan sebagai bahan bakar san pembakaran. Namun, kandungan karbon masih rendah karena kandungan air yang tinggi

4. Bituminus, batubara yang memiliki ciri-ciri yang padat, hitam, brittle dan berbentuk bongkahan prismatic membuat jenis batubara satu ini berguna untuk kebutuhan industri.
5. Antrasit, jenis batubara paling tinggi tingkatannya, yang mana memiliki unsur karbon sampai 98%. Ciri-ciri fisik adalah berwarna, mengkilap dan keras. Digunakan untuk industri yang membutuhkan temperatur tinggi pada pembakarannya.

3.2 Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut

Menurut permana (2023), alat gali muat dan alat angkut merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dalam pekerjaan pertambangan. Penggunaan alat gali muat dan alat angkut dapat optimal jika faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat mekanis dapat berjalan secara efisien. Faktor yang mempengaruhinya adalah biaya yang dikeluarkan, waktu yang diperlukan selama kegiatan produksi. Sehingga perlu dilakukan monitor agar penggunaan alat mekanis dapat sesuai dengan kebutuhan pekerjaan yang dilaksanakan.

3.2.1 Alat Gali Muat

Alat gali muat berfungsi sebagai untuk menggali tanah dan batuan. Excavator merupakan salah satu contoh dari alat gali muat tersebut. Excavator merupakan suatu mesin pengeruk, dimana alat ini tersusun dari sebuah lengan, tongkat atau bahu, boom, bucket, roda rantai/*trackshoe*, dan digerakan oleh tenaga hidrolik yang bertenaga mesin disel. Excavator digunakan untuk membantu pekerjaan pemindahan tanah mekanis, material, penggalian, kontruksi, serta pertambangan. Alat mekanis excavator dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:

Sumber: Penulis (2025)

Gambar 3.1 Alat Mekanis Excavator

3.2.2 Alat Angkut

Alat angkut merupakan alat yang dapat memindahkan material terkhususnya di tambang digunakan untuk memindahkan overburden dan batubara ke area stockpile atau area lainnya di penambangan. Alat angkut yang digunakan adalah dump truck TONLY TL859R yang mampu digunakan diberbagai medan atau kondisi jalan angkut. Alat mekanis *dump truk* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:

Sumber: Penulis, 2025

Gambar 3.2 Alat Mekanis *Dump Truck*

3.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Nilai produktivitas merupakan hasil bagi dari output terhadap input, alat berat merupakan sumber daya vital dalam dunia pertambangan. Kebutuhan alat berat di operasi penambangaan tentu membutuhkan biaya yang besar terutama jika terjadi kerusakan terhadaap unit yang beroperasi sehingga hal ini dapat mempengaruhi suatu nilai produktivitas alat itu sendiri terutama dalam mencapai target produksi (Rahman, 2022).

Menurut Permana (2023), besarnya tingkat produksi suatu alat gali muat dan alat angkut dihasilkan dengan mengalikan kapasitas bucket, jumlah trip perjam dan faktor koreksi terdiri dari *fill factor* dan efisiensi kerja. Sehingga,untuk meghitung produktivitas alat gali muat adalah sebagai berikut:

$$Qm = \frac{60}{Ctm}\ x\ Cb\ x\ Ff\ x\ Sf\ x\ E\ x\ D \quad \text{.....(3.1)}$$

Keterangan:

Qm	=	Produktivitas alat gali muat
Ctm	=	waktu siklus alat gali
muat (menit) Cb	=	kapasitas bucket (m^3)
Ff	=	faktor pengisian (%)
Sf	=	faktor pengembangan (%)
E	=	efisiensi kerja (%)
D	=	densitas batuan

Produktivitas alat angkut agar mengetahui besarnya maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Qta = 60\ x\ Cv\ x\ E\ x\ Ff\ x\ Sf\ x\ D \quad \text{.....(3.2)}$$

Keterangan:

Qta = produktivitas alat angkut

Cta = waktu siklus alat angkut (menit)

Cv = kapasitas *vessel* (m^3)

Ff = faktor pengisian (%)

Sf = faktor pengembangan (%)

E = efisiensi kerja (%)

D = densitas batuan

3.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas

Menurut Rahman (2022), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat bertujuan agar mengetahui masalah-masalah yang mungkin bisa terjadi saat kegiatan sedang berlangsung di area pengangkutan batubara. Mengetahui masalah seperti hambatan yang terjadi dapat merencanakan solusi yang tepat dalam mengatasi mas

alah yang diketahui tersebut.

Berikut adalah faktor-faktor yang mempenngaruhi produktivitas dalam pengangkutan batubara.

3.4.1 *Bucket Fill Factor*

Faktor pengisian mangkuk merupakan suatu faktor pengisian alat gali muat dimana dilakukan perbandingan antara kapasitas nyata dengan kapasitas teoritis yang dinyatakan dalam bentuk persen (%). Jika semakin tinggi faktor pengisian maka semakin tinggi volume nyata dari alat tersebut dan berhubungan dengan jumlah pengisian terhadap alat angkut (Rahman, 2022).

Umumnya, faktor yang mempengaruhi bucket fill factor adalah kandungan air, ukuran mineral, kelengketan material dan keterampilan operator. Nilai bucket fill factor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{BFF} = \frac{Vn}{Vt} \times 100\% \quad \text{.....(3.3)}$$

Keterangan:

BFF = bucket fill factor (%)

Vn = volume nyata alat muat (m^3)

Vt = volume teoritis pada spesifikasi alat muat (m^3)

3.1.1 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Swell / pemuaian volume adalah pengembangan materia yang terjadi saat material tersebut digali dari tempat aslinya. Material pada lapisan bumi ditemukan dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, hnaya sedikit bagian-bagian yang kosong. Saat material digali maka material tersebut mengalami pengembangan. *Swell factor* merupakan perbandingan volume material dengan volume material setelah digali (Rahman, 2022).

Menurut Oemiati et al (2020), untuk mendapatkan swell factor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%\, Swell = \left(\frac{density\ in\ bank - lose\ density}{loose\ density}\right)$$

$$Sf = \frac{loose\ density}{density\ inbank} \times 100\% \quad \text{.....(3.4)}$$

3.1.2 *Match Factor*

Menurut Rahman (2022), hubungan kerja yang baik dan seimbang anatar alat gali muat dan alat angkut, maka produksi alat gali muat harus sama dengan dengan produksi alat angkut. Keserasian kerja yang sangat baik akan terjadi jika MF = 1.

Faktor keserasian umumnya digunakan untuk mengetahui jumlah dump truck yang sesuai untuk melayani 1 unit excavator. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menghitung match factor alat gali muat dan alat angkut, jumlah alat yang digunakan, waktu siklus atau *cycle time* dari kedua alat tersebut (Sahlan, 2023). Untuk melihat nilai keserasian kerja antar excavator dan dump truck dapat menggunakna rumus sebagai berikut:

$$MF = \frac{Na \times n \times CTm}{Nm \times CTa} \quad \text{.....(3.5)}$$

Keterangan:

MF = faktor keserasian

Nm = jumlah alat gali muat (unit)

CTm = waktu edar alat gali muat (detik)

CTa = waktu edar alat angkut (menit)

Na = jumlah alat angkut (unit)

n = banyaknya pengisian tiap unit alat angkut nilai match factor memiliki tiga kondisi diantaranya:

1. MF = 1 (antara alat gali muat dan alat angkut 100% atau mendekati serasi)
2. MF <1 (alat gali muat memiliki waktu tunggu sedangkan alat angkut bekerja 100%)
3. MF >1 (alat angkut memiliki waktu tunggu sedangkan alat gali muat bekerja 100%)

3.1.3 *Cycle Time*

Waktu edar merupakan waktu yang dibutuhkan oleh alat untuk melakukan satu siklus pekerjaan. Satu siklus pekerjaan yang dimaksud adalah waktu kegiatan yang dilakukan berulang dalan suatu pekerjaan (Rahman, 2022).

Cycle time alat terbagi menjadi 2, berikut 2 macam cycle time alat tersebut:

1. *Cycle time* alat gali muat

   Waktu edar alat gali muat adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat gali muat dalam melakukan satu siklus diantaranya penggalian, pemuatan material setelah digali kedalam alat angkut sampai muatan penuh sesuai kapasitas alat. Perhitungan *cycle time* alat gali muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ctm = D + Si + Dt + Sw \quad \text{.....(3.6)}$$

Keterangan:

D = *digging time*

Si = *swing time*

Dt = *dumping time*

Sw = *swing time empty*

2. *Cycle Time* alat angkut

waktu edar alat angkut merupakan waktu yang dibutuhkan oleh alat angkut untuk menyelesaikan satu siklus pengangkutan dimulai dari siklus *loading*, mengangkut material ke lokasi penyimpanan, manuver isi, *dumping*, manuver kosong, *hauling* lagi keadaan *vessel* kosong. Dalam menghitung waktu edar alat angkut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mathrm{Cta} = \mathrm{Mk} + \mathrm{L} + \mathrm{Hi} + \mathrm{Mi} + \mathrm{D} + \mathrm{Hk} \quad \text{.....(3.6)}$$

Keterangan:

Mk = manuver pada *loading point*

L = *loading time*

Hi = *hauling* isi

Mi = manuver isi

D = *dumping*

Hk = *hauling* kosong

3.1.4 Efisiensi Kerja

Menurut Oemiati et al (2020), Efisiensi kerja merupakan kemampuan yang dapat mempengaruhi produktivitas dari suatu alat, agar bisa mendapatkan waktu yang efektif maka dapat dilakukan dengan cara memperkecil hambatan-hambatan yang ada. waktu kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mathrm{We} = \mathrm{Wt} - (\mathrm{Wtd} + \mathrm{Whd}) \text{.....(3.8)}$$

Keterangan:

WE = waktu kerja efektif

Wt = waktu kerja tersedia

Whd = waktu hambatan dapat dihindari

Wtd = waktu hambatan tidak dapat dihindari

Setelah perhitungan waktu kerja efektif didapatkan hasilnya, maka efisiensi kerja dapat diperoleh dengan menggunnakan rumus sebagai berikut:

$$Ef = \frac{We}{Wt} \times 100\% \quad \text{.....(3.9)}$$

Keterangan:

Ef = efisiensi kerja (%)

We = waktu kerja efektif

Wt = waktu kerja tersedia

3.2 Faktor-Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Produksi

Menurut Permana (2023), faktor-faktor yang bisa mempengaruhi kegiatan produksi alat gali muat dan alat angkut sebagai berikut:

1. Sifak fisik material, kemampuan suatu alat gali muat dan alat angkut untuk beroperasi secara optimal sangat dipengaruhi oleh sifat fisik material di lapangan, seperti faktor pengembangan (*swell factor*) maupun dari segi bobot isinya.
2. Kondisi tempat kerja, tempat kerja ynag luas tentu dapat memperkecil waktu siklus alat. Hal ini terjadi karena adanya ruang gerak untuk berbagai pengambilan posisi, seperti bergerak unutk memutar, serta mengambil posisi sebulum untuk diisi muatan atau penumpahan.
3. Keadaan jalan angkut, pemilihan alat mekanis berdasarkan kondisi jalan angkut sangat dibutuhkan. Karean jalan angkut merupakan penunjang kegiatan

operasi tambang, terutama dalam kegiatan pengangkutan material. Apabila kondisi jalan angkut baik tidak ada gangguan maka waktu edar menjadi lebih kecil/singkat.

4. Kondisi alat, kondisi alat mekanis dalam kegiatan pemuatan dan dalam kegiatan pengangkutan harus memiliki kondisi yang baik, karena kondisi alat yang buruk dapat mempengaruhi *cycle time*. Waktu edar akan berbeda antara alat mekanis yang baru dan alat yang lama, karena alat mekanis yang lama umumnya sudah sering banyak perbaikan dan umumnya lebih lambat dari alat mekanis yang baru.
5. Kemampuan operator, skill dari seorang operator sangat berpengaruh terhadap waktu yang digunakan dalam operasi penambangan yang sedang berlangsung. Dengan adany operator yang berpengalaman maka akan memperkecil waktu siklus alat yang digunakan.
6. Pengaruh cuaca, cuaca sangat mempengaruhi kegiatan penambangan, karena jika cuaca yang buruk dapat menghentikan sejenak kegiatan tersebut bahkan bisa dalam sehari kegiatan tidak bisa dilakukan atau berhenti total. Tentu jika hujan kondisi jalan menjadi licin berbahaya. Begitu juga dengan keadaan panas akan berdebu dan mengganggu jarak pandang operator. Untuk pengatasi hal tersebut maka saat hujan terjadi kegiatan harus dihentikan sampai pengeringan jalan, dan untuk kondisi panas dilakukan penyiraman jalan angkut.
7. Pemeliharaan dan perawatan alat, peralatan mekanis tentu harus selalu dijaga dan dirawat agar kondisinya tetap baik. Adapun bebrapa hal yang harus diperhatikan saar melakukan perawatan alat tersebut:
   a. Penggantian pelumas atau oli yang dilakukan secara teratur.
   b. Kondisi bagian alat seperti bucket, ban, dan lain-lain,
   c. Adanya persediaan suku cadang untuk alat yang sering digunakan untuk peralatan.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Analisis produktivitas alat gali muat dan alat angkut bertujuan untuk mengetahui hasil dari perhitungannya. Dimana hasil ini untuk menunjukkan produktivitas alat di PT Lematang Coal Lestari (LCL) sudah optimal atau belum. Sehingga hal ini bisa untuk dijadikan evaluasi bagi perusahaan untuk memenuhi target produksi. Kegiatan pemuatan dan pengangkutan menggunakan excavator sany sy500h dengan kapasitas bucket 2,5 m^3 dan dump truck tonly tl849 dengan kapasitas vessel 20 m^3. Agar mengetahui dan memperkirakan produktivitas dari kedua alat mekanis ini, maka dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT Lematang Coal Lestari (LCL), terdapat waktu edar alat gali muat excavator Sany SY500H yang memiliki 4 siklus terdiri dari waktu *digging time*, *swing load time*, *dumping time*, dan *swing empty time*. dan waktu edar alat angkut *dump truck* Tonly TL859R dengan 6 siklus yang terdiri dari manuver kosong, *loading*, *hauling* isi, manuver isi, *dumping*, *hauling* kosong . Berdasarkan data waktu edar yang telah didapat maka di lakukanlah perhitungan seperti berikut:

4.1.1 *Cycle Time* Alat Gali Muat *Excavator* Sany SY500H

Cycle time alat gali muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti yang telah dijelaskan pada rumus 3.6. berikut adalah perhitungan parameter distrbusi frekuensi *cycle time* alat gali muat dalam (detik).

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 17,55

Maximum = 19,48

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas = 5,87 → 6

Interval kelas $= \frac{Maksimum - Minimum}{Jumlah\ Kelas}$

Interval kelas $= 0{,}32$

Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi *Cycle Time* Alat Gali Muat

Kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
17,55 – 17,87	3	10,00%	17,71	53,13
17,88 – 18,20	3	10,00%	18,04	54,12
18,21 – 18,53	14	46,67%	18,37	257,18
18,54 – 18,86	4	13,33%	18,7	74,80
18,87 – 19,19	3	10,00%	19,03	57,09
19,20 – 19,52	3	10,00%	19,36	58,08
Total	30	100,00%	111,21	554,40

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{554{,}40}{30}$

= 18,48 (s)

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa *cycle time* alat gali muat yaitu 18,48 detik. Untuk data parameter frekuensi *cycle time* alat gali muat selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.2 *Cycle Time* Alat Angkut Tonly Tl849

Waktu edar (*cycle time*) alat angkut dalam perhitungannya dapat menggunakan rumus sebagaimana telah dijelaskan pada rumus 3.7 berikut merupakan perhitungan parameter *cycle time* alat angkut (menit).

Jumlah data (n) = 30
Minimum = 13,64
Maximum = 15,57
Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n
Jumlah kelas = 5,87 $\rightarrow$ 6
Interval Kelas $= \frac{\text{Maksimum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$
Interval kelas = 0,32

Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi *Cycle Time* Alat Angkut

Kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
13,64 – 13,96	4	13,33%	13,8	55,20
13,97 – 14,29	3	10,00%	14,13	42,39
14,30 – 14,62	4	13,33%	14,46	57,84
14,63 – 14,95	8	26,67%	14,79	118,32
14,96 – 15,28	8	26,67%	15,12	120,96
15,29 – 15,61	3	10,00%	15,45	46,35
Total	30	100,00%	87,75	441,06

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{441,06}{30}$

= 14,70 (Si)

= 882 (S)

Berdasarkan perhitungan di atas disimpulkan bahwa *cycle time* alat angkut yaitu 882 detik. Untuk data parameter frekuensi *cycle time* alat angkut lebih lengkap dapat di lihat pada Lampiran B.

4.1.2 Efisiensi Kerja

PT Lematang Coal Lestari (LCL) menetapkan waktu kerja karyawan dengan 3 shift kerja perharinya. Dimana kegiatan operasi produksi dilakukanan dari hari senin sampai hari minggu atau setiap hari. berdasarkan waktu kerjanya berikut dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Waktu Kerja Karyawan

Shift 1		
Jadwal	Keterangan	Waktu/jam
07.00 – 12.00	Waktu kerja	5
12.00 – 13.00	Waktu istirahat	1
13.00 – 15.00	Waktu kerja	2
Shift 2		
Jadwal kerja	Keterangan	Waktu/jam
15.00 – 18.00	Waktu kerja	3

Jadwal kerja	Keterangan	Waktu/jam
18.00 – 19.00	Waktu istirahat	1
19.00 – 23.00	Waktu kerja	4
	Shift 3	
Jadwal kerja	Keterangan	Waktu/jam
23.00 – 04.00	Waktu kerja	5
04.00 – 05.00	Waktu istirahat	1
05.00 – 07.00	Waktu kerja	2
Total keseluruhan waktu jam kerja		21

Sumber: Wahyu Santoso, 2025

Waktu yang tersedia untuk operasi kegiatan penambangan adalah 21 jam/harinya. Untuk hari jumat, jam istirahat siang dimulai dari jam 11.00 sampai 13.00 WIB sehingga jam kerja berkurang menjadi 20 jam. Perhitungan berikut untuk menunjukkan rata-rata jam efektif menjadi:

$$\text{Jam Tersedia} = \frac{(21\ jam \times 6\ hari)+(20\ jam \times 1\ hari)}{7\ hari/minggu}$$

$$= \frac{126\ jam\ /\ minggu+20\ jam\ /\ minggu}{7\ hari\ /\ \ minggu}$$

= 20,86 jam →1.251,6 menit/hari

Efisiensi kerja pada alat gali muat dan alat angkut dapat diketahui dengan mengetahui hambatan apa saja yang dapat mempengaruhi efisiensi kerja. Jika efisiensi kerjanya rendah maka produktivitas alat juga menjadi kurang optimal. Total waktu kerja dalam 3 shift adalah 21 jam perharinya. Sedangkan jika ditotalkan untuk 1 bulan waktu yang tersedia untuk produksi adalah 625,8 jam /bulannya dimana seharusnya waktu tersebut bisa dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin. Waktu hambatan pada PT Lematang Coal Lestari (LCL) dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini

Tabel 4.4 Hambatan yang Terjadi di Lapangan

Hambatan	Aktual 1 *shift* Si)
Hambatan yang dapat dihindari	
Keterangan	Menit
Keterlambatan bekerja	15
Istirahat lebih lama	10

Hambatan yang dapat dihindari	
Keperluan operator	6
Terlalu awal istirahat	15
Total A	46 menit
Hambatan yang tidak dapat dihindari	
Keterangan	Menit
Pengisian *fuel*	15
Hujan	40
Safety talk	5
P2H	10
Perbaikan *front* kerja	25
Total B	(40 Si/hujan + 25 Si/perbaikan *front* kerja) = 65 menit Jadi, 30 total B + 65 menit
Total seluruhnya	46 total A + 30 total B = 76 total keseluruhan + 65 menit = 131

Sumber: Penulis, 2025

waktu kerja efektif = 1.251,6 – 76 total A/total B x 3 *shift*

= 1.251,6 – (228 total A dan B/ 3*shif*t + 65 menit total B)

= 1.251,6 – 293

= 958,6 → 15 jam/hari

Efisiensi kerja = 1.003,6/1.251,6 x 100%

= 76%

Berarti dalam satu hari bekerja waktu efektifnya sekitar 958,6 menit atau 15 jam/hari dan efisiensi kerja adalah 76 %

4.1.3 Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas *excavator* Sany Sy500h dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

Ctm = 18,48 detik (tabel 4.1)

Cb = 2,5 m^3 (lampiran C)

Ff = 0,85 (lampiran E)

Sf = 0,76 (lampiran F)

Ef = 0,76

D = 1,3 ton/m^3

dari hasil perhitungan yaitu:

Qm = $\left(\frac{3600}{18,48}\right) \times 2,5 \times 0,85 \times 0,76 \times 1,3$

Qm = 310,83 ton/jam

Qm/hari = 310,83 x 15 jam/hari Qm/hari

= 4.662,45 ton/hari

Qm/bulan = 4.662,45 x 30 hari

Qm/bulan = 139.873,5 ton/bulan

Hasil dari analisis menunjukkan bahwa produktivitas excavator Sany SY500H untuk batubara dengan densitas 1,3 ton/m^3 yaitu 319,01 ton/jam. Target produksi bulanan perusahaan adalah 150.000,0 ton/bulan. Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas alat gali muat masih belum memenuhi target bulan perusahaan. Hal ini diperngaruhi oleh efisiensi kerja yang masih rendah sehingga produktivitasnya belum optimal.

4.1.4 Perhitungan Produktivitas Alat Angkut

perhitungan produuktivitas *dump truck* Tonly Tl849 dapat dicari sebagai berikut.

Diketahui:

Cta = 882 detik (4.2)

Cv = 20 m^3 (lampiran D)

Ff = 0,85 (lampiran E)

Sf = 0,76 (lampiran F)

Ef = 0,76

D = 1,3 ton/m^3

dari hasil perhitungan yaitu:

Qta = $\frac{3600 \times 20 \times 0,76 \times 0,85 \times 0,76 \times 1,3}{882}$

Qta = 52.10 ton/jam x 4 unit

Qta = 208,40 ton/jam

Qta/hari = 208,40 x 15 jam/hari

Qta/hari = 3.126,00

Qta/bulan = 3.126.00 x 30 hari Qta/bulan = 93.780,00 ton/bulan

hasil dari analisis produktivitas alat angkut untuk batubara dengan densitas 1,3 ton/m^3 adalah 208,40 ton/jam. dalam memenuhi target bulanan perusahaan, produktivitas alat angkut ini menunjukkan belum memenuhi target produksi yang seharusnya targetnya adalah 150.000,0 ton/bulan.

4.2 Nilai Keserasian Kerja Antara Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Keserasian kerja suatu alat merupakan bagian penting dalam produksi terutama di pertambangan. Keserasian kerja alat ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat *dump truck* sudah ideal dalam melayani 1 unit *excavator*. Hal ini karena dapat berpengaruh terhadap produktivitas alat tersebut waktu edar dibutuhkan untuk keserasian kerja alat.

Faktor keserasian atau match factor alat gali muat *excavator* Sany Sy500h dan alat angkut *dump truck* Tonly Tl849 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut perhitungannya.

Diketahui:

Nm = 1 unit

CTm = 18,48 detik (tabel 4.1)

CTa = 882 detik (tabel 4.2)

Na = 4 unit

n = 8 kali pengisian

dari hasil perhitungan yaitu:

$$Mf = \frac{Na \times n \times CTm}{Nm \times CTm}$$

$$Mf = \frac{4 \times 8 \times 18{,}48}{1 \times 882}$$

$$Mf = \frac{591{,}36}{882}$$

$$Mf = 0{,}67$$

Keserasian alat gali muat sany sy500h dengan alat angkut tonly tl849 didapat nilai 0,67 MF <1 artinya adalah alat gali muat bekerja kurang dari 100% sedangkan alat angkut bekerja 100% hal ini disebabkan oleh kurangnya jumlah alat angkut untuk melayani 1 unit alat gali muat. Sehingga, menyebabkan waktu tunggu bagi alat gali muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.

4.3 Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengangkutan Batubara

Produktivitas alat gali muat dan alat angkut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya seperti kondisi front, jalan angkut, efisiensi kerja. Berikut penjelasan lebih lengkap faktor yang dapat mempengaruhi tersebut.

4.3.1 Kondisi *Front* Penambangan

Kondisi area *front* tentu dapat mempengaruhi kinerja dari alat gali muat dan alat angkut. Kondisi *front* yang baik seperti jalan angkut yang tidak berdebu saat kemarau dan tidak berlumpur saat hujan, maka alat mekanis dapat bekerja lebih optimal. Untuk mengatasi kondisi *front* saat di keadaan hujan seperti saat melakukan penelitian. Maka dilakukan perawatan jalan dengan menggunakan motor grader. Motor grader ini bertugas untuk meratakan area front yang bergelombang terutama untuk area jalan angkutnya, berlumpur dan licin akibat beban dari alat mekanis yang melintasinya, karena kondisi area *front* seperti ini dapat membahayakan operator saat mengemudi alat berat tersebut. dan pada saat memasuki musim kemarau maka dilakukan penyiraman secara berkala dengan menggunakan water truck di sepanjang jalan angkut. Untuk lebih lengkapnya motorgrader dapat dilihat pada lampiran 5.

4.1.3 Jalan *Hauling* Batubara

Dari hasil observasi diketahui panjang jalan angkut dari area loading point menuju area dump station jaraknya ±1,4 km dengan jumlah alat yang digunakan pada saat pengamatan adalah alat gali muat 1 unit yaitu excavator sany sy500h dan alat angkut dump truck tonly tl849 sebanyak 4 unit, serta

kondisi jalan yang menanjak.

4.1.4 Pola Pemuatan

Pola pemuatan yang dilakukan, menggunakan pola pemuatan top loading. Dimana excavator menempatkan diri diatas material dan posisi dump trucknya berada dibawahnya untuk melakukan pengisian material ke dalam vessel dump truck. Metode ini digunakan agar operator dapat melakukan pemuatan material lebih cepat dan akurat sehingga dapat mengurangi waktu siklus pemuatan.

Selain itu pola alat gali muat menggunakan pola antrian single *back up,* dimana posisi alat angkut memposisikan hanya pada satu tempat baris saja sehingga *dump truck* menunggu untuk pemuatan yang dilakukan oleh excavator, setelah *dump truck* pertama sudah terisi penuh, *dump truck* selanjutnya mengambil tempat untuk melaukan pemuatan pada posisi yang sama dengan *dump truck* pertama tadi.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang didapat di front penambangan, didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil analisis produktivitas alat gali muat dan angkut, hasilnya menunjukkan bahwa produktivitas alat gali muat perjamnya adalah 310,83 ton/jam dengan hasil perbulannya 139.873,5 ton/bulan. Sedangkan untuk alat angkutnya produktivitas alatnya sekitar 208,40 ton/jam dan hasil perbulannya sekitar 93.780,00 ton/bulan. dengan hasil tersebut menunjukkan bahwa produktivitas alat gali muat lebih tinggi dibandingkan dengan alat angkut yang lebih rendah. sehingga untuk mencapai target bulananya belum tercapai. hal ini tentu dipengaruhi juga faktor efisiensi kerjanya dimana efisiensi kerja yang belum optimal.
2. Dalam kegiatan pengangkutan batubara, dapat diketahui bahwa nilai keserasian kerja alat menunjukkan MF <1 dengan nilai 0,67 berdasarkan artinya alat gali muat bekerja kurang dari 100% sedangkan alat angkutnya bekerja 100%, dimana alat gali muat menunggu alat angkut untuk melakukan pemuatan ke *vessel dump truck*. berdasarkan hasil tersebut, hal ini dapat mempengaruhi produktivitas alat untuk mencapai target produksi batubara yang dalam perbulannya sekitar 150.000,0 ton/bulan.
3. Faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat adalah kondisi dari *front* penambanga*n*, jalan *hauling* batubara memiliki jarak sekitar ±1,4 km dengan kondisi jalan yang menanjak serta pola pemuatan yang antrian *single back up.*

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari kesimpulan diatas, penulis berharap dapat memberikan saran yang berguna bagi perusahaan tempat penelitian sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan *match factor* menunjukkan perlu adanya penambahan alat

angkut sekitar 2 unit dengan hasilnya menjadi MF > 1 dengan nilai 1,01 hal ini akan berdampak baik bagi produktivitas alat dalam mencapai target produksi perusahaan.

2. Perlu adanya perbaikan area *loading* terutama saat terjadi hujan secara berkala sehingga risiko kecelakaan dapat diminimalisir, selain itu sebaiknya area menuju *dump station* diberi rambu peringatan bahwa area tersebut menanjak.
3. Pengawasan untuk para pekerja agar lebih disiplin lagi dengan waktu yang tersedia sehingga hambatan dapat berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

Horman, Jinita R., Yulius G. Pangkung, and Katerina T.A. Tomatala. 2017. Buku Penuntun Pratikum Pemindahan Tanah Mekanis. Monokwari.

Maulana, Rafi, Ordas dewanto, A Raka Abriansyah. (2020). Karakterisasi Lapisan Batubara Pada Tambang Arantiga Dan Seluang Bengkulu Menggunakan Analisis Data Proksimat. Jurnal geofisika eksplorasi, 06(03), 197-204.

Nurzulla, K. S. (2020, agustus). Evaluasi Kinerja unit Peremuk Batubara. *https://repository.unsri.ac.id/*, hal. 1.

Rahman, Ahmad Saifur. (2022). Analisa Produktivitas Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Dalam Menangani Penggalian Overburden Di PT ADARO INDONESIA. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.

Permana, joandra. (2023). analisis produktivitas alat gali muat dan alat alat angkut di penambangan batubara pt lematang coal lestari (LCL). fakultas teknik, universitas prabumulih. Prabumulih

Pahlevi1, R. (2024). Masa Depan Pemanfaatan Batubara sebagai Sumber Energi. Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 51.

LAMPIRAN A 1 CYCLE TIME EXCAVATOR

A. 1 CYCLE TIME EXCAVATOR (DETIK)

Tabel A.1 *Cycle Time* Alat Gali Muat

No	*Digging Time (s)*	*Swing load Time (s)*	*Dumping Time (s)*	*Swing empty time (s)*	Total *(s)*
1	7,20	4,10	3,88	4,20	19,38
2	7,04	3,25	3,91	4,18	18,38
3	7,09	3,07	3,77	4,41	18,34
4	7,05	4,19	4,01	4,09	19,34
5	7,10	3,35	3,91	4,13	18,49
6	7,30	3,07	3,81	4,06	18,24
7	6,91	4,11	2,71	4,34	18,07
8	7,21	3,22	3,85	4,18	18,46
9	7,42	4,00	4,05	4,01	19,48
10	7,01	3,17	4,07	4,25	18,50
11	7,33	3,29	3,81	4,15	18,58
12	7,45	4,10	2,95	4,00	18,50
13	7,11	3,40	2,99	4,05	17,55
14	7,06	3,41	3,71	4,33	18,51
15	6,88	3,75	3,80	4,03	18,46
16	7,41	3,28	4,08	4,10	18,87
17	7,13	3,80	3,77	4,17	18,87
18	7,35	3,38	3,89	4,01	18,63
19	7,06	4,01	3,17	4,06	18,30
20	7,24	3,70	3,29	4,27	18,50
21	6,94	3,18	4,01	4,03	18,16
22	7,31	3,42	3,42	4,00	18,15
23	7,15	3,10	3,19	4,34	17,78
24	7,51	3,39	3,39	4,14	18,43
25	7,08	3,90	3,70	4,20	18,88
26	7,25	3,10	4,01	3,89	18,25
27	7,17	3,50	3,60	3,99	18,26
28	6,81	3,51	3,50	3,85	17,67
29	7,47	3,29	3,72	4,23	18,71
30	7,39	4,14	3,41	3,69	18,63
Rata-rata					
max	7,51	4,19	4,08	4,41	19,48
min	6,81	3,07	2,71	3,69	17,55

Sumber: penulis, 2025

A.2 DISTRIBUSI FREKUENSI *DIGGING TIME*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 6,81

Maximum = 7,51

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas = 5,87 → 6

Interval kelas = $\frac{maxmum-minimum}{jumlah\ kelas}$

Interval kelas = 0,11

Tabel A.2 Distribusi Frekuensi Digging Tiime

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
6,81 – 6,92	3	10,00%	6,87	20,60
6,93 – 7,04	3	10,00%	6,99	20,96
7,05 – 7,16	9	30,00%	7,11	63,95
7,17 – 7,28	5	16,67%	7,23	36,13
7,29 – 7,40	5	16,67%	7,35	36,73
7,41 – 7,52	5	16,67%	7,47	37,33
Total	30	100,00%	42,99	215,67

Sumber: Penulis, 2025

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

= $\frac{215,67}{30}$

= 7,18 (s)

A.3 DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING LOAD TIME*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 3,07

Maximum = 4,19

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas =5,87 → 6

Interval kela =$\frac{\text{Maximum}-\text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,18

Tabel A. 3 Distirbusi Frekuensi *Swing Load Empty*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
3,07 – 3,25	8	26,67%	3,16	25,28
3,26 – 3,44	9	30,00%	3,35	30,15
3,45 – 3,63	2	6,67%	3,54	7,08
3,64 – 3,82	3	10,00%	3,73	11,19
3,83 – 4,01	3	10,00%	3,92	11,76
4,02 – 4,20	5	16,67%	4,11	20,55
Total	30	100,00%	21,81	106,01

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{106,01}{30}$

= 3,53 (s)

A.4 DISTRIBUSI FREKUENSI *DUMPING TIME*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 2,71

Maximum = 4,08

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas = $5,87 \rightarrow 6$

Interval kelas $= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,22

Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi *Dumping Time*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
2,71 – 2,93	1	3,33%	2,82	2,82
2,94 – 3,16	2	6,67%	3,05	6,1
3,17 – 3,39	4	13,33%	3,28	13,12
3,40 – 3,62	4	13,33%	3,51	14,04
3,63 – 3,85	9	30,00%	3,74	33,66
3,86 – 4,08	10	33,33%	3,97	39,7
Total	30	100,00%	20,37	109,44

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{109,44}{30}$

= 3,64(detik)

A.5 DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING EMPTY TIME*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 3,69

Maximum = 4,41

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas $=5,87 \rightarrow 6$

Interval kelas $= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,12

Tabel A. 5 Distirbusi Frekuensi *Swing Empty Time*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
3,69 – 3,81	1	3,33%	3,75	3,75
3,82 – 3,94	2	6,67%	3,88	7,76
3,95 – 4,07	10	33,33%	4,01	40,10
4,18 – 4,30	9	30,00%	4,24	38,16
4,31 – 4,43	7	23,33%	4,37	30,59
4,44 – 4,56	1	3,33%	4,5	4,50
Total	30	100,00%	24,75	124,86

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{124,86}{30}$

= 4,16 (detik)

LAMPIRAN B. 1 CYCLE TIME DUMP TRUCK

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

Tabel B. 1 *Cycle Time* Alat Angkut

No	Manuver Kosong (Si)	Loading (Si)	Hauling Isi (Si)	Manuver Isi (Si)	Dumping (Si)	Hauling Kosong (Si)	Total
1	0,28	1,51	6,32	0,26	0,30	6,35	15,02
2	0,26	1,35	6,13	0,28	0,31	6,18	14,51
3	0,20	1,31	6,13	0,29	0,35	6,17	14,45
4	0,22	2,00	6,40	0,28	0,40	6,20	15,50
5	0,22	1,35	6,39	0,25	0,39	6,30	14,90
6	0,25	1,31	6,24	0,26	0,34	6,35	14,75
7	0,22	1,37	6,59	0,27	0,27	6,40	15,12
8	0,25	1,35	6,39	0,21	0,25	6,20	14,65
9	0,28	1,54	6,55	0,27	0,30	6,40	15,34
10	0,23	1,45	7,00	0,24	0,25	6,40	15,57
11	0,22	1,54	6,35	0,31	0,25	6,50	15,17
12	0,24	1,55	6,39	0,35	0,23	5,50	14,26
13	0,28	1,52	6,25	0,39	0,25	6,15	14,84
14	0,24	1,55	6,39	0,21	0,27	6,05	14,71
15	0,21	1,13	6,48	0,27	0,34	5,25	13,68
16	0,22	1,20	6,50	0,39	0,40	6,16	14,87
17	0,24	1,35	6,55	0,27	0,21	6,09	14,71
18	0,28	1,43	6,29	0,30	0,24	5,10	13,64
19	0,31	1,54	6,34	0,21	0,22	6,50	15,12
20	0,34	1,45	6,45	0,19	0,19	6,51	15,13
21	0,22	1,50	6,35	0,30	0,30	6,40	15,07
22	0,21	1,54	6,15	0,33	0,33	6,25	14,81
23	0,28	1,21	6,47	0,25	0,25	6,50	14,96
24	0,28	1,49	6,56	0,23	0,23	5,35	14,14
25	0,20	1,10	6,35	0,39	0,19	6,20	14,43
26	0,31	1,38	6,24	0,27	0,31	5,21	13,72
27	0,29	1,31	6,28	0,34	0,29	5,49	14,00
28	0,40	1,50	6,16	0,22	0,35	6,04	14,67
29	0,28	1,25	6,31	0,25	0,21	6,07	14,37
30	0,20	1,40	6,19	0,21	0,19	5,59	13,78
Rata^2							
max	0,40	2,00	7,00	0,39	0,40	6,51	15,57
min	0,20	1,10	6,13	0,19	0,19	5,10	13,64

Sumber: penulis,2025

B.2 DISTRIBUSI FREKUENSI *MANUVER* KOSONG

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 0,20

Maximum = 0,40

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas =5,87 → 6

Interval kelas $= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,03

Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi Manuver Kosong

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,20 – 0,23	12	40,00%	0,22	2,58
0,24 – 0,27	6	20,00%	0,26	1,53
0,28 – 0,31	10	33,33%	0,30	2,95
0,32 – 0,35	1	3,33%	0,34	0,33
0,36 – 0,39	0	0,00%	0,38	0,00
0,40 – 0,43	1	3,33%	0,42	0,41
Total	30	100,00%	1,89	7,81

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{7,81}{30}$

= 0,26 (Si)

B.3 DISTRIBUSI FREKUENSI *LOADING*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 1,10

Maximum = 2,00

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas = 5,87 → 6

Interval kelas $= \frac{\text{Maxsimum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,15

Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi *Loading*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
1,10 – 1,25	5	16,67%	1,18	5,88
1,26 – 1,41	10	33,33%	1,34	13,35
1,42 – 1,57	14	46,67%	1,50	20,93
1,58 – 1,73	0	0,00%	1,66	0,00
1,74 – 1,89	0	0,00%	1,82	0,00
1,90 – 2,05	1	3,33%	1,98	1,98
Total	30	100,00%	9,45	42,13

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{7{,}81}{30}$

= 1,40 (Si)

B.4 DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING* ISI

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 6,13

Maximum = 7,00

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas $=5{,}87 \rightarrow 6$

Interval kelas $= \frac{\text{Maxsimum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,14

Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi *Hauling* Isi

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	NNilai tengah (xi)	fi*xi
6,13 – 6,27	8	26,67%	6,2	49,60
6,28 – 6,42	13	43,33%	6,35	82,55
6,43 – 6,57	7	56,67%	6,5	45,50
6,58 – 6,72	1	3,33%	6,65	6,65
6,73 – 6,87	0	0,00%	6,8	0,00
6,88 – 7,02	1	3,33%	6,95	6,95
Total	30	100,00%	39,45	191,25

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{191{,}25}{30}$

= 6,37 (Si)

B.5 DISTRIBUSI FREKUENSI *MANUVER* ISI

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 0,19

Maximum = 0,39

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas $= 5{,}87 \rightarrow 6$

Interval kelas $= \frac{\text{Maxsimum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,03

Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi Manuver Isi

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,19 – 0,22	6	20,00%	0,21	1,23
0,23 – 0,26	7	23,33%	0,25	1,72
0,27 – 0,30	10	33,33%	0,29	2,85
0,31 – 0,34	3	10,00%	0,33	0,98
0,35 – 0,38	1	3,33%	0,37	0,37
0,39 – 0,42	3	10,00%	0,41	1,22
Total	30	100,00%	1,83	8,35

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{8{,}35}{30}$

= 0,27 (Si)

B.6 ISTRIBUSI FREKUENSI *DUMPING*

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 0,19

Maximum = 0,40

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas =5,87 → 6

Interval kelas $= \frac{\text{Maxsimum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,03

Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi *Dumping*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,19 – 0,22	6	20,00%	0,21	1,23
0,23 – 0,26	7	23,33%	0,25	1,72
0,27 – 0,30	7	23,33%	0,29	2,00
0,31 – 0,34	5	16,67%	0,33	1,63
0,35 – 0,38	2	6,67%	0,37	0,73
0,39 – 0,42	3	10,00%	0,41	1,22
Total	30	100,00%	1,83	8,51

Sumber: Penulis,2025

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

$= \frac{7,81}{30}$

= 0,28 (Si)

B.7 DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING* KOSONG

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 5,10

Maximum = 6,51

Jumlah kelas = 1 + 3,3 log n

Jumlah kelas =5,87 → 6

Interval kelas $= \frac{\text{Maxsimum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}}$

Interval kelas = 0,23

Tabel B. 7 Distribusi Frekuensi *Hauling* Kosong

Kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
5,10 – 5,33	3	10,00%	5,22	15,64
5,34 – 5,57	3	10,00%	5,46	16,36
5,58 – 5,81	1	3,33%	5,70	5,695
5,82 – 6,05	2	6,67%	5,94	11,87
6,06 – 6,29	10	33,33%	6,18	61,75
6,30 – 6,53	11	36,66%	6,42	70,56
Total	30	100,00%	34,89	181,89

Sumber: Penulis, 2025

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

$= \frac{181,89}{30}$

= 6,06 (detik)

LAMPIRAN C. 1 SPESIFIKASI ALAT GALI MUAT

Sumber: Penulis, 2025

Gambar C.1 *Excavator* Sany Sy500h

1. Mesin dan performa:

Mesin	=	cummins
Tenaga mesin	=	298 kw (400 hp)
Kapasitas mesin	=	11,8 L
Kapasitas fuel	=	680 L
Berat operasional	=	51.750 kg (51,75 metrik ton)
Kapasitas bucket	=	2,5 m^3
Kapasitas bucket teoritis	=	3,0 m^3
Kekuatan bucket	=	287 Kn
Gaya menggali lengan	=	245 Kn
Kedalaman penggalian max	=	7.705 mm (25’3”)

2. Ukuran:

Panjang keseluruhan	=	12.103mm
Lebar keseluruhan	=	3.596mm
Tinggi keseluruhan	=	3.874 mm
Radius ayunan ekor	=	3.765 mm
Radius ayunan minimum	=	5.130 mm

3. Fitur utama:

Kecepatan perjalanan	= 5,4 km/jam
Pompa hidrolik utama	= piston aksial – perpindahan
variabel Tingkat kebisingan	= 72 db (A) didalam kabin
Kaki-kaki kendaraan	= rel baja
Fitur keselamatan	= kabin ROPS/FOPS, kamera belakang dan samping, alarm perjalanan

LAMPIRAN D. 1 SPESIFIKASI ALAT ANGKUT

Sumber: Penulis, 2025

Gambar D.1 *Dump Truck* Tonly Tl849

1. umum:

model	= TL849
jenis	= *Truk offroad*

berat mesin = 57 ton

massa total maksimum = 56 ton

2. mesin:

mesin = weichai

tenaga mesin = 430 tenaga kuda (316 kW)

torsi mesin = 1800 Nm

3. ukuran:

panjang = 8990 mm

lebar = 3250 mm

tinggi =3700 mm

jarak roda = 3600 + 1750 mm

4. fitur penting:

kapasitas *vessel* = 21 m^3/ 24,5 m^3 (ditumpuk)

kecepatan maksimum = 56 km/jam

kemampuan naik turun max = 31%

jarak mimimum ke tanah = 512 mm

dirancang untuk = medan yang terjal, tambang terbuka, dan proyek reklamasi lahan

LAMPIRAN E. 1 *FILL FACTOR* (FAKTOR PENGISIAN)

Sumber: Penulis, 2025

Gambar E.1. Faktor Pengisian

Perhitungan *fill factor* dapat diketahui dengan menggunakan rumus 3.3.

Diketahui:

Vn = 2,55 m^3

Vt = 3,0 m^3

Penyelesaian:

$$BFF = \frac{2,55}{3.0} \times 100\%$$

$$= 85\ \%$$

LAMPIRAN F. 1 *SWELL FACTOR* BATUBARA

Diketahui:

Loose density = 0,99

Density in bank = 1,3

Jadi:

Swell factor $= \frac{0,99}{1,3} \times 100\%$

$= 76\%$

LAMPIRAN G. 1 SPESIFIKASI *MOTOR GRADER*

Sumber: Penulis, 2025

Gambar G.1 Motor grader

Model	= STG230C-8S
Berat operasi	= 16.8 T
Daya ukur	= 180 kw
Dimensi keseluruhan	= 9340 x 2545 x 3350 mm
kecepatan maju	= 6/10/13/21/27/40 km/h
Kecepatan mundur	= 6/13/27 km/h
maks. Angkat di atas	= 470 mm maks.
Kedalaman perataan	= 630 mm
Model mesin	= Sany DO7S3-245E0
Pajang bilah	= 4270 (14ft) mm
Tinggia bilah	= 620 mm
Torsi puncak	= 885 NM