

**EVALUASI PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR* SANY SY550HD
DAN ADT VOLVO A60H PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN*
DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)
SUMATERA SELATAN**

TUGAS AKHIR



**RIZKI SAHRIYAL
2023310086**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

**EVALUASI PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR* SANY SY550HD
DAN ADT VOLVO A60H PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN*
DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL)
SUMATERA SELATAN**

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



**RIZKI SAHRIYAL
2023310086**

Dosen Pembimbing:

**Ridho Yovanda, S.T., M.T.
Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI PRODUKTIVITAS EXCAVATOR SANY SY330HD DAN ADT VOLVO A60H PADA PENGUPASAN OVERBURDEN DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL) SUMATERA SELATAN

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

RIZKI SAHRIYAL

2023310086

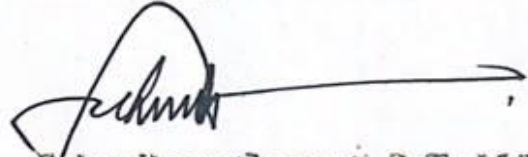
Prabumulih, 10 Agustus 2026

Pembimbing II

Pembimbing I



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283



Sahardiman Gumanti, S. T., M. T.
NUPTK. 7555748650200002

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

PALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H Pada Pengupasan *Overburden* di PT Lewatung Coal Lestari (LCL) Sumatera Selatan" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari Selasa, 28 Juli 2026, dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 10 Agustus 2026

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

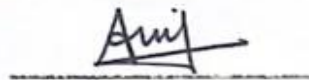
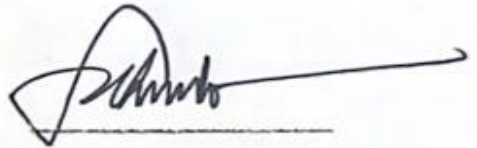
Ketua :

Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

Anggota :

1. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NUPTK. 7553748650200002

2. Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.
NUPTK. 3633756657230142



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM
NUPTK. 994475565130172

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Sahriyal

NIM : 2023310086

Program Studi : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa, tugas akhir ini benar-benar merupakan hasil karya saya dan tidak terdapat karya orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil *plagiasi*, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas perbuatan tersebut.

Prabumulih, 10 Agustus 2026

Yang Bersangkutan,



Rizki Sahriyal
2023310086

ABSTRAK

EVALUASI PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR* SANY SY550HD DAN ADT VOLVO A60H PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL) SUMATERA SELATAN

Rizki Sahriyal, 2023310086 2026

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi produktivitas alat gali muat *Excavator Sany SY550HD* dan alat angkut *ADT Volvo A60H* pada kegiatan pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari (LCL), Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Pengupasan *Overburden* merupakan tahapan penting dalam penambangan batubara metode tambang terbuka karena berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi. Penelitian ini menggunakan metode *observasi* lapangan dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data yang dianalisis meliputi *Cycle Time*, *bucket fill factor*, *swell factor*, efisiensi kerja, produktivitas alat, dan *match factor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *Cycle Time Excavator Sany SY550HD* sebesar 19,96 detik, sedangkan rata-rata *Cycle Time ADT Volvo A60H* sebesar 892,14 detik atau sekitar 15 menit. Nilai *bucket fill factor* sebesar 87%, *swell factor* sebesar 85%, dan efisiensi kerja sebesar 61%. Berdasarkan hasil perhitungan, produktivitas *Excavator Sany SY550HD* mencapai 252 BCM/jam, sedangkan produktivitas *ADT Volvo A60H* sebesar 480 BCM/jam. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa produktivitas alat masih dipengaruhi oleh kondisi *Front Loading* yang relatif sempit, kondisi jalan *Hauling* yang bergelombang dan licin, serta hambatan operasional yang mengurangi waktu kerja efektif. Nilai *match factor* sebesar 0,6 menunjukkan bahwa keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut belum optimal. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas dapat dilakukan melalui perbaikan kondisi *Front Loading*, pemeliharaan jalan *Hauling*, pengurangan waktu hambatan operasional, serta optimalisasi koordinasi antara alat gali muat dan alat angkut sehingga kegiatan pengupasan *Overburden* dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci: Produktivitas, *Excavator Sany SY550HD*, *ADT Volvo A60H*, Pengupasan *Overburden*, *Match factor*

ABSTRACT

EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF THE SANY SY550HD EXCAVATOR AND VOLVO A60H ARTICULATED DUMP TRUCK (ADT) IN OVERBURDEN REMOVAL AT PT LEMATANG COAL LESTARI (LCL) SOUTH SUMATERA

Rizki Sahriyal, 2023310086 2026

This study aims to evaluate the productivity of the Sany SY550HD Excavator as the loading equipment and the Volvo A60H Articulated Dump truck (ADT) as the Hauling equipment in the Overburden removal operation at PT Lematang Coal Lestari (LCL), Muara Enim Regency, South Sumatera Province. Overburden removal is a crucial stage in surface coal mining because it significantly affects the continuity of the mining process. This research employed a field observation method by collecting both primary and secondary data. The analyzed data included Cycle Time, bucket fill factor, swell factor, work efficiency, equipment productivity, and match factor. The results showed that the average Cycle Time of the Sany SY550HD Excavator was 19.96 seconds, while the average Cycle Time of the Volvo A60H ADT was 892.14 seconds or approximately 15 minutes. The bucket fill factor was 87%, the swell factor was 85%, and the work efficiency was 61%. Based on the calculations, the productivity of the Sany SY550HD Excavator reached 252 BCM/hour, whereas the productivity of the Volvo A60H ADT was 480 BCM/hour. The evaluation indicated that equipment productivity was influenced by the limited Front Loading area, uneven and slippery Hauling roads, and operational delays that reduced the effective working time. Furthermore, the match factor value of 0.6 indicated that the compatibility between the loading and Hauling equipment had not yet reached the optimum level. Therefore, improving the Front Loading area, maintaining the Hauling roads, reducing operational delays, and optimizing the coordination between the loading and Hauling equipment are recommended to enhance the effectiveness and efficiency of Overburden removal operations.

Keywords: productivity, Sany SY550HD Excavator, Volvo A60H ADT, Overburden removal, match factor

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H Pada Pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari (LCL) Sumatera Selatan.

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

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan. Sekaligus sebagai Pembimbing I.
4. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. sebagai Pembimbing II.
5. Ibu Rodiyah Nursani, S.T., M.T. sebagai Penguji
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
7. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Kepala Perusahaan, Pimpinan, dan seluruh Staf PT Lematang Coal Lestari yang telah memberikan izin dan membantu untuk melakukan penelitian.
9. Kedua orang tua penulis bapak Sahrul dan ibu Jumaisa yang aku banggakan dan aku sayangi, terima kasih selama ini telah merawat dan membesarkan saya dengan penuh kasih sayang dan penuh pengorbanan agar saya tumbuh dan mendapat pencapaian sampai saat ini, yang selalu memberikan semangat serta mendoakan saya agar selalu sukses. Kesuksesan dan segala hal baik untuk kedepannya akan penulis dapatkan karena untuk kalian berdua. Dan seluru keluarga saya yang telah memberikan suppot kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir sampai selesai.

10. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2023 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 sehingga membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 10 Agustus 2026

Rizki Sahriyal
2023310086



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	5
2.1.1 Sejarah Perusahaan	5
2.1.2 Izin Usaha pertambangan (IUP)	6
2.1.3 Struktur Organisasi	7
2.1.4 Lokasi Dan Kesampaian Daerah	8
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Penambangan Batubara	9
2.2.2 Lapisan Tanah Penutup (<i>Overburden</i>)	10
2.2.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	11
2.2.4 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	12
2.2.5 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Produktivitas Alat	14
2.2.6 Jenis Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	16
2.2.7 Efektivitas Waktu Kerja.....	18
2.2.8 <i>Swell Factor</i> (Faktor Pengembangan/Penggembungan).....	19
2.2.9 Faktor pengisian (<i>Fill Factor</i>).....	19

	Halaman
2.2.10 Keceratan Kerja Alat (<i>Match factor</i>)	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Lokasi Waktu Kegiatan Penelitian	22
3.2 Tahapan Penelitian	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Menghitung Produktivitas <i>Excavator</i> Sany Sy550hd dan ADT Volvo A60H	26
4.1.1 Perhitungan <i>Cycle Time Excavator</i> Sany SY550HD	26
4.1.2 Perhitungan <i>Cycle Time</i> ADT Volvo A60h	27
4.1.3 Penentuan <i>Bucket Fill Factor</i>	28
4.1.4 Efisiensi Kerja	29
4.1.5 Perhitungan Produktivitas <i>Excavator</i> Sany Sy550hd	31
4.1.6 Perhitungan produktivitas ADT Volvo A60H	31
4.2 Evaluasi Produktivitas <i>Excavator</i> Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H	32
4.2.1 Evaluasi Produktivitas <i>Excavator</i> Sany Sy550hd	32
4.2.2 Evaluasi Produktivitas ADT Volvo A60H	33
4.2.3 Evaluasi Keceratan Kerja Alat <i>Excavator</i> Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H	34
4.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas <i>Excavator</i> Sany SY550HD Dan ADT Volvo A60H	35
4.3.1 Kondisi <i>Front Loading</i>	35
4.3.2 Kondisi Jalan <i>Hauling</i>	35
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Wilayah Izin Usaha Penambangan	6
Gambar 2.2 Struktur Organisasi	7
Gambar 2.3 Peta Kesampaian Daerah	9
Gambar 2.4 <i>Excavator</i>	17
Gambar 2.5 <i>Articulated Dump truck</i> (ADT)	17
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	25
Gambar D.1 <i>Excavator</i> SANY SY550H.....	54
Gambar E.1 <i>Articulated Dump truck</i> VOLVO A60H (ADT)	55



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian	22
Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi <i>Cycle Time Excavator</i> Sany SY550HD	27
Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi <i>Cycle Time</i> ADT Volvo A60H	28
Tabel 4.3 Efisiensi Kerja	29
Tabel 4.4 Hambatan Kerja	30
Tabel A1. <i>Cycle Time Excavator</i> Sany Sy550hd	42
Tabel A2. Distribusi Frekuensi Digging excavator Sany Sy550hd	43
Tabel A3. Distribusi Frekuensi Swing Load excavator Sany Sy550hd	44
Tabel A4. Distribusi Frekuensi Dumping excavator Sany Sy550hd	45
Tabel A5. Distribusi Frekuensi Swing Empty excavator Sany Sy550hd	46
Tabel B1. Nilai <i>Cycle Time</i> ADT Volvo A60H	47
Tabel B2. Distribusi Frekuensi Wait To Load ADT Volvo A60H	48
Tabel B3. Distribusi Frekuensi Loading Time ADT Volvo A60H	49
Tabel B4. Distribusi Frekuensi Hauling Loaded ADT Volvo A60H	50
Tabel B5. Distribusi Frekuensi Dumping Time ADT Volvo A60H	50
Tabel B6. Distribusi Frekuensi Hauling Empty ADT Volvo A60H	51
Tabel B7. Distribusi Frekuensi Manuver Empty ADT Volvo A60H	52
Tabel C1. Swell Factor	53
Tabel D1. Spesifikasi Excavator Sany SY550HD	54
Tabel D2. Spesifikasi Articulated Dump truck (ADT)	55
Tabel F.1 Data Curah Hujan	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A <i>Cycle Time Excavator</i> SANY SY550HD	42
Lampiran B <i>Cycle Time Articulated Dump truck (ADT)</i> Volvo A60H.....	47
Lampiran C Swell Factor	53
Lampiran D Spesifikasi <i>Excavator</i> Sany SY550HD	54
Lampiran E Spesifikasi ADT Volpo A60H	55
Lampiran F Data Curah Hujan.....	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertambangan batubara menjadi salah satu pilar penyedia energi di Indonesia. Laporan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa batubara masih menyumbang lebih dari 60 persen bauran energi untuk kebutuhan listrik nasional dan industri, sehingga stabilitas produksi batubara memiliki dampak langsung terhadap ketahanan energi (Kementerian ESDM, 2023). Kebutuhan produksi yang terus meningkat mendorong perusahaan tambang untuk mengoptimalkan seluruh rangkaian operasi penambangan agar tetap efisien dan mampu memenuhi target produksi dalam batas biaya yang kompetitif. Efisiensi operasional menjadi semakin penting karena operasi tambang terbuka memiliki karakteristik biaya besar, ketergantungan tinggi pada peralatan mekanis, dan dinamika lapangan yang cepat berubah (International Energy Agency, 2023).

Kegiatan penambangan batubara secara terbuka tidak bisa dilakukan tanpa lebih dulu mengupas lapisan tanah penutup (*Overburden*) yang menutupi cadangan batubara. Tahap pengupasan *Overburden* merupakan fase awal yang sangat menentukan karena kelancaran akses terhadap lapisan batubara bergantung pada kecepatan dan volume material penutup yang berhasil dipindahkan. Semakin efisien proses pengupasan *Overburden*, semakin cepat kegiatan produksi batubara dapat dimulai dan semakin besar peluang perusahaan untuk mencapai target produksi yang telah ditetapkan (Sarmidi et al., 2023).

Overburden merupakan lapisan penutup batubara yang tersusun atas material tanpa nilai ekonomis langsung, seperti tanah, batuan, dan sedimen lainnya. Meskipun tidak bernilai jual, lapisan ini menyerap porsi waktu dan biaya operasional yang besar karena volumenya yang masif dan harus dipindahkan sebelum batubara dapat ditambang. Apabila pengupasan *Overburden* berlangsung secara tidak efisien, dampaknya akan muncul dalam bentuk keterlambatan proses operasional, pembengkakan biaya produksi, hingga kegagalan pencapaian target rasio kupas (*stripping ratio*) yang telah direncanakan perusahaan (Afrizal et al.,

2024). Dengan demikian, pengelolaan pengupasan *Overburden* tidak hanya menjadi persoalan teknis, tetapi juga berkaitan erat dengan aspek ekonomis dan keberlanjutan operasi tambang.

Praktik operasional pengupasan *Overburden* dilaksanakan melalui kerja terpadu antara alat gali muat dan alat angkut. Alat gali muat, seperti *excavator* atau *backhoe*, berfungsi menggali dan memuat material ke alat angkut, sedangkan alat angkut, seperti *dump truck*, bertugas memindahkan material dari *front* penambangan menuju lokasi pembuangan atau *disposal*. Kinerja kolaborasi kedua kelompok alat ini sangat menentukan kelancaran aliran material. Ketidakseimbangan jumlah unit, perbedaan kapasitas angkut, atau pengaturan waktu edar (*Cycle Time*) yang tidak serasi dapat menimbulkan waktu menganggur (*idle time*), antrean panjang saat pemuatan, maupun kondisi kelebihan muatan (*overloading*). Koordinasi yang tidak optimal pada sistem kerja tersebut akan menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya operasional per satuan volume *Overburden* (Ginting & Yuliana, 2021).

Evaluasi produktivitas alat berat yang digunakan diperlukan agar proses pengupasan *Overburden* dapat berjalan optimal, dibutuhkan evaluasi produktivitas dari alat berat yang digunakan. Produktivitas di sini mengacu pada kemampuan alat untuk memindahkan material dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam bcm/jam atau ton/jam. Evaluasi ini penting untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai kapasitas rencana, atau justru mengalami hambatan yang menyebabkan penurunan kinerja (Aminuddin et al., 2022).

Produktivitas dalam kegiatan operasional sangat dipengaruhi oleh sejumlah variabel kunci, seperti durasi siklus kerja (*Cycle Time*), kapasitas muat alat (*bucket capacity*), frekuensi *ritase*, serta jam kerja efektif dari peralatan yang digunakan. Pemantauan terhadap aspek-aspek ini memberikan gambaran menyeluruh bagi tim operasional dalam mengidentifikasi sumber-sumber utama yang menyebabkan menurunnya produktivitas. Melalui analisis tersebut, keputusan strategis dapat diambil secara lebih tepat, misalnya dengan melakukan perbaikan pada jalur *Hauling* yang kurang efisien, menyusun ulang pola kerja yang lebih optimal (Santoso et al., 2020). Dengan demikian, produktivitas tidak

semata-mata dipandang sebagai besaran keluaran, melainkan sebagai hasil interaksi berbagai faktor teknis dan manajerial.

Berdasarkan pentingnya efisiensi dalam kegiatan pengupasan *Overburden* serta peran krusial alat gali muat dan alat angkut dalam mendukung kelancaran produksi tambang, maka perlu dilakukan penelitian yang secara khusus berfokus pada evaluasi produktivitas kedua jenis alat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana produktivitas alat gali muat dan alat angkut berkontribusi terhadap capaian target pengupasan *Overburden* di area operasional PT Lematang Coal Lestari, Sumatera Selatan, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerja aktual di lapangan guna mendukung efisiensi operasional secara menyeluruh.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H Pada Pengupasan *Overburden* Di PT Lematang Coal Lestari (LCL)?
2. Bagaimana Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H di PT Lematang Coal Lestari (LCL) Terhadap Target Produksi Pengupasan *Overburden* Perusahaan?
3. Faktor Apa Saja yang Mempengaruhi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H PT Lematang Coal Lestari (LCL)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan di perusahaan tambang batubara di PT Lematang Coal Lestari (LCL) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H di PT Lematang Coal Lestari (LCL).
2. Mengevaluasi Produktivitas Aktual *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H Terhadap Target Produksi Pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari (LCL).

3. Mengetahui Factor yang Mempengaruhi Produktivitas Aktual *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H PT Lematang Coal Lestari

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan untuk meningkatkan pemahaman kita. Penelitian memberikan informasi dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Secara spesifik, manfaat penelitian di bidang apapun mencakup dua aspek, yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat secara akademik, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pertambangan, khususnya yang berkaitan dengan analisis produktivitas peralatan mekanis. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi atau bahan kajian untuk penelitian selanjutnya yang membahas kinerja alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *Overburden* di tambang batubara.

2. Manfaat Praktis

Manfaat secara praktis, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada perusahaan pertambangan, khususnya PT Lematang Coal Lestari, serta pihak terkait lainnya, mengenai nilai produktivitas aktual alat gali muat dan alat angkut. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan operasional guna meningkatkan efisiensi kerja dan pencapaian target produksi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah Pada Penelitian Ini Dibatasi Pada Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H yang Digunakan Dalam Kegiatan Pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari (LCL).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

2.1.1 Sejarah Perusahaan

PT Lematang *Coal* Lestari (LCL) merupakan perusahaan yang bergerak pada sektor pertambangan batubara dengan penerapan sistem penambangan terbuka (*open pit mining*). Perusahaan ini mulai dibentuk dan beroperasi pada rentang tahun 2007 hingga 2009, kemudian berkembang menjadi salah satu kontraktor pertambangan yang beroperasi di wilayah Sumatera Selatan, khususnya Kabupaten Muara Enim.

Pada fase awal pendiriannya, PT LCL difokuskan untuk mendukung kegiatan *eksplorasi* serta pengembangan potensi sumber daya batubara pada wilayah konsesi yang berada di Kecamatan Empat Petulai Dangku. Seiring berjalannya waktu, kegiatan perusahaan tidak lagi terbatas pada *eksplorasi*, melainkan juga memasuki tahap produksi atau eksploitasi guna mendukung kebutuhan energi nasional, terutama sebagai pemasok batubara untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Dalam proses pengembangan operasional, PT LCL memperluas ruang lingkup kegiatan sebagai kontraktor pertambangan yang menangani berbagai pekerjaan teknis, mulai dari pembukaan lahan, pengupasan tanah pucuk (*top soil*), hingga pengelolaan lapisan tanah penutup (*Overburden*). Aktivitas tersebut dilaksanakan pada beberapa lokasi kerja yang tersebar di wilayah Kabupaten Muara Enim.

Perkembangan perusahaan juga ditandai dengan perubahan struktur organisasi serta ekspansi area operasional. PT LCL turut menjalin kerja sama operasional dengan sejumlah pemegang izin usaha pertambangan di Sumatera Selatan, yang kemudian memperkuat peran perusahaan dalam rantai pasok industri batubara nasional.

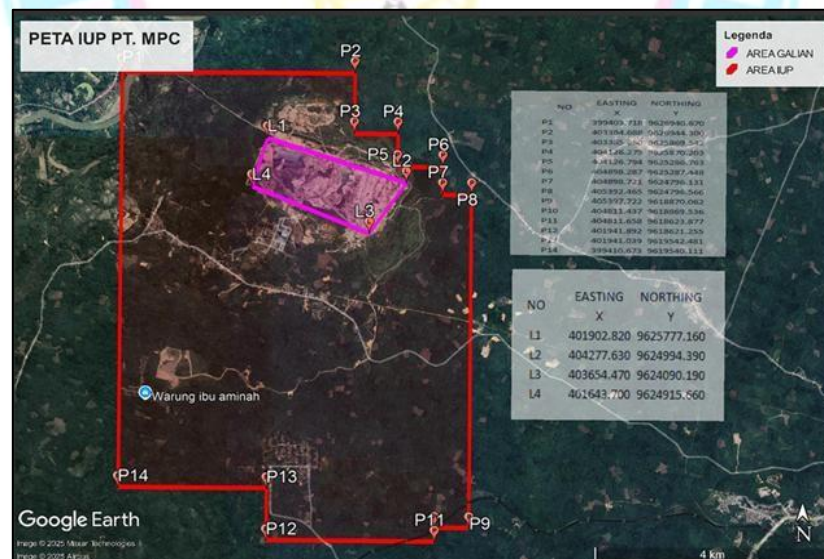
Dalam pelaksanaan kegiatan operasional, perusahaan menghadapi berbagai kondisi lapangan yang dinamis, baik yang berkaitan dengan aspek teknis penambangan maupun aspek lingkungan dan sosial.

Kondisi tersebut menjadi bagian dari proses penyesuaian perusahaan dalam menjalankan aktivitas pertambangan yang sesuai dengan ketentuan dan regulasi yang berlaku.

Hingga saat ini, PT Lematang *Coal* Lestari masih beroperasi sebagai perusahaan jasa kontraktor pertambangan batubara yang mendukung kegiatan produksi di beberapa lokasi kerja utama di wilayah Sumatera Selatan.

2.1.2 Izin Usaha pertambangan (IUP)

Peta Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT MPC menunjukkan batas wilayah izin pertambangan serta sebaran area kegiatan penambangan yang berada di dalam konsesi perusahaan. Peta tersebut disusun berdasarkan data citra satelit sehingga mampu memberikan gambaran kondisi aktual wilayah tambang di lapangan. Selain itu, peta IUP juga berfungsi sebagai acuan dalam pelaksanaan kegiatan *eksplorasi*, kegiatan penambangan, serta pengendalian batas wilayah agar seluruh aktivitas operasional tetap berada sesuai dengan ketentuan izin yang telah ditetapkan.



Sumber: PT Lematang Coal lestari, (2026)

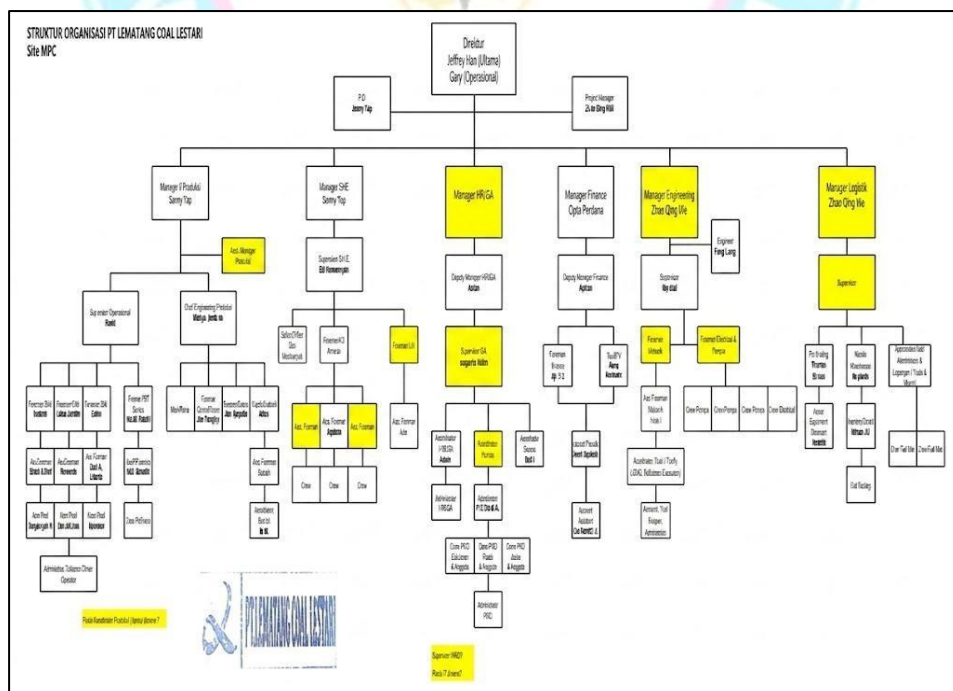
Gambar 2.1 wilayah Izin usaha Penambangan

wilayah IUP PT MPC dibatasi oleh titik-titik koordinat yang membentuk batas konsesi perusahaan. Di dalam area tersebut terdapat

beberapa lokasi penambangan aktif yang menjadi pusat kegiatan operasional tambang. Peta ini juga memperlihatkan jaringan jalan tambang serta kondisi lingkungan di sekitar area penambangan. Dengan adanya peta IUP, perusahaan dapat melakukan pengelolaan wilayah secara lebih terarah, meningkatkan pengawasan kegiatan operasional, serta menyusun perencanaan penambangan yang lebih efektif dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Gambar 2.1).

2.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka formal yang mengatur pembagian tugas, koordinasi, dan pola hubungan hierarki di dalam suatu entitas bisnis. PT Lematang Coal Lestari Site MPC, struktur organisasi dirancang untuk mengoptimalkan operasional penambangan batu bara yang membutuhkan pengawasan ketat, integrasi antar divisi, serta implementasi standar keselamatan kerja yang tinggi. Pengaturan ini memastikan adanya alur instruksi (*chain of command*) yang jelas dari level manajemen puncak hingga ke tingkat operasional lapangan.



Sumber: PT Lematang Coal lestari, (2026)

Gambar 2.2 Struktur Organisasi

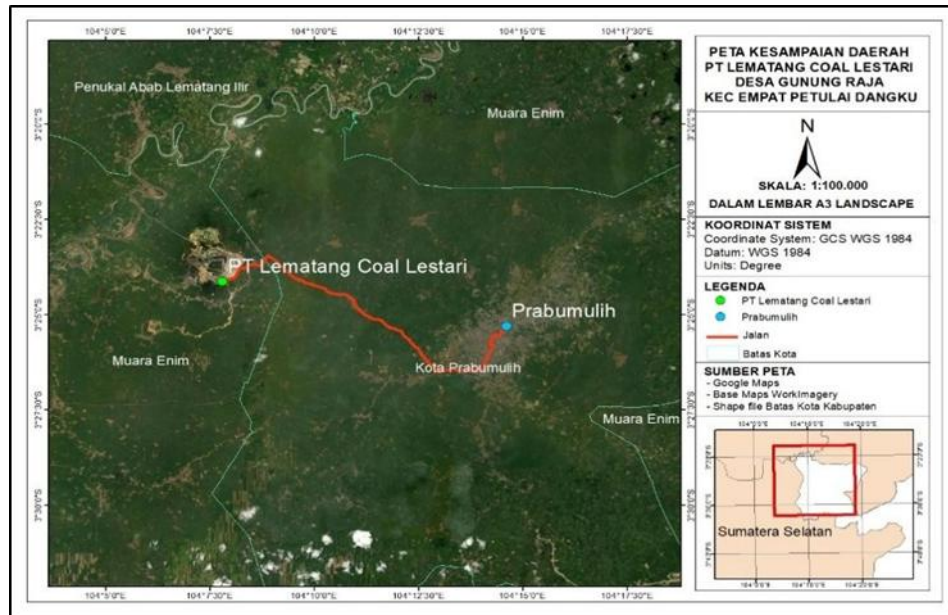
Dapat dilihat bahwa PT Lematang Coal Lestari *Site* MPC menerapkan struktur organisasi fungsional dengan garis komando yang tersentralisasi pada pucuk pimpinan tertinggi *site*, yaitu Direktur dan Project *Manager*. Pimpinan tertinggi membawahi langsung posisi strategis seperti P.D dan jajaran *Manager* yang memegang kendali penuh atas departemen-departemen spesifik di bawahnya. Struktur ini mencerminkan adanya pembagian wewenang tegas guna menghindari tumpang tindih fungsi kerja di area operasional pertambangan (Gambar 2.2).

2.1.4 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Aktivitas penelitian dilakukan di wilayah operasional PT Lematang Coal Lestari yang secara administratif terletak di Desa Gunung Raja, Kecamatan Empat Petulai Dangku, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Berdasarkan peta kesampaian daerah, lokasi penelitian berada pada Sistem Koordinat Geografis (GCS WGS 1984) dengan datum WGS 1984 serta satuan derajat. Secara astronomis, area konsesi berada pada posisi 3°22'30'' LS hingga 3°25'00'' LS serta 104°05'00'' BT hingga 104°07'30'' BT.

Secara administratif, lokasi tersebut berbatasan dengan Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir di bagian utara serta Kabupaten Muara Enim di bagian timur dan selatan, sehingga menunjukkan posisi wilayah yang strategis dalam kegiatan operasional tambang.

Akses menuju lokasi penelitian dapat ditempuh dari Kota Prabumulih melalui jalur darat utama ke arah barat daya dengan rute Jalan Lintas Gunung Kemala–Payuputat, dengan jarak tempuh sekitar 30–40 kilometer, lokasi penelitian berada pada wilayah operasional PT Lematang Coal Lestari yang secara administratif terletak di Desa Gunung Raja, Kecamatan Empat Petulai Dangku, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.



Sumber: Penulis, (2026)

Gambar 2.3 Peta Kesampaian Daerah

Peta tersebut menunjukkan posisi geografis area konsesi pada rentang koordinat lintang selatan dan bujur timur serta keterkaitannya dengan wilayah administratif di sekitarnya. Selain itu, peta juga memperlihatkan aksesibilitas menuju lokasi penelitian dari Kota Prabumulih sebagai titik referensi utama yang terhubung melalui jaringan jalan darat menuju area operasional tambang (Gambar 2.3).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Penambangan Batubara

Penambangan batubara merupakan salah satu kegiatan utama dalam industri pertambangan yang bertujuan untuk mengambil cadangan batubara dari dalam bumi. Metode yang paling umum digunakan di Indonesia adalah tambang terbuka (*open pit mining*), karena banyak cadangan batubara yang berada di lapisan dangkal. Metode ini dianggap lebih efisien dan ekonomis dibandingkan tambang bawah tanah, terutama dalam hal biaya produksi dan aksesibilitas material (Nugroho et al., 2021).

Tahapan dalam penambangan batubara terbuka umumnya meliputi pembukaan lahan, pengupasan tanah penutup (*Overburden*), penggalian

batubara, pengangkutan, hingga penimbunan kembali atau reklamasi. Dari tahapan tersebut, pengupasan *Overburden* memiliki peran penting karena menjadi langkah awal yang menentukan kelancaran proses penambangan berikutnya. Jika proses ini tidak berjalan optimal, maka penggalian batubara akan tertunda dan target produksi dapat terganggu (Ismail & Haeruddin, 2023).

Pelaksanaan kegiatan penambangan batubara membutuhkan kombinasi alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, dan *dump truck*. Pemilihan alat yang tepat serta pengaturan sistem kerja yang efisien sangat menentukan produktivitas tambang. Selain aspek teknis, kegiatan ini juga harus memperhatikan aspek lingkungan, seperti pengelolaan limbah, debu, dan reklamasi lahan bekas tambang agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap masyarakat sekitar (Pratiwi et al., 2023).

2.2.2 Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*)

Lapisan tanah penutup atau *Overburden* merupakan lapisan material berupa tanah dan batuan yang menutupi cadangan batubara. Material ini tidak memiliki nilai ekonomis secara langsung, namun harus dikupas terlebih dahulu agar proses penambangan bisa dilakukan. Dalam kegiatan tambang terbuka, pengelolaan *Overburden* sangat penting karena menyangkut biaya operasional, efisiensi kerja alat berat, dan juga perencanaan tambang secara keseluruhan (Oemiati & Revisdah, 2020).

Karakteristik dari *Overburden* berbeda-beda tergantung lokasi tambang. Ada yang berupa tanah lempung, pasir, hingga batuan keras. Setiap jenis material tentu membutuhkan penanganan dan metode pengupasan yang berbeda. Di sinilah pentingnya data geoteknik, seperti nilai kohesi dan sudut geser, untuk menentukan stabilitas lereng dan desain penggalian yang aman dan efisien (Muhamad & Yuliadi, 2024).

Jumlah dan ketebalan *Overburden* juga berpengaruh terhadap kebutuhan alat berat. Semakin besar volume material yang harus dikupas, maka semakin tinggi pula beban kerja alat gali muat dan alat angkut yang digunakan. Hal ini akan berdampak pada produktivitas kerja alat serta waktu

yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan di area tertentu (Santoso, 2024).

Overburden juga perlu ditimbun di area yang aman, seperti *in-pit dump* atau *ex-pit dump*. Perencanaan lokasi pembuangan *Overburden* ini harus mempertimbangkan jarak angkut dan kondisi lereng agar tidak terjadi longsor atau gangguan lainnya terhadap operasi tambang (Pradani & Jayaputra, 2024).

2.2.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Berdasarkan kajian Isgianda *et.al* (2018) yang dikutip dalam Saputro *et.al* (2026), produktivitas mekanis pada pengupasan *Overburden* terbagi menjadi dua komponen utama, yaitu produktivitas tenaga kerja dan produktivitas alat berat. Produktivitas tenaga kerja mengharuskan perhitungan kebutuhan sumber daya manusia yang tepat, meliputi operator alat berat bersertifikat, tenaga teknik berpendidikan tinggi untuk supervisi, serta personel pendukung lainnya, sehingga memerlukan perencanaan matang agar pelaksanaan dapat berjalan lancar dan aman. Sementara itu, produktivitas alat berat mencerminkan batas maksimum kemampuan mekanis alat yang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan, keterampilan, dan tingkat pemanfaatan tenaga kerja. Alat gali muat berfungsi memindahkan material *Overburden* dari front penambangan ke dalam bak *articulated dump truck* (ADT) atau *off-highway truck* untuk selanjutnya diangkut ke *disposal area*, dengan kapasitas produksinya ditentukan melalui rumus baku yang mempertimbangkan volume *bucket*, faktor isi, *Swell Factor*, efisiensi kerja, serta waktu siklus muat.

Untuk mencari kemampuan produktivitas alat gali muat dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = \frac{3600}{C_{tm}} \times q \times E \times Sf \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q = \frac{3600}{C_{tm}} \times (q_1 \times k) E \times Sf \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Q = kapasitas produksi alat gali muat (bcm/jam)

Q = Kapasitas *bucket* alat gali muat (m^3)

q_1 = Kapasitas munjung *bucket* (m^3)

E = Efisiensi optimal (%)

SF = *Swell Factor*

CT_m = *Cycle Time* Alat muat (detik)

Untuk mencari kemampuan produktivitas alat angkut dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = \frac{3600}{C_{ta}} \times q \times E \times S \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Q = \frac{3600}{C_{ta}} \times (q_1 \times k) E \times Sf \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas produksi alat angkut (bcm/jam)

q = Kapasitas *bucket* alat angkut (m^3)

q_1 = Kapasitas munjung *bucket* (m^3)

E = Efisiensi optimal (%)

SF = *Swell Factor*

CT_a = *Cycle Time* Alat angkut (detik)

2.2.4 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Setiap alat berat memiliki kemampuan untuk mengangkut material setiap siklus operasional. Siklus kerja merupakan urutan gerakan yang dijalankan oleh mekanisme dari posisi awal sampai kembali ke posisi dari permulaan. Mengenai durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus aktivitas kerja alat mekanis disebut sebagai waktu eda (Sarmidi et al., 2023).

2.2.4.1. Waktu Edar Alat Gali Muat (CT_m)

Waktu edar alat muat mengacu pada durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus pemuatan, yang dimulai dari proses menggali material hingga penumpahan material ke dalam alat angkut

dan berakhir dengan kembali ke kondisi awal dengan mangkuk alat muat kosong (*bucket*)(Sarmidi et al., 2023).

Rumus untuk menghitung waktu edar adalah sebagai berikut:

$$C_{tm} = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

C_{tm} = Waktu edar alat muat (detik)

T_{m1} = Waktu menggali material (detik)

T_{m2} = Waktu putar dengan *bucket* terisi (detik)

T_{m3} = Waktu menumpahkan muatan (detik)

T_{m4} = Waktu putar dengan *bucket* kosong (detik)

2.2.4.2. Waktu Edar Alat Angkut (C_{ta})

Waktu edar alat angkut adalah waktu satu siklus pengangkutan yang diawali dari waktu kegiatan mengatur posisi untuk pemuatan, waktu pemuatan, waktu mengangkut material, waktu menunggu penumpahan, waktu penumpahan dan waktu kembali dalam kondisi kosong(Sarmidi et al., 2023).

Rumus untuk menghitung waktu siklus edar alat angkut adalah:

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

C_{ta} = Waktu edar alat angkut (menit)

T_{a1} = Waktu mengambil untuk posisi untuk dimuati (menit)

T_{a2} = Waktu diisi muatan (menit)

T_{a3} = Waktu mengangkut muatan (muatan)

T_{a4} = Waktu mengambil posisi untuk menumpahkan (menit)

T_{a5} = Waktu pengosongan muatan (menit)

T_{a6} = Waktu kembali kosong (menit)

2.2.5 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Produktivitas Alat

Merencanakan penggunaan alat mekanis dalam pengupasan *Overburden* dan memperkirakan waktu kerja efektif serta estimasi produksi yang akurat, penting untuk memperhitungkan seluruh faktor pembatas dengan cermat. Mardiyanto (2017), sebagaimana dikutip oleh Saputro et al. (2026), mengelompokkan faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas alat sebagai berikut:

1. Ketersediaan Alat

Ketersediaan alat mengacu pada seberapa besar porsi waktu alat dapat digunakan secara efektif untuk berproduksi. Beberapa jenis ketersediaan alat yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pertambahan adalah sebagai berikut:

a. Ketersediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

Ketersediaan mekanis menunjukkan seberapa sering alat dapat beroperasi tanpa gangguan, dengan memperhitungkan waktu yang hilang karena perbaikan, perawatan, atau kerusakan mesin. Jika ketersediaan mekanis rendah, ini berarti kondisi alat tidak optimal, dengan tingkat perbaikan tinggi, dan alat lebih sering digunakan hanya sebagai cadangan.

b. Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

Ketersediaan fisik mencakup faktor-faktor eksternal yang menghambat operasional alat, seperti kerusakan infrastruktur, cuaca buruk (seperti hujan lebat atau kabut tebal), atau kondisi lingkungan lainnya yang tidak dapat diprediksi. Faktor-faktor ini sering kali mempengaruhi produktivitas alat, terutama pada musim hujan di daerah seperti Sumatera dan Kalimantan.

b. Pemanfaatan Ketersediaan (*Use of Availability*)

Pemanfaatan ketersediaan mengukur sejauh mana alat yang tersedia digunakan secara efektif untuk kegiatan produksi. Ini dihitung dengan membandingkan waktu operasional efektif dengan waktu alat tersedia. Jika persentase penggunaan rendah, ini menunjukkan bahwa alat yang siap digunakan tidak

dimanfaatkan secara maksimal, yang menjadi indikasi ketidakefisienan dalam pengelolaan alat.

c. Waktu kerja efektif (*Effective Utilization*)

Waktu kerja efektif menggambarkan sejauh mana waktu yang tersedia dapat digunakan untuk kegiatan yang produktif. Ini mengukur tingkat efisiensi penggunaan waktu alat, yang penting untuk memaksimalkan hasil kerja dan meminimalkan pemborosan waktu.

2. Kondisi Cuaca

Keadaan cuaca memengaruhi kerja alat mekanis seperti:

- a. Pada musim kemarau, banyak debu yang beterbangan, yang dapat mengganggu operator peralatan mekanis karena jarak pandang yang terbatas. Hal ini menyebabkan alat tidak dapat bergerak dengan bebas, sehingga waktu edar menjadi lebih lama dan efisiensi kerja alat berkurang.
- b. Pada musim hujan, jalan menjadi berlumpur dan menghalangi alat mekanis untuk bergerak. Alat mekanis yang menggunakan ban karet sering mengalami selip atau bahkan terbenam dalam lumpur. Oleh karena itu, cuaca yang buruk dapat mengurangi efisiensi alat mekanis, seperti meningkatkan tingkat keausan ban, yang pada gilirannya menurunkan tingkat produksi.

3. Kondisi Jalan Tambang

Jalan tambang atau jalan produksi adalah jalan yang terdapat di area penambangan atau proyek yang digunakan oleh alat mekanis dan unit penunjang lainnya untuk kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang penambangan lainnya. Kondisi jalan yang baik sangat penting untuk kelancaran operasional alat mekanis dan untuk meminimalkan waktu yang terbuang.

4. Efisiensi Operator

Faktor manusia yang mengoperasikan alat mekanis sangat memengaruhi efisiensi kerja alat. Efisiensi operator sulit diukur

secara akurat karena dapat bervariasi dari hari ke hari, bahkan dari jam ke jam, tergantung pada berbagai faktor seperti keadaan jalan, cuaca, kondisi alat, dan suasana kerja. Kadang-kadang, insentif dapat meningkatkan produktivitas operator. Selain itu, faktor lain seperti kebutuhan untuk melumasi kendaraan, membersihkan bagian penting alat setelah beberapa jam penggunaan, dan menunggu perbaikan jalan juga memengaruhi efisiensi operator.

5. Faktor Material

Lapisan tanah penutup (*Overburden*) adalah lapisan tanah atau batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga. Lapisan ini perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum menggali bahan galian yang bernilai ekonomis.

2.2.6 Jenis Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Kegiatan penambangan batubara terbuka, terutama pada proses pengupasan lapisan tanah penutup (*Overburden*), peran alat berat sangat penting untuk mendukung produktivitas operasional. Sistem kerja yang umum diterapkan melibatkan kombinasi antara alat gali muat dan alat angkut. Alat gali muat bertugas mengambil material dari front kerja dan memuatkannya ke alat angkut, sedangkan alat angkut memindahkan material tersebut menuju tempat pembuangan (*waste dump*). Efisiensi kerja sangat ditentukan oleh faktor seperti kondisi jalan angkut, waktu siklus kerja (*Cycle Time*), *bucket fill factor*, serta keserasian jumlah unit alat (*match factor*). Ketidakseimbangan jumlah alat dapat menyebabkan waktu tunggu, baik pada alat gali muat maupun alat angkut (Delti et.al 2026).

1. Alat Gali Muat

Alat gali muat adalah alat berat yang digunakan untuk menggali dan memuat material hasil pengupasan *Overburden* ke dalam alat angkut. Jenis yang umum digunakan di tambang terbuka adalah *excavator* dan *hydraulic shovel*, yang dipilih berdasarkan kapasitas, *fleksibilitas*, dan medan kerja.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 2.4 *Excavator*

Dalam salah satu studi kasus di industri tambang batubara, *excavator* tipe besar seperti Komatsu PC 1250 dilaporkan mampu mencapai produktivitas hingga 542,029 bcm/jam dengan rata-rata waktu siklus 22,29 detik (Gambar 2.1).

2. Alat Angkut

Alat angkut berfungsi untuk memindahkan material hasil gali muat ke lokasi pembuangan. Umumnya digunakan *Articulated Dump truck* (ADT) dan *dump truck*.



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 2.5 *Articulated Dump truck (ADT)*

Dalam studi yang sama, alat angkut jenis OHT seperti Komatsu 785 mencapai produktivitas sekitar 103,617 bcm/jam. Penyesuaian jumlah unit sangat penting untuk menjaga efisiensi dan mencapai *Match factor* ideal (Gambar 2.3).

2.2.7 Efektivitas Waktu Kerja

Waktu kerja efektif adalah dimana waktu kerja operator dan alat benar benar beroperasi atau berproduksi. Waktu kerja efektif ini adalah hasil dari waktu kerja tersedia yang telah dikurangi oleh waktu hambatan terdiri dari waktu hambatan dapat dihindari dan waktu hambatan yang tidak dapat dihindari. Waktu kerja efektif berpengaruh terhadap efisiensi kerja alat. Tetapi pada kenyataan waktu kerja efektif dipengaruhi oleh faktor-faktor ketersediaan alat itu sendiri sedangkan faktor-faktor kesediaan alat ini dipengaruhi oleh waktu hambatan antara lain:

1. Waktu hambatan dapat dihindari, meliputi:
 - a. Keterlambatan operator
 - b. Berhenti bekerja lebih awal
 - c. Istirahat lebih awal
 - d. Istirahat melawati jam istirahat
 - e. Pengecekan alat dan pemanasan mesin
2. Waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, meliputi:
 - a. Pengisian bahan bakar
 - b. Alat mengalami masalah
 - c. Kondisi cuaca yang kurang baik

Menurut Harianto et al. (2021), efisiensi kerja merupakan penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Efisiensi kerja juga terkait akan dengan produktivitas kerja yang merupakan suatu perbandingan antara hasil yang di capai (*output*) dengan keseluruhan sumber daya yang diperlukan (*input*).

Adapun rumus persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Wke = Wkt - Wht \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Eff} = \frac{W_{ke}}{W_{kt}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

W_{ke} = waktu kerja efektif, menit

W_{kt} = waktu kerja tersedia, menit

W_{ht} = waktu hambatan, menit

Eff = Efisiensi kerja (%)

2.2.8 *Swell Factor* (Faktor Pengembangan/Penggembungan)

Swell factor adalah rasio antara volume material setelah digali (*loose volume*) dengan volume material pada kondisi aslinya di dalam tanah (*bank volume*) atau dinyatakan sebagai persentase peningkatan volume akibat hilangnya kepadatan dan kekompakan material setelah proses penggalian dan peledakan. Menurut Saputra et al. (2026), *swell factor* dihitung berdasarkan perbandingan densitas bank (*in-situ*) dengan densitas *loose* dengan rumus:

$$\text{SF} = \frac{V_{insitu}}{V_{loose}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

V_{insitu} = Volume material keadaan asli di alam (bcm)

V_{loose} = Volume material keadaan lepas (lcm)

2.2.9 Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Fill factor adalah rasio yang menunjukkan seberapa penuh *bucket* alat gali muat dalam setiap siklus operasionalnya, yang berpengaruh langsung terhadap produktivitas alat tersebut. Semakin tinggi nilai *fill factor*, semakin banyak material yang dipindahkan dalam satu siklus, yang tentunya akan meningkatkan produktivitas alat gali muat. *Fill factor* yang rendah menunjukkan bahwa *bucket* tidak terisi secara maksimal, yang menyebabkan penurunan produktivitas alat dan meningkatkan waktu siklus secara

keseluruhan (Sarmidi et al., 2023). Untuk menghitung *fill factor*, dapat digunakan rumus berikut:

$$Fp = \frac{V_n}{V_b} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

Fp = faktor pengisian atau *fill factor*, %

Vn = kapasitas nyata alat, m³

Vb = kapasitas baku alat, m³

2.2.10 Kecerasian Kerja Alat (*Match factor*)

Match factor merupakan persamaan sistematis yang digunakan untuk memastikan tingkat kesesuaian antara alat gali muat dan alat angkut dalam operasi penggalian, pemuatan, dan pengangkutan. Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui faktor mana dari proses pasangan pemuatan (*loading*) dan pembuangan (*dumping*) yang memberikan pengaruh terhadap operasi penambangan. Ini dapat dikatakan serasi dan optimal ketika tingkat produktivitas kedua alat setara (Arrofah et al., 2020)

Kecerasian alat gali muat dan alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MF = \frac{Na \times n \times Ctm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

Na = Jumlah alat angkut

Nm = Jumlah alat gali muat

n = Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut

Cta = Waktu Siklus alat angkut (menit)

Ctm = Waktu Siklus alat gali muat (menit)

MF = *Match factor*

Menurut Saputro et al. (2026), cara menilai *Match factor* (MF) adalah sebagai berikut:

1. $MF < 1$, artinya alat muat bekerja kurang dari 100% sedangkan alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
2. $MF = 1$, artinya alat gali muat dan alat angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu.
3. $MF > 1$, artinya alat gali muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Waktu Kegiatan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Lematang *Coal* Lestari yang secara administratif berada di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 1 bulan, dimulai pada bulan Februari sampai dengan Maret 2026. Kegiatan penelitian meliputi observasi lapangan, , pengumpulan data, pengolahan data, evaluasi data, hingga konsultasi dan bimbingan Jadwal rencana kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal pelaksanaan							
		2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi Lapangan								
2	Pengumpulan Data Penelitian								
3	Pengolahan dan Evaluasi Data								
4	Konsultasi dan Bimbingan								

Sumber: Penulis (2026)

Tabel 3.1 menunjukkan rencana pelaksanaan penelitian ini adalah selama 1 bulan, yaitu mulai dari bulan Februari sampai dengan Maret 2026, Rencana pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan secara jelas.

3.2 Tahapan Penelitian

Metode yang penulis gunakan untuk mengambil data yang dibutuhkan untuk keperluan penyelesaian tugas akhir ini:

1. Observasi lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung. Tujuan dari observasi langsung untuk

mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir. Data dapat berupa data primer dan data sekunder.

2. Pengambilan data

Menyatakan bahwa pengambilan data bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Tujuan yang ingin dicapai berkaitan dengan jenis alat yang digunakan dan korelasi yang terjadi pada perusahaan data yang diambil pada saat rencana penelitian dapat dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder sebagai berikut.

- a. Data Primer, merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli atau pihak pertama. Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan langsung ke lapangan yang meliputi :
 - 1) Waktu edar (*Cycle Time*) alat gali muat.
 - 2) Waktu edar (*Cycle Time*) alat angkut.
 - 3) Jarak dari *front* penambangan ke *disposal*.
 - 4) Jumlah unit dari alat gali muat dan alat angkut.
- b. Data Sekunder, pada umumnya berupa bukti, catatan, atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip perusahaan, meliputi:
 - 1) Spesifikasi alat gali muat dan alat angkut dari *handbook* perusahaan.
 - 2) Peta lokasi dan topografi.
 - 3) Peta Geologi
 - 4) Curah ujan.
 - 5) Peta IUP (Izin Usaha Penambangan)

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu:

- a. Studi pustaka, yaitu mengumpulkan data yang dibutuhkan dengan membaca buku literatur yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas dalam penelitian sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam pemecahan masalah.
- b. Studi lapangan, yaitu mengumpulkan data yang dibutuhkan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan.

4. Evaluasi Hasil Pengolahan Data

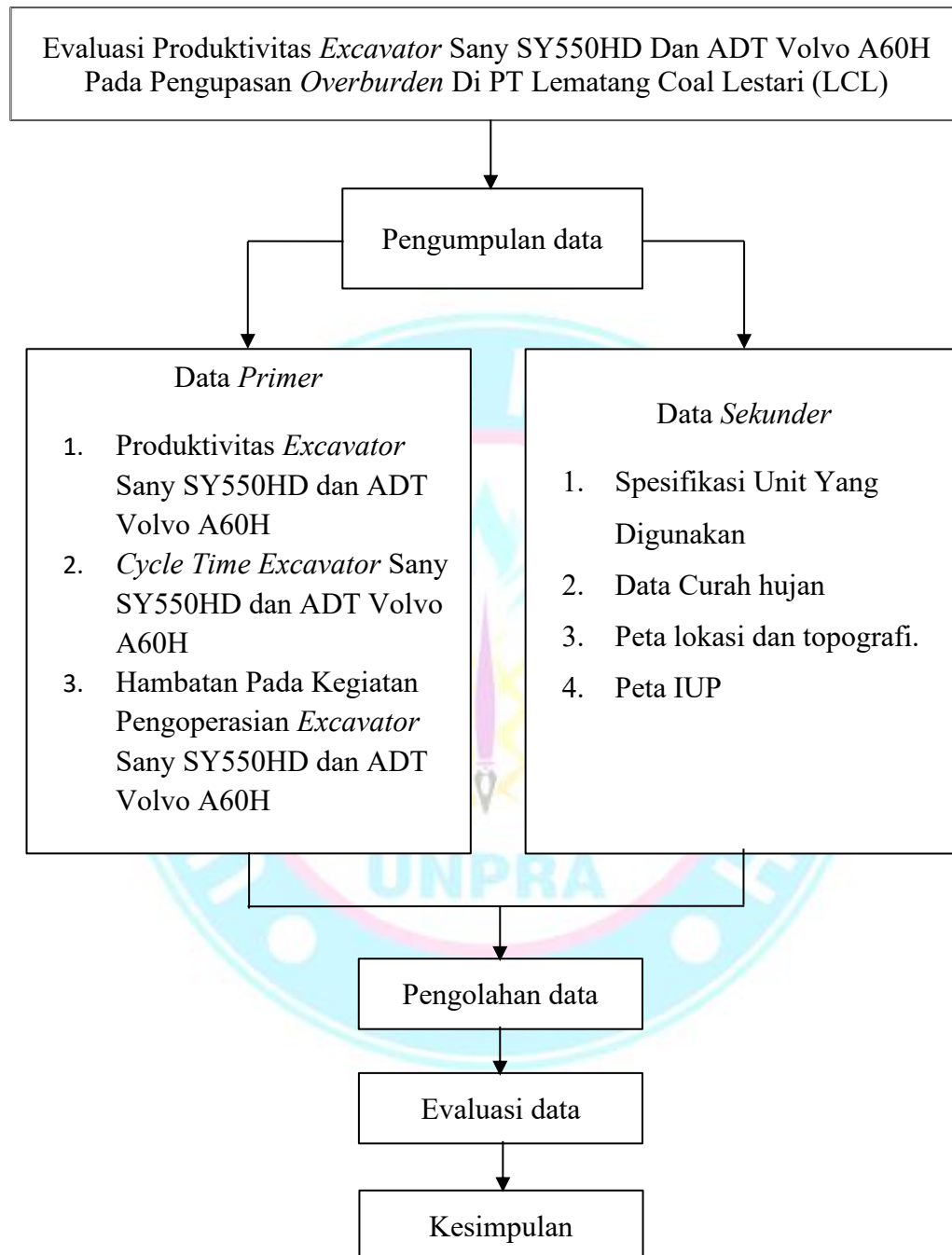
Teknik evaluasi data adalah teknik yang dibutuhkan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan untuk kebutuhan penelitian agar mendapatkan suatu evaluasi dan kesimpulan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan 2 tahapan untuk evaluasi dan pengolahan data:

- a. Perhitungan produktivitas masing-masing alat berat dari data-data *Cycle Time*, efisiensi kerja alat dan lainnya dikumpulkan dan dikalkulasikan sehingga didapatkan besaran produktivitas masing-masing alat berat untuk kemudian dihitung besaran produksinya.
- b. Evaluasi Pemilihan Alternatif terbaik Setelah didapatkan beberapa alternatif yang layak secara ekonomis, maka harus dilakukan pemilihan alternatif terbaik yang menguntungkan untuk perusahaan.

5. Kesimpulan

Dilakukan dengan tujuan agar dapat memperoleh kesimpulan sementara. Kemudian kesimpulan sementara akan diolah lebih lanjut pada bagian pembahasan. Kesimpulan ini merupakan hasil akhir untuk dijadikan acuan dari semua masalah yang akan dibahas.

3.3 Bagan Alir Penelitian



Sumber: Penulis (2026)

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian (Gambar 3.1).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas *Excavator* Sany Sy550hd dan ADT Volvo A60H

4.1.1 Perhitungan *Cycle Time* *Excavator* Sany SY550HD

Produktivitas *Excavator* Sany Sy550hd dihitung berdasarkan data aktual yang diperoleh melalui pengamatan langsung selama kegiatan penelitian berlangsung. Salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan produktivitas adalah *Cycle Time*, yaitu waktu yang diperlukan *excavator* untuk menyelesaikan satu siklus kerja secara lengkap. Siklus tersebut meliputi kegiatan penggalian material (*digging*), ayunan *bucket* bermuatan (*loaded swing*), penumpahan material ke dalam bak AST Volvo A60H (*dumping*), serta ayunan *bucket* kembali ke posisi awal (*empty swing*). Nilai *Cycle Time* yang diperoleh akan menjadi dasar dalam menentukan kemampuan produksi *excavator* selama satu jam kerja efektif.

Cycle Time excavator Sany Sy550hd dapat dilihat dari perhitungan berikut:

Jumlah data	= 30 (Lampiran A)
Nilai data Minimum (Nmin)	= 17.06
Nilai data Maksimal (Nmax)	= 23.03
Jumlah Kelas (K)	= $1 + 3,3 \log n$ = 5,87 (dibulatkan menjadi 6)
Jumlah Kelas (K)	= 6
Interval Kelas (i)	$\frac{N_{\max} - N_{\min}}{K}$ $\frac{23,03 - 17,06}{6}$
Interval Kelas (i)	= 1

Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi *Cycle Time Excavator* Sany SY550HD

kelas		frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
17.06	18.06	1	3.3%	17.56	17.56
18.06	19.06	6	20.0%	18.56	111.35
19.06	20.06	9	30.0%	19.56	176.02
20.06	21.06	9	30.0%	20.56	185.02
21.06	22.06	4	13.3%	21.56	86.23
22.06	23.06	1	3.3%	22.56	22.56
Total		30	100.0%	120.35	598.7

Sumber: Penulis (2026)

Nilai rata rata dari *Cycle Time excavator* Sany Sy550hd adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{598.7}{30}$$

$$CT = 19.96 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan di atas dapat menyimpulkan besarnya *Cycle Time excavator* Sany Sy550hd yaitu 19.96 detik *Cycle Time excavator* Sany Sy550hd selengkapnya bisa di lihat pada Lampiran A.

4.1.2 Perhitungan *Cycle Time* ADT Volvo A60h

Cycle Time alat angkut ADT Volvo A60h dapat dijelaskan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Jumlah data (n)} = 30$$

$$\text{Nilai data minimum (Nmin)} = 829.08$$

$$\text{Nilai data maximum (Nmax)} = 941.46$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kelas (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 5.87 = 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval Kelas (i)} &= \frac{N_{\max} - N_{\min}}{K} \\ &= \frac{941.46 - 829.08}{6} \end{aligned}$$

$$\text{Interval kelas (i)} = 18.73 \text{ detik}$$

Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi *Cycle Time* ADT Volvo A60H

kelas		frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
829.08	847.81	1	3.33%	838.45	838.4
847.81	866.54	2	6.67%	857.18	1714.4
866.54	885.27	9	30.00%	875.91	7883.1
885.27	904.00	10	33.33%	894.64	8946.4
904	922.73	4	13.33%	913.37	3653.5
922.73	941.46	4	13.33%	932.10	3728.4
Total		30	100.00%	5311.62	26764.1

Sumber: Penulis (2026)

Nilai rata rata dari *Cycle Time* ADT Volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{26764.1}{30}$$

$$CT = 892.14 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan diatas dapat menyimpulkan *cycle* ADT Volvo A60H 892.14 detik atau bisa dikonversikan ke menit menjadi 15 menit. *Cycle Time* ADT Volvo A60H selengkapanya bisa dilihat pada (Lampiran B).

4.1.3 Penentuan *Bucket Fill Factor*

Pada kegiatan pengupasan *Overburden* di area *front* Pit LCL, alat gali muat yang dioperasikan adalah *Excavator* Sany Sy550hd dengan kapasitas *bucket* sebesar 3,1 m³ (Lampiran A). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, volume material yang dapat dimuat dalam satu siklus rata-rata mencapai 2,7 m³, sehingga nilai *bucket fill factor* yang diperoleh adalah sekitar 87%. Material hasil penggalian selanjutnya dimuat ke dalam ADT Volvo A60H yang memiliki kapasitas vessel sebesar 33,6 m³, dengan kapasitas tersebut, diperlukan sekitar 8 kali passing untuk mengisi satu unit alat angkut hingga kapasitas yang direncanakan. Adapun perhitungan nilai *bucket fill factor* dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume nyata alat gali muat} &= 2,7 \text{ m}^3 \\ \text{Volume pada spesifikasi alat} &= 3,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BFF} &= \frac{\text{Volume nyata}}{\text{Volume alat}} \dots\dots\dots (4.1). \\
 &= \frac{2,7}{3,1} \times 100\% \\
 &= 87 \%
 \end{aligned}$$

4.1.4 Efisiensi Kerja

Perhitungan efisiensi kerja pada penelitian ini dilakukan berdasarkan data waktu kerja *excavator* Sany Sy550hd dan ADT Volvo A60H selama kegiatan operasional di area Pit LCL. Data yang digunakan meliputi jadwal kerja, waktu kerja tersedia, serta berbagai hambatan yang terjadi selama proses pengupasan *Overburden*. Hambatan tersebut terdiri atas hambatan yang dapat dihindari, seperti keterlambatan operator dan waktu istirahat yang melebihi ketentuan, serta hambatan yang tidak dapat dihindari, seperti kegiatan refuelling, inspeksi unit, kondisi jalan angkut yang licin, perbaikan front penambangan, maupun gangguan operasional lainnya.

Data waktu kerja yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung waktu kerja efektif dengan mengurangi total waktu kerja yang tersedia terhadap total waktu hambatan. Nilai waktu kerja efektif tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan efisiensi kerja untuk menentukan produktivitas *excavator* Sany Sy550hd dan ADT Volvo A60H. Hasil perhitungan efisiensi kerja disajikan pada Tabel 4.3, sedangkan rincian hambatan kerja selama penelitian ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Efisiensi Kerja

Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu
Shift 1		
07:00 - 12:00	Waktu Kerja	6 Jam
12:00 – 13:00	Waktu Istirahat	1 Jam
13:00 – 15:00	Waktu Kerja	3 Jam
Jumlah Waktu Kerja Shift 1		9 Jam
Shift 2		
15:00 – 20:00	Waktu Kerja	6 Jam
20:00 – 21:00	Waktu Istirahat	1 Jam
21:00 – 23:00	Waktu Kerja	3 Jam
Jumlah Waktu Kerja Shift 2		9 Jam

Shift 3

Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu
23:00 – 04:00	Waktu Kerja	6 Jam
05:00 – 07:00	Waktu Kerja	3 Jam
Jumlah Waktu Kerja Shift 3		9 Jam
Total Waktu Kerja (Shift 1 + Shift 2 + Shift 3) = 27 Jam		

Sumber: Penulis (2026)

Pada hari Jumat, istirahat siang dimulai dari jam 11.00 – 13.00 WIB sehingga jam kerja berkurang menjadi 26 jam.

Rata-rata jam yang tersedia menjadi:

$$\text{Jam kerja tersedia} = \frac{(27 \text{ jam} \times 6 \text{ hari}) + (26 \times 1) \text{ jam/minggu}}{7 \text{ hari/minggu}}$$

$$\text{Jam kerja tersedia} = \frac{162 \text{ jam} + 26 \text{ jam/minggu}}{7 \text{ hari/minggu}}$$

$$\text{Jam kerja tersedia} = \frac{188}{7 \text{ hari}} = 26,85 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Jam kerja tersedia} = 1.611 \text{ menit /hari}$$

Tabel 4.4 Hambatan Kerja

Hambatan	Aktual/ 1 Shift (Menit)
Hambatan yang dapat dihindari	
- Terlambat Kerja	10
- Istirahat Terlalu Lama	10
- Berhenti Kerja Lebih Awal	10
- <i>Praying</i>	15
Jumlah 45	
Hambatan yang tidak dapat dihindari	
- <i>Re-Fuelling</i>	10
- <i>Slippery Delay</i>	60
- Perbaikan <i>Front Loading</i>	90
Jumlah 160	
Total Waktu Hambatan Kerja	205 Menit

Sumber: Penulis (2026)

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu kerja efektif} &= 1.611 \text{ Menit} - (205 \text{ Menit} \times 3 \text{ Shift}) \\
 &= 1.611 \text{ menit} - 615 \text{ menit} \\
 &= 996 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Kerja} &= \frac{996 \text{ menit}}{1.611 \text{ menit}} \times 100\% \\
 &= 61\%
 \end{aligned}$$

Waktu Kerja Efektif dalam satu hari di PT LCL adalah 996 menit atau 16,6 Jam.

4.1.5 Perhitungan Produktivitas *Excavator Sany Sy550hd*

Jenis Material *Overburden* yang berada di Pit LCL adalah Tanah Biasa, Basah dengan *Swell factor* sebesar 85% (Lampiran C).

Perhitungan produktivitas *Excavator Sany Sy550hd* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rumus:

$$Q_m = \frac{3600}{C_{tm}} \times KB \times BFF \times SF \times EK \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

Waktu edar alat gali muat (C_{tm})	= 19,96 detik
Kapasitas <i>Bucket</i> (KB)	= 3,1 m^3
<i>Bucket Fill Factor</i> (BFF)	= 87%
<i>Swell factor</i> (SF)	= 0,85
Efisiensi Kerja (EK)	= 61%

$$P = \frac{3600}{19,96 \text{ detik}} \times 3,1 m^3 \times 87\% \times 0,85 \times 61\%$$

$$P = 252 \text{ BCM/jam}$$

Hasil perhitungan yang dilakukan melalui data aktual dari *Cycle Time excavator Sany Sy550hd* didapat produktivitas *Excavator Sany Sy550hd* untuk penggalian *Overburden* sebesar 252 BCM/jam.

4.1.6 Perhitungan produktivitas ADT Volvo A60H

Jenis Material *Overburden* yang berada di Pit LCL adalah Tanah Biasa,

Basah dengan *Swell factor* sebesar 85% (Lampiran C).

Perhitungan produktivitas *Dump truck* Queester 280 dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Rumus:

$$Q_m = N_a \times \frac{60}{C_{Ta}} \times K_B \times B_{FF} \times S_F \times E_K \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana:

Jumlah <i>passing</i> (N_a)	= 8 kali
Waktu edar alat angkut (C_{Ta})	= 15 menit
Kapasitas <i>Bucket</i> (K_B)	= 33,6 m^3
<i>Bucket Fill Factor</i> (B_{FF})	= 87%
<i>Swell factor</i> (S_F)	= 0,85
Efisiensi Kerja (E_K)	= 61%

Perhitungan :

$$P = 8 \times \frac{60}{15} \times 33,6 \times 87\% \times 0,85 \times 61\%$$

$$P = 480 \text{ BCM/jam}$$

Total rata-rata dari pengangkutan material *Overburden* dengan menggunakan unit ADT Volvo A60H sebesar 480 BCM/jam dengan menggunakan jalur *Hauling* dengan jarak 1.500 meter.

4.2 Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H

4.2.1 Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany Sy550hd

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas, *Excavator* Sany Sy550hd memiliki produktivitas sebesar 252 BCM/jam. Nilai tersebut diperoleh dari pengaruh beberapa parameter, yaitu waktu edar alat gali muat (*Cycle Time*), kapasitas *bucket*, *bucket fill factor*, *swell factor*, serta efisiensi kerja selama kegiatan pengupasan *Overburden* PT LCL.

Produktivitas *excavator* dipengaruhi secara langsung oleh waktu siklus alat. Semakin singkat waktu siklus yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu rangkaian kerja, maka jumlah siklus yang dapat dilakukan dalam satu jam akan semakin banyak sehingga produktivitas meningkat. Selain itu, nilai *bucket fill factor* sebesar 87% menunjukkan bahwa *bucket* belum terisi secara

penuhi pada setiap siklus pemuatan. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik material, teknik penggalian operator, serta keterbatasan ruang kerja pada *Front Loading*.

Hasil observasi lapangan juga menunjukkan bahwa kondisi *Front Loading* yang relatif sempit menyebabkan manuver *dump truck* menjadi kurang optimal. Akibatnya, *excavator* sesekali harus menunggu hingga alat angkut berada pada posisi yang sesuai untuk proses pemuatan. Meskipun demikian, berdasarkan nilai *match factor* sebesar 0,6 (<1), waktu tunggu ADT Volvo masih tergolong kecil sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas alat.

Upaya peningkatan produktivitas *excavator* dapat dilakukan melalui penambahan unit, perbaikan area *Front Loading* agar ruang gerak alat menjadi lebih luas, peningkatan *bucket fill factor* melalui teknik penggalian yang lebih optimal, serta pengurangan waktu siklus dengan meminimalkan waktu tunggu selama proses pemuatan. Dengan perbaikan tersebut, produktivitas *excavator* diharapkan dapat meningkat sehingga target produksi *Overburden* dapat tercapai secara lebih efektif.

4.2.2 Evaluasi Produktivitas ADT Volvo A60H

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa produktivitas ADT Volvo A60H sebesar 480 BCM/jam untuk setiap unit alat angkut. Dengan jumlah operasi sebanyak 3 unit ADT, kapasitas angkut secara keseluruhan mampu mendukung produktivitas *Excavator* Sany Sy550hd sehingga proses pemuatan dan pengangkutan material dapat berlangsung secara berkesinambungan.

Produktivitas *dump truck* dipengaruhi oleh waktu edar alat angkut yang meliputi waktu pemuatan, perjalanan menuju disposal, waktu *dumping*, perjalanan kembali ke *Front Loading*, serta waktu manuver. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, waktu edar alat angkut masih dipengaruhi oleh kondisi jalan *Hauling* yang memiliki lebar terbatas, permukaan jalan yang bergelombang, serta beberapa titik yang licin (*slippery*), terutama setelah hujan. Kondisi tersebut menyebabkan *dump truck* harus mengurangi kecepatan sehingga waktu tempuh menjadi lebih lama dan produktivitas alat angkut menurun.

Hasil evaluasi keserasian kerja menunjukkan nilai *match factor* sebesar 0,6 (<1), yang menandakan bahwa jumlah ADT yang digunakan telah mendekati kondisi optimal dalam melayani satu unit *Excavator* Sany Sy550hd. Walaupun demikian, nilai tersebut juga mengindikasikan adanya potensi waktu tunggu pada alat angkut, meskipun dalam durasi yang relatif kecil dan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Peningkatan produktivitas *dump truck* dapat dilakukan melalui perbaikan kondisi jalan *Hauling*, seperti pelebaran jalan sesuai standar operasional, perataan permukaan jalan, pemadatan material jalan, serta pengendalian genangan air agar permukaan jalan tidak licin. Selain itu, pengaturan lalu lintas alat angkut dan pemeliharaan jalan secara berkala juga diperlukan untuk menekan waktu edar sehingga produktivitas alat angkut dapat meningkat dan mendukung pencapaian target produksi secara optimal.

4.2.3 Evaluasi Keserasian Kerja Alat *Excavator* Sany SY550HD dan ADT

Volvo A60H

Evaluasi keserasian kerja alat gali muat *excavator* Caterpillar 345 dan alat angkut *dump truck* Queester CWE 280, dapat menggunakan rumus di bawah ini:

Rumus:

$$MF = \frac{Na \times n \times Ctm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots (4.4)$$

Dimana:

Jumlah alat angkut (Na) = 3 unit

Cycle Time alat gali muat (Ctm) = 19,96 detik

Jumlah alat gali muat (Nm) = 1 unit

Cycle Time alat angkut (Cta) = 892,14 detik

Banyak pengisian (n) = 8 kali

Jadi:

$$MF = \frac{Na \times n \times Ctm}{Nm \times Cta}$$

$$MF = \frac{3 \times 8 \times 19,96 \text{ detik}}{1 \times 892,14 \text{ detik}}$$

$$MF = 0,6 (<1)$$

4.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas *Excavator Sany SY5550HD* Dan *ADT Volvo A60H*

Pencapaian target produksi pada kegiatan pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari dipengaruhi oleh kondisi aktual di lapangan.

4.3.1 Kondisi *Front Loading*

Kondisi *Front Loading* merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kelancaran kegiatan pemuatan material. Berdasarkan hasil pengamatan di area *Front* PT LCL, *Front Loading* yang digunakan memiliki ruang gerak yang relatif terbatas sehingga manuver alat gali muat maupun alat angkut tidak dapat dilakukan secara optimal. Keterbatasan ruang tersebut menyebabkan *dump truck* harus melakukan penyesuaian posisi secara lebih hati-hati sebelum proses pemuatan dimulai.

Selain memengaruhi waktu manuver alat angkut, kondisi *Front Loading* yang sempit juga berdampak pada waktu tunggu (*waiting time*) dan berpotensi meningkatkan *Cycle Time* alat. Apabila posisi ADT tidak tepat saat memasuki area pemuatan, *excavator* harus menunggu hingga alat angkut berada pada posisi yang sesuai. Kondisi ini mengurangi efektivitas proses pemuatan dan dapat menyebabkan produktivitas alat lebih rendah dibandingkan kondisi *Front Loading* yang memiliki ruang gerak lebih luas.

Untuk meningkatkan efisiensi operasi, diperlukan perbaikan geometri *Front Loading* melalui pelebaran area kerja sehingga tersedia ruang yang cukup bagi *excavator* dan ADT untuk melakukan manuver. *Front Loading* yang lebih luas akan mempercepat proses penempatan alat angkut, mengurangi waktu tunggu, serta mendukung kelancaran siklus pemuatan sehingga produktivitas alat dapat meningkat.

4.3.2 Kondisi Jalan *Hauling*

Kondisi jalan *Hauling* memiliki pengaruh yang besar terhadap kelancaran proses pengangkutan material. Berdasarkan hasil observasi di PT LCL, beberapa segmen jalan *Hauling* memiliki lebar yang relatif sempit sehingga membatasi ruang gerak *dump truck*, terutama pada saat berpapasan atau melakukan manuver di tikungan. Kondisi tersebut menyebabkan pengemudi harus mengurangi kecepatan kendaraan demi

menjaga keselamatan operasi, sehingga waktu tempuh menjadi lebih lama.

Permukaan jalan *Hauling* pada beberapa lokasi juga mengalami kondisi *slippery* akibat tingginya kadar air pada material jalan, terutama setelah hujan. Permukaan jalan yang licin menyebabkan daya cengkram ban berkurang sehingga ADT harus beroperasi dengan kecepatan yang lebih rendah untuk menghindari risiko tergelincir. Di sisi lain, kondisi jalan yang bergelombang menyebabkan kendaraan mengalami guncangan selama perjalanan, sehingga kenyamanan operator berkurang dan potensi keausan komponen alat menjadi lebih tinggi.

Kondisi jalan *Hauling* yang sempit, licin, dan bergelombang berdampak langsung terhadap peningkatan *Cycle Time* alat angkut. Bertambahnya waktu perjalanan menyebabkan produktivitas ADT menurun dan secara tidak langsung memengaruhi produktivitas sistem pemuatan secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan jalan *Hauling* melalui pelebaran jalan sesuai standar operasional, perataan permukaan jalan (*grading*), pemadatan material jalan, serta pembuatan sistem drainase yang baik untuk mengurangi genangan air. Dengan kondisi jalan *Hauling* yang lebih baik, kecepatan operasi ADT dapat meningkat, *Cycle Time* dapat ditekan, dan target produksi akan lebih mudah dicapai.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Evaluasi Produktivitas *Excavator* Sany SY550HD dan ADT Volvo A60H pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* di PT Lematang Coal Lestari (LCL), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Excavator* Sany Sy550hd memiliki produktivitas aktual sebesar 252 BCM/jam, sedangkan ADT memiliki produktivitas aktual sebesar 160 BCM/jam per unit. Dengan pengoperasian 3 unit ADT, produktivitas alat angkut menjadi sebesar 480 BCM/jam, produksi harian aktual mencapai 0,9 BCM/Ton dan target sebulan mencapai 27 BCM/Ton.
2. Evaluasi perhitungan *match factor* antara 1 unit *Excavator* Sany Sy550hd dan 3 unit ADT Volvo diperoleh nilai 0,6 (<1). Nilai tersebut menunjukkan bahwa keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut berada pada kondisi yang kurang optimal, karena masih terdapat waktu tunggu pada alat angkut, pengaruhnya relatif kecil sehingga tidak mengganggu kelancaran proses produksi.
3. Faktor utama yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis selama penelitian meliputi kondisi *Front Loading* yang sempit sehingga membatasi ruang manuver ADT saat proses pemuatan, serta kondisi jalan *Hauling* yang sempit, bergelombang, dan licin (*slippery*) sehingga menyebabkan kecepatan alat angkut menurun dan waktu edar menjadi lebih lama. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap efisiensi kerja dan produktivitas sistem pemindahan material secara keseluruhan.

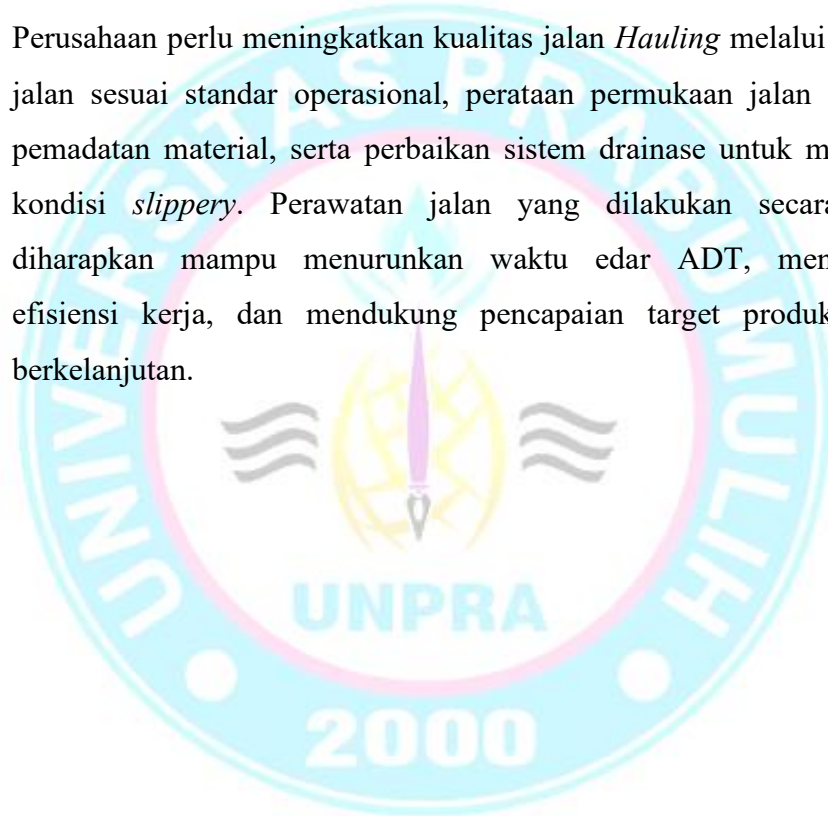
5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Perusahaan masih bisa untuk mempertahankan konfigurasi 1 unit *Excavator* Sany Sy550hd dengan 3 unit ADT Volvo A60H, karena berdasarkan hasil evaluasi diperoleh nilai *match factor* sebesar 0,6 ($<$)

yang menunjukkan keserasian kerja alat memang belum mendekati kondisi optimal. Evaluasi jumlah alat tetap perlu dilakukan apabila terjadi perubahan target produksi maupun kondisi operasi.

2. Area *Front Loading* sebaiknya dilakukan pelebaran dan penataan kembali agar tersedia ruang manuver yang lebih memadai bagi ADT. Dengan kondisi *Front Loading* yang lebih baik, waktu manuver dan waktu tunggu saat proses pemuatan dapat dikurangi sehingga produktivitas *excavator* maupun ADT dapat meningkat.
3. Perusahaan perlu meningkatkan kualitas jalan *Hauling* melalui pelebaran jalan sesuai standar operasional, perataan permukaan jalan (*grading*), pemadatan material, serta perbaikan sistem drainase untuk mengurangi kondisi *slippery*. Perawatan jalan yang dilakukan secara berkala diharapkan mampu menurunkan waktu edar ADT, meningkatkan efisiensi kerja, dan mendukung pencapaian target produksi secara berkelanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adaro Energy Tbk. (2024). *Annual report: Mining operations overview*. Diakses dari https://minedocs.com/24/Adaro_AR_2022.pdf
- Afrizal, A., Fachruzzaki, F., & Lestari, R. (2024). Evaluasi produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *Overburden* di pit bcmP PT. Jhonlin Baratama, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*. <https://www.researchgate.net/publication/381631687>
- AlamTri. (2026). *PT Mustika Indah Permai (MIP) – Mining operations*. Diakses dari <https://www.alamtri.com/pages/read/7/22/mining>
- Aminuddin, A., Fathurrahman, R., & Ramadhan, M. (2022). Analisis kinerja alat gali muat dan angkut berdasarkan waktu siklus pada tambang batubara. *Jurnal Inovasi Tambang*, 10(2), 105–115.
- Arrofah, H., Sari, R. P., & Pratama, A. (2020). Analisis *Match factor* alat muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *Overburden* di PT X Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Pertambangan Indonesia*, 3(2), 78–89.
- Delti, D., Husni, A., & Nursani, R. (2026). Evaluasi produktivitas *excavator* Komatsu PC 1250 dan OHT Komatsu 785 pada pengupasan *Overburden* di PT Dizamatra Powerindo. *Blantika: Multidisciplinary Scientific Journal*. <https://blantika.publikasiku.id/index.php/bl/article/view/408>
- Ginting, R., & Yuliana, D. (2021). Kajian efisiensi operasional alat berat pada pengupasan lapisan tanah penutup. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 7(1), 45–53.
- International Energy Agency. (2023). *Coal 2023: Analysis and forecast to 2026*. Paris: International Energy Agency. Diakses dari <https://www.iea.org>
- Ismail, A. M. L., & Haeruddin, H. (2023). Analisis *Match factor* alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pengupasan *Overburden* di tambang batubara. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(1), 1–10.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta: ESDM. <https://www.esdm.go.id/id/publikasi/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia>
- Muhamad, A., & Yuliadi, A. (2024). Pengaruh karakteristik geoteknik *Overburden* terhadap produktivitas alat gali muat pada tambang batubara terbuka di Sumatera Selatan. *Jurnal Geoteknik dan Pertambangan*, 6(1), 45–58.
- Nugroho, A., Hidayatullah, R., & Santoso, B. (2021). Mining design and short-

- term production scheduling by Lerchs-Grossman method on North Eagle 03 block PT. Adaro Indonesia. *Jurnal Pertambangan*, 5(2), 45–56.
- Oemiati, R., & Revisdah, R. (2020). Kajian teknis pengupasan lapisan tanah penutup (*Overburden*) pada tambang batubara metode open pit di PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Pertambangan*, 4(1), 23–34.
- Pradani, A., & Jayaputra, J. (2024). Optimalisasi jarak angkut dan lokasi disposal *Overburden* untuk meningkatkan produktivitas alat angkut di area Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Rekayasa Tambang Indonesia*, 7(2), 101–115.
- Pratiwi, R. A., Ananda, D., & Putra, R. A. (2023). Perencanaan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi *Overburden* pada penambangan batubara di PT Ganda Alam Makmur. *Jurnal Mahasiswa Teknik Pertambangan*, 4(1), 23–34. Universitas Tanjungpura.
- Pradani, A., & Jayaputra, J. (2024). Optimalisasi jarak angkut dan lokasi disposal *Overburden* untuk meningkatkan produktivitas alat angkut di area Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Rekayasa Tambang Indonesia*, 7(2), 101–115.
- Pratiwi, R. A., Ananda, D., & Putra, R. A. (2023). Perencanaan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi *Overburden* pada penambangan batubara di PT Ganda Alam Makmur. *Jurnal Mahasiswa Teknik Pertambangan*, 4(1), 23–34. Universitas Tanjungpura.
- Santoso, H. (2024). Analisis faktor-faktor penyebab penurunan produktivitas alat mekanis pada kegiatan pengupasan *Overburden* di tambang batubara Sumatera Selatan [Tesis tidak dipublikasikan]. Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya.
- Santoso, H., Ramadhan, T., & Prasetyo, A. (2024). Manajemen waktu kerja efektif alat berat dalam kegiatan pengupasan tanah penutup. *Jurnal Teknologi Mineral*, 8(1), 12–21.
- Saputro, B., Gumanti, S., & Nursani, R. (2026). Evaluasi produktivitas *excavator* Caterpillar 395 dan off highway truck Caterpillar 773E pada pengupasan *Overburden* di PT Dizamatra Powerindo Lahat Sumatera Selatan. *Jurnal Mitra*, 30–35. <https://jurnal.mitrasmart.co.id/index.php/jm/article/view/161>
- Saputra, M. W., Arisanti, R., & Yovanda, R. (2026). Evaluasi produktivitas alat gali muat ekskavator Caterpillar 345 dan alat angkut *dump truck* Axors pada aktivitas coal getting pada PT Dizamatra Powerindo Site Lahat Sumatera Selatan. *Blantika: Jurnal Multidisiplin*, 3(9), 1278–1290.
- Sarmidi, S., Mases, Y., & Nuryanneti, I. (2023). Kajian produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada pengupasan *Overburden* di PIT TSBC, Tambang

Air Laya, PT. Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Surya Teknik*, 5(2), 31–41.
<https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST/article/download/6400/2742>

Sumatera Ekspres. (2024). *PT MIP resmikan rumah layak huni di Kabupaten Lahat*. Diakses dari <https://sumateraekspres.bacakoran.co/read/60517/pt-mip-resmikan-5-rlh-di-kabupaten-lahat>

Ichsannudin, Purwoko, B., & Herlambang, Y. (2019). Kajian teknis produktivitas alat gali muat (*Excavator*) Hitachi ZX210-5 dan alat angkut (*Dump truck*) Mitsubishi FN 527 ML untuk mencapai target produksi penambangan batu granit di PT Hansindo Mineral Persada, Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Teknik Pertambangan UNTAN*, 6(1), 1–12.



LAMPIRAN A

CYCLE TIME EXCAVATOR SANY SY550HD

Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 data untuk memperoleh nilai rata-rata yang representatif. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan produktivitas alat gali muat. Berikut adalah *Cycle Time excavator* Sany Sy550hd.

Tabel A1. *Cycle Time Excavator Sany Sy550hd*

No	Digging (detik)	Swing Load	<i>Dumping</i>	Swing Empty	Total Cycle Time (detik)
1	6.41	4.88	3.64	5.13	20.06
2	6.71	5.89	3.56	5.23	21.39
3	5.81	6.48	2.40	4.25	18.94
4	5.90	5.32	3.27	4.25	18.74
5	5.88	5.43	3.58	4.11	19.00
6	7.58	4.99	3.61	4.39	20.57
7	7.62	6.48	3.76	5.17	23.03
8	7.69	6.07	2.24	4.90	20.90
9	6.37	5.27	3.00	4.88	19.52
10	6.38	4.78	2.89	4.56	18.61
11	7.46	4.54	2.41	5.00	19.41
12	5.70	5.07	3.33	5.76	19.86
13	6.34	4.55	2.94	4.65	18.48
14	6.25	5.75	2.82	4.62	19.44
15	7.08	5.54	3.11	4.60	20.33
16	6.59	5.76	3.74	5.44	21.53
17	7.63	6.14	2.26	4.58	20.61
18	6.05	5.40	3.43	5.27	20.15
19	5.69	4.61	2.70	4.06	17.06
20	6.79	4.90	3.78	5.19	20.66
21	7.22	5.37	2.96	4.25	19.80
22	6.38	6.44	3.74	5.32	21.88
23	7.06	4.77	3.79	5.61	21.23
24	6.19	5.73	2.65	5.60	20.17
25	6.15	6.26	3.67	4.34	20.42
26	7.21	4.59	2.72	4.36	18.88
27	6.40	5.71	2.49	4.95	19.55
28	6.42	5.88	3.32	4.44	20.06
29	7.49	4.57	3.67	4.66	20.39
30	6.22	6.26	2.78	4.80	20.06
Ratarata	6.62	5.45	3.14	4.81	20.02

Sumber: Penulis (2026)

Lampiran A2

Waktu Parameter Digging

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data} &= 30 \\
 \text{data minimum (Nmin)} &= 5,69 \text{ detik} \\
 \text{data maksimum (Nmax)} &= 7,69 \text{ detik} \\
 \text{jumlah kelas (k)} &= 1 + 3,3 \log n \\
 &= 5,87 \text{ (dibulatkan jadi 6)} \\
 &= 6 \\
 \text{interval kelas (i)} &= \frac{N_{\max} - N_{\min}}{K} \\
 &= \frac{7,69 - 5,69}{6} = 0,33 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel A2. Distribusi Frekuensi *Digging excavator* Sany Sy550hd

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
5,69 - 6,02	5	16,66 %	5,85	29,25
6,02 - 6,35	6	20%	6,18	37,08
6,35 - 6,68	7	23,33 %	6,51	45,57
6,68 - 7,01	2	6,66 %	6,84	13,68
7,01 - 7,34	4	13,33 %	7,17	28,68
7,34 - 7,67	6	20%	7,50	45
Total	30	100%	40,05	199,26

Sumber: penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time excavator* Sany Sy550hd adalah:

$$\begin{aligned}
 CT &= \frac{\sum Fi \times Xi}{n} \\
 CT &= \frac{199,26}{30} = 6.64 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Lampiran A3

Waktu Parameter Swing Load

Jumlah data	= 30
data minimum (Nmin)	= 4,54 detik
data maksimum (Nmax)	= 6,48 detik
jumlah kelas (k)	= $1 + 3,3 \log n$
	= 5,87 (dibulatkan jadi 6)
	= 6
interval kelas (i)	$\frac{N_{max} - N_{min}}{K}$
	= (0,32) detik

Tabel A3. Distribusi Frekuensi *Swing Load excavator Sany Sy550hd*

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
4,54 - 4,86	7	23,33%	4,7	32,9
4,86 - 5,18	4	13,33%	5,02	20,08
5,18 - 5,5	5	16,66%	5,34	26,7
5,5 - 5,82	4	13,33%	5,66	22,64
5,82 - 6,14	4	13,33%	5,98	23,92
6,14 - 6,46	6	20%	6,3	37,8
Total	30	100%	33	164,04

Sumber: Penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time swing load excavator sany sy550hd* adalah :

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{164.04}{30} = 5.468 \text{ detik}$$

Lampiran A4

Waktu Parameter *Dumping*

Jumlah data	= 30
-------------	------

$$\begin{aligned}
 \text{data minimum (Nmin)} &= 2,24 \text{ detik} \\
 \text{data maksimum (Nmax)} &= 3,79 \text{ detik} \\
 \text{jumlah kelas (k)} &= 1+3,3 \log n \\
 &= 5,87 \text{ (dibulatkan jadi 6)} \\
 &= 6 \\
 \text{interval kelas (i)} &= \frac{N_{\max}-N_{\min}}{K} \\
 &= (0,25) \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel A4. Distribusi Frekuensi *Dumping excavator Sany Sy550hd*

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
2,24 - 2,49	5	16,66%	2,36	11,8
2,49 - 2,74	3	10%	2,61	7,83
2,74 - 2,99	5	16,66%	2,86	14,3
2,99 - 3,24	2	6,66%	3,11	6,22
3,24 - 3,49	4	13,33%	3,36	13,44
3,49 - 3,74	11	36,66%	3,61	39,71
Total	30	100%	17,91	93,3

Sumber: Penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time dumping excavator sany sy550hd* adalah:

$$\begin{aligned}
 CT &= \frac{Fi \times Xi}{30} \\
 CT &= \frac{93,3}{30} = 3,11 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Lampiran A5

Waktu Parameter Swing Empty

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data} &= 30 \\
 \text{data minimum (Nmin)} &= 4,06 \text{ detik} \\
 \text{data maksimum (Nmax)} &= 5,76 \text{ detik} \\
 \text{jumlah kelas (k)} &= 1+3,3 \log n \\
 &= 5,87 \text{ (dibulatkan jadi 6)} \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{interval kelas (i)} \\ &= \frac{N_{\max} - N_{\min}}{K} \\ &= (0,28) \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel A5. Distribusi Frekuensi *Swing Empty excavator Sany Sy550hd*

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
4,06 - 4,34	6	20%	4,20	25,20
4,34 - 4,62	6	20%	4,48	26,88
4,62 - 4,90	5	16,66%	4,76	23,80
4,90 - 5,18	5	16,66%	5,04	25,20
5,18 - 5,46	5	16,66%	5,32	26,60
5,46 - 5,74	3	10%	5,60	16,80
Total	30	100%	29,40	215,88

Sumber : penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time swing empty excavator sany sy550hd* adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{215,88}{30} = 7,196 \text{ detik}$$

LAMPIRAN B
CYCLE TIME ADT VOLVO A60H

Tabel B1. Nilai *Cycle Time* ADT Volvo A60H

No. Siklus	Wait to Load (detik)	Loading Time (detik)	Hauling Loaded (detik)	Dumping Time (detik)	Hauling Empty (detik)	Manuver Empty (detik)	Total Cycle Time (detik)
1	32.38	132.83	320.13	29.46	329.72	33.53	878.05
2	41.23	134.87	328.21	25.60	309.53	30.11	869.55
3	10.93	138.56	340.74	35.90	309.60	31.79	867.52
4	38.33	132.21	349.32	38.96	314.27	23.11	896.20
5	43.50	143.11	310.10	26.93	334.05	32.07	889.76
6	38.25	156.08	334.49	44.46	315.76	31.04	920.08
7	39.03	152.41	352.39	36.55	328.48	20.92	929.78
8	17.98	141.55	309.39	29.66	304.94	25.56	829.08
9	32.25	144.04	325.36	29.19	311.41	38.73	880.98
10	32.68	152.10	314.41	39.58	307.37	27.59	873.73
11	44.63	153.12	335.63	38.69	333.87	35.52	941.46
12	18.02	133.06	322.35	30.35	309.23	38.86	851.87
13	40.67	142.38	341.05	32.91	336.67	29.18	922.86
14	19.27	140.14	335.88	30.25	323.80	37.96	887.30
15	23.98	139.24	359.86	35.19	304.55	20.94	883.76
16	13.84	152.71	348.56	33.44	303.48	27.63	879.66
17	44.86	149.46	358.41	42.22	301.45	34.41	930.81
18	33.86	149.72	319.68	37.82	305.35	28.70	875.13
19	25.88	163.48	353.17	30.27	320.52	23.57	916.89
20	41.94	160.73	321.41	37.78	324.75	23.06	909.67
21	36.69	149.80	347.82	35.61	301.02	26.48	897.42
22	10.68	162.66	353.33	41.63	312.99	21.16	902.45
23	40.73	163.25	309.71	34.72	303.70	35.21	887.32
24	36.80	136.24	331.14	36.00	311.34	37.45	888.97
25	24.81	138.99	334.66	39.60	308.84	26.23	873.13
26	44.83	153.45	329.10	35.35	305.72	24.49	892.94
27	21.83	151.41	317.66	29.40	303.77	32.62	856.69
28	18.01	161.88	352.28	26.42	310.28	33.38	902.25
29	17.50	136.37	356.45	36.42	319.43	35.69	901.86
30	38.26	138.28	310.33	33.62	317.52	29.34	867.35
Rata-rata	30.79	146.80	334.10	34.47	314.11	29.88	890.15

Sumber: Penulis (2026)

Lampiran B1

Waktu Parameter Wait To Load

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{data minimum (Nmin)} &= 10.68 \\
 \text{data maximum (Nmax)} &= 44.86 \\
 \text{Jumlah Kelas (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\
 &= 5.87 = 6 \\
 \text{Interval Kelas (i)} &= \frac{N_{\max} - N_{\min}}{k} \\
 \text{Interval kelas (i)} &= 5.65 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel B2. Distribusi Frekuensi *Wait To Load* ADT Volvo A60H

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
10.68 - 16.33	3	10%	27.01	81.03
16.33 - 21.98	6	20%	19.15	114.9
21.98 - 27.63	3	10%	49.61	148.83
27.63 - 33.28	3	10%	30.45	91.35
33.28 - 38.93	6	20%	36.1	216.6
38.93 - 44.58	9	30%	83.51	751.59
Total	30	100%	245.83	1404.3

Sumber: penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time wait to load* ADT Volvo A60H adalah:

$$\begin{aligned}
 CT &= \frac{Fi \times Xi}{30} \\
 CT &= \frac{1.404,3}{30} = 46.81 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Lampiran B2

Waktu Parameter Loading Time

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{data minimum (Nmin)} &= 132.21 \\
 \text{data maximum (Nmax)} &= 163.48 \\
 \text{Jumlah Kelas (K)} &= 1 + 3,3 \log n
 \end{aligned}$$

$$= 5.87 = 6$$

$$\text{Interval Kelas (i)} = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{k}$$

$$\text{Interval kelas (i)} = 5.21 \text{ detik}$$

Tabel B3. Distribusi Frekuensi *Loading Time* ADT Volvo A60H

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
132.21 137.42	6	20%	134.82	808.90
137.42 142.63	6	20%	140.03	840.16
142.63 147.84	2	7%	145.24	290.47
147.84 153.05	7	23%	150.45	1053.1
153.05 158.26	4	13%	155.66	622.62
158.26 163.47	5	17%	160.87	804.33
Total	30	100%		4419.6

Sumber: penulis(2026)

Jadi rata rata *Cycle Time loading time* ADT Volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{\sum Fi \times Xi}{n}$$

$$CT = \frac{4419,6}{30} = 147.32 \text{ detik}$$

Lampiran B3Waktu Parameter *Hauling* Laoded

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\ \text{data minimum (Nmin)} &= 309.39 \\ \text{data maximum (Nmax)} &= 359.86 \\ \text{Jumlah Kelas (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 5.87 = 6 \\ \text{Interval Kelas (i)} &= \frac{N_{\max} - N_{\min}}{k} \\ \text{Interval kelas (i)} &= 8.41 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel B4. Distribusi Frekuensi *Hauling Loaded* ADT Volvo A60H

kelas		frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
309.39	317.80	6	20%	313.60	1881.6
317.8	326.21	5	17%	322.01	1610.0
326.21	334.62	4	13%	330.42	1321.7
334.62	343.03	5	17%	338.83	1694.1
343.03	351.44	3	10%	347.24	1041.7
351.44	359.85	7	23%	355.65	2489.5
Total		30	100%	2007.73	10039

Sumber: Penulis(2026)

Jadi rata rata *Cycle Time Hauling* loaded ADT volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{1003,9}{30} = 334,62 \text{ detik}$$

Lampiran B4

Waktu Parameter *Dumping Time*

Jumlah data (n) = 30

data minimum (Nmin) = 25.60

data maximum (Nmax) = 44.46

Jumlah Kelas (K) = $1 + 3,3 \log n$

= $5.87 = 6$

Interval Kelas (i) = $\frac{Nmax - Nmin}{k}$

Interval kelas (i) = 3.14 detik

Tabel B5. Distribusi Frekuensi *Dumping Time* ADT Volvo A60H

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi	
25.60	28.74	3	10%	27.17	81.5
28.74	31.88	8	27%	30.31	242.5
31.88	35.02	5	17%	33.45	167.3
35.02	38.16	9	30%	36.59	329.3
38.16	41.30	2	7%	39.73	79.5
41.3	44.44	3	10%	42.87	128.6
Total	30	100%	210.13	1029	

Sumber: penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time dumping* time ADT volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{102,9}{30} = 34,29 \text{ detik}$$

Lampiran B5

Waktu Parameter *Hauling Empty*

Jumlah data (n) = 30

data minimum (Nmin) = 20.92

data maximum (Nmax) = 38.86

Jumlah Kelas (K) = $1 + 3,3 \log n$
 $= 5.87 = 6$

Interval Kelas (i) = $\frac{Nmax - Nmin}{k}$

Interval kelas (i) = 2.99 detik

Tabel B6. Distribusi Frekuensi *Hauling Empty* ADT Volvo A60H

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
301.02 306.96	9	30%	303.99	2735.9
306.96 312.90	8	27%	309.93	2479.4
312.9 318.84	4	13%	315.87	1263.5
318.84 324.78	4	13%	321.81	1287.2
324.78 330.72	2	7%	327.75	655.5
330.72 336.66	3	10%	333.69	1001.1
Total	30	100%	1913.05	9423

Sumber: penulis(2026)

Jadi rata rata *Cycle Time Hauling empty* ADT volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{9432,0}{30} = 314,4 \text{ detik}$$

Lampiran B6

Waktu Parameter Manuver Empty

Jumlah data (n) = 30

data minimum (Nmin) = 20.92

data maximum (Nmax) = 38.86

Jumlah Kelas (K) = $1 + 3,3 \log n$
 $5.87 = 6$

Interval Kelas (i) = $\frac{N_{\max} - N_{\min}}{k}$

Interval kelas (i) = 2.99 detik

Tabel B7. Distribusi Frekuensi *Manuver Empty* ADT Volvo A60H

kelas	frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	Fi x Xi
20.92 23.91	6	20%	22.42	134.5
23.91 26.90	2	7%	25.41	50.8
26.9 29.89	6	20%	28.40	170.4
29.89 32.88	5	17%	31.39	156.9
32.88 35.87	7	23%	34.38	240.6
35.87 38.86	4	13%	37.37	149.5
Total	30	100%	179.34	903

Sumber: penulis (2026)

Jadi rata rata *Cycle Time* manuver empty ADT volvo A60H adalah:

$$CT = \frac{Fi \times Xi}{30}$$

$$CT = \frac{903,0}{30} = 30,09 \text{ detik}$$

LAMPIRAN C ***SWELL FACTOR***

Tabel C1. *Swell Factor*

Macam Material	<i>Swell factor</i>
Bauksit	0,75
Tanah liat, kering	0,85
Tanah liat, basah	0,80
Batubara (antrasit – bituminus)	0,74
Bijih Tembaga	0,74
Tanah Biasa, Kering	0,85
Tanah biasa, basah	0,85
Tanah biasa bercampur kerikil	0,90
Kerikil kering	0,89
Kerikil basah	0,88
Granit, pecah-pecah	0,56-0,67
Hematite, pecah-pecah	0,45
Bijih besi, pecah-pecah	0,45
Batu kapur, pecah-pecah	0,57-0,60
Lumpur	0,83
Lumpur. Sudah ditekan	0,83

Sumber: Ichsanuddin, 2026

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI *EXCAVATOR* SANY SY550HD

Tabel D1. Spesifikasi Excavator Sany SY550HD

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Merek	SANY
2	Model	SY550HD
3	Jenis Alat	Hydraulic <i>Excavator</i>
4	Fungsi	Alat gali-muat (loading equipment) untuk penggalian dan pemuatan material <i>Overburden</i>
5	Berat Operasi (Operating Weight)	52.000 kg (52 ton)
6	Kapasitas Bucket	3,1 m ³
7	Model Mesin	Isuzu 6WG1XKSC-01
8	Tipe Mesin	Diesel, 6 silinder, turbocharged, water cooled
9	Kapasitas Mesin	15,68 liter
10	Daya Mesin	300 kW ($\pm$ 402 HP) pada 1.800 rpm
11	Gaya Gali Bucket (Bucket Digging Force)	307 kN
12	Gaya Gali Arm (Arm Digging Force)	262 kN
13	Panjang Boom Standar	7.000 mm
14	Panjang Arm Standar	2.800 mm
15	Lebar Track Shoe	800 mm
16	Kapasitas Tangki Bahan Bakar	680 liter
17	Kapasitas Tangki Oli Hidrolik	480 liter

Sumber: Penulis (2026)



Sumber: Penulis (2026)

Gambar D.1 *Excavator* SANY SY550HD

LAMPIRAN E

SPESIFIKASI ADT VOLVO A60H

Tabel D2. Spesifikasi Articulated Dump truck (ADT)

Parameter	Nilai
Payload	55 ton
Kapasitas Bak (Heaped SAE 2:1)	33,6 m ³
Berat Kosong	±43,7 ton
Berat Operasi Maksimum	±98,4 ton
Daya Mesin	470 kW (630 HP)
Putaran Mesin	1.700 rpm
Kapasitas Mesin	16,1 L
Jumlah Silinder	6 Silinder
Kecepatan Maksimum	55 km/jam
Sistem Penggerak	6×6
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	750 L
Sumber: Penulis (2026)	



Sumber: Penulis (2026)

Gambar E.1 Articulated Dump truck (ADT)

LAMPIRAN F DATA CURAH HUJAN

Tabel F.1 Curah Hujan

No.	Date	Curah Hujan (mm)	Jam Hujan (hrs)	Slippery (hrs)	Intensitas CH (mm/jam)
1	1-Feb-26	81.10	10.45	-	7.76
2	2-Feb-26	73.30	13.50	-	5.43
3	3-Feb-26	2.00	3.25	-	0.62
4	4-Feb-26	39.50	9.66	-	4.09
5	5-Feb-26	46.50	7.50	-	6.20
6	6-Feb-26	4.50	1.66	-	2.71
7	7-Feb-26	24.50	8.41	-	2.91
8	8-Feb-26	-	-	-	-
9	9-Feb-26	4.80	0.60	-	8.00
10	10-Feb-26			-	#DIV/0!
11	11-Feb-26			-	#DIV/0!
	total	276.20	55.03	-	#DIV/0!
	Rata-rata	8.91	1.78	-	#DIV/0!

Sumber: PT LCL