

TUGAS AKHIR

EVALUASI SINKRONISASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI PT WAHANA BANDHAWA KENCANA

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya Pada

Program Studi Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Universitas Prabumulih



YOPAN

2022310734

Dosen Pembimbing:

ANMAD HUSNI, S.T., M.T.

HODIYAH NURANI, S.Si., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PRABUMULIH

2025

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI SINKRONISASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI PT WAHANA BANDHAWA KENCANA

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

YOPAN
2120310054

Prabumulih, 12 Agustus 2025
Pembimbing II

Pembimbing I



Akmalia Rizki S. H. M.T.
NIDN. 0213123501



Kodiah Nurani, S.T., M.T.
NIDN. 0213123501



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : YOPAN

NIM 2022310054

Prodi : Teknik Pertambangan

Judul : Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pengupasan
Overburden di PT Wahana Bandhawa Kencana

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Prabumulih sesuai aturan yang berlaku.

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



Prabumulih, 12 Agustus 2025
Yang bersangkutan,



YOPAN

**EVALUASI SINKRONISASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT
ANGKUT PENGUPASAN *OVERBURDEN* DI
PT WAHANA BANDHAWA KENCANA**

YOPAN, 2022310054, 2025

xi + 45 Halaman, 6 Gambar, 18 Tabel, 5 Lampiran

Penelitian ini dilaksanakan di PT Wahana Bandhawa Kencana, yang berlokasi di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat keserasian kerja (*match factor*) antara alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan pemindahan material *overburden*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Excavator Caterpillar 390FL* sebagai alat gali muat dan *Off Highway Truck (OHT) 773E* sebagai alat angkut. Perhitungan *match factor* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana dua alat utama tersebut bekerja secara sinkron dalam satu siklus kerja tambang. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *match factor* antara kedua alat adalah 0,96 yang mengindikasikan bahwa alat gali muat belum bekerja secara penuh karena sering mengalami waktu tunggu (*idle time*) akibat keterlambatan kedatangan alat angkut. Nilai ini menunjukkan bahwa alat angkut bekerja 100% sementara alat gali muat hanya bekerja sebesar 96%. Diketahui bahwa produktivitas *Excavator Caterpillar 390FL* mencapai 557,77 BCM/jam, sedangkan OHT 773E memiliki produktivitas 372,29 BCM/jam. Ketidakseimbangan ini menunjukkan adanya ketidaksinkronan antara alat gali muat dan alat angkut dalam proses pengangkutan material. Melalui perhitungan *match factor* ini, penelitian bertujuan memberikan gambaran mengenai kondisi aktual keserasian kerja alat di lapangan, yang dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis pada kegiatan operasional tambang.

Kata Kunci: *Match Factor*, Keserasian Kerja, *Excavator Caterpillar 390FL*, Oht 773E, Produktivitas Alat, *Overburden*

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ❖ Badai pasti datang, tapi kamu bukan layang-layang
- ❖ Tenang bukan berarti lemah, tapi kuat karena tahu kapan harus bergerak

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Atas izin dan rahmat Allah SWT, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan penuh rasa syukur, Dengan nada yang rendah dan hati yang penuh dengan kebahagiaan. Untuk diriku sendiri, yang telah bertahan di tengah ragu dan lelah, yang tetap berjalan meski sempat ingin menyerah. Terima kasih telah kuat, karya ini saya persembahkan kepada orang-orang tercinta dan berarti dalam hidupku :

- ❖ Untuk Panutanku, Ayahanda Toni Susanto.S,Pd Beliau lah yang mengajarkan ku dan mendidik penulis hingga bisa sekuat sekarang, Beliau juga yang memberikan semangat dan motivasi tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjana
- ❖ Pintu surgaku, Ibunda Sikana.S,Pd terima kasih atas semua yang sudah Ibu lakukan sejak awal. Dari hal-hal kecil sampai pengorbanan besar yang sering tidak terlihat. Yang selalu ada dalam setiap langkah, baik secara langsung maupun dalam doa
- ❖ Teruntuk kedua kakak kandungku, Haris Prayogi dan Yusril Mahendra terima kasih juga buat kalian berdua yang mungkin jarang bicara soal perasaan, tapi selalu ada dalam caranya sendiri. Kalian diam, tapi aku tahu kalian memperhatikan, memantau, dan menjaga dari jauh.
- ❖ Tidak lupa juga buat kedua ayuk iparku, Ira Adelia dan Thea dora ella fharoga, terima kasih telah menjadi bagian dari keluarga ini dengan begitu hangat. Dukungan, perhatian, dan kebaikan kalian sangat berarti.
- ❖ Dan tidak lupa Untuk kamu, kekasihku Vera Febrianti yang cintanya tak hanya hadir dalam kata, tapi juga dalam doa dan kehadiran. Yang menjadi hangat saat dunia terasa dingin, yang tak pernah lelah menguatkan ketika aku mulai kehilangan arah. Cinta dan ketulusanmu adalah rembulan dalam malam-malam panjang yang sunyi. Semoga di tiap-tiap lembar ini menjadi bukti bahwa cinta, sekecil apa pun, bisa menjadi kekuatan paling besar untuk menyelesaikan sesuatu yang besar. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini, Semoga segala perjuangan ini menjadi langkah menuju masa depan yang lebih baik buat kita.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT tuhan yang maha Esa dan Sholawat kepada Nabi Muhamad Saw, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pengupasan *Overburden* di PT Wahana Bandhawa Kencana”

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karna itu kritik dan saran akan diterima dengan senang hati. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak dorongan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Ucapan rasa terima kasih atas dan penghargaan setinggi tingginya kepada :

1. Rektor Universitas Prabumulih. Ibu Dr.Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si.
2. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih dan sebagai pembimbing I.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan
4. Ibu Rodiyah Nursani, S.Si., M.T. sebagai pembimbing II.
5. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2022.

Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 12 Agustus 2025



YOPAN
2022310054

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
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Observasi lapangan.....	3
1.6 Pengambilan data.....	3
1.7 Lokasi Dan Waktu Kegiatan Penelitian	3
1.8 Bagan Alir Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN UMUM.....	5
2.1 Sejarah Perusahaan	5
2.2 lokasi dan kesampaian daerah.....	6
2.3 Kegiatan Pertambangan	7
2.4 Kondisi Geologi.....	9
2.4.1 Geologi Regional	10
2.4.2 Stratigrafi.....	10
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	13
3.1 Tanah Penutup (<i>Overburden</i>).....	13
3.2 <i>Cycle Time</i>	14
3.3 <i>Match Factor</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut.....	17
3.5 Efisiensi Kerja	Error! Bookmark not defined.
3.6 Pola Pemuatan	Error! Bookmark not defined.

3.7 Pengembangan Material **DAFTAR ISI Error! Bookmark not defined.**

BAB IV PEMBAHASAN	20
4.1 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut	20
4.1.1 <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat Dan Alat Angkut	20
4.1.2 Efisiensi Kerja	22
4.1.3 <i>Swell Factor</i>	25
4.1.4 <i>Fill Factor</i>	25
4.1.5 produktivitas alat gali muat dan alat angkut	26
4.2 evaluasi sinkronisasi alat gali muat dan alat angkut	27
BAB V PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Bagan Alir Penelitian.....	4
Gambar 2. 1 Area Pengupasan <i>Overburden</i>	6
Gambar 2. 2 Peta Kesampaian Daerah.....	7
Gambar 2. 3 Area <i>Disposal</i>	9
Gambar D. 1 <i>Excavator</i>	42
Gambar E. 1 <i>Off Highway Truck</i>	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Cycle Time Alat Gali Muat	21
Tabel 4. 2 Distribusi Frekuensi waktu edar alat angkut	22
Tabel 4. 3 Jadwal Kerja PT WBK	23
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja pada Jumat PT WBK	23
Tabel 4. 5 Hambatan yang Diamati	24
Tabel A. 1 Cycle Time Alat Gali Muat.....	31
Tabel A. 2 Distribusi Frekuensi <i>Digging</i>	32
Tabel A. 3 Distribusi Frekuensi <i>Swing Loaded</i>	33
Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi <i>Loading</i>	33
Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi <i>Swing Empty</i>	34
Tabel B. 1 <i>Cycle Time</i> Alat Angkut.....	35
Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi <i>Spotting Load</i>	36
Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi <i>Load</i>	37
Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi <i>Hauling Load</i>	37
Tabel B. 5 Distribusi Frekuensi <i>Spotting Dump</i>	38
Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	39
Tabel B. 7 Distribusi Frekuensi <i>Hauling Empty</i>	40
Tabel C. 1 Data produktivitas Aktual	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat.....	31
Lampiran B. <i>Cycle Time</i> Alat Angkut	35
Lampiran C. Data Dari Perusahaan Untuk Produktivitas	42
Lampiran D. Spesifikasi Alat Gali Muat	42
Lampiran E. Spesifikasi Alat Angkut	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Industri pertambangan mencakup berbagai aktivitas yang memiliki tahapan umum, penyelidikan, eksplorasi, studi kelayakan, kontruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, transportasi, dan penjualan bahan galian. Pada saat melakukan penambangan batubara perusahaan harus mengoptimalkan kerja alat gali muat dan alat angkut dari proses pengambilan batubara maksimal. Oleh karena itu, keserasian kerja kedua alat ini sangat dibutuhkan agar alat yang tersedia dapat selalu bekerja dengan efektif dan efisien, sehingga tidak ada alat yang berhenti bekerja karena kelebihan atau kekurangan alat dari proses gali muat dan angkut (Prabowo et al, 2023).

Pengupasan tanah *overburden* harus lepas agar bahan galian lebih efisien waktu diambil sehingga dalam pemenuhan target produksi dapat terpenuhi. Jadi pekerjaan terbagi menjadi dua satu untuk kegiatan pengupasan *overburden* dan satunya lagi untuk kegiatan *coal getting*.

Efisiensi kerja dapat diperoleh dengan membandingkan waktu kerja yang efektif dengan waktu kerja yang tersedia. Tujuannya agar produktivitas dapat selalu berjalan tanpa terganggu oleh hambatan, dan hambatan bisa diketahui. Dengan mengetahui hambatan yang dapat dihindari dan yang tidak dapat dihindari, maka didapat waktu kerja yang efektif. Waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan untuk produksi atau waktu kerja bebas dikurangi waktu yang hilang karena suatu hambatan. Efisien kerja sangat tergantung pada motivasi dan kedisiplinan pengemudi, sedangkan produktivitas tergantung pada kondisi tempat kerja, kondisi material yang akan ditambang dan dimuat, serta pengalaman operator itu sendiri (Ardianti et al, 2020).

Menurut Lesmana et al (2019), produktivitas *excavator* dapat dipengaruhi oleh kapasitas *bucket* , besarnya faktor pengisian (*fill factor*) tergantung jenis material yang akan digali. Produktivitas *dump truck* sangat dipengaruhi oleh jumlah *trip* atau rute yang ditempuh oleh *dump truck* tersebut. Jumlah perjalanan dipengaruhi oleh waktu siklus pengangkutan dan efisiensi kerja.

Evaluasi sinkronisasi alat gali muat dan alat angkut bertujuan untuk mengetahui seberapa sinkronnya alat gali muat dan angkut dalam memenuhi produktivitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Sehingga dengan adanya perbaikan diharapkan dapat menjadi wawasan bagi perusahaan agar menjadikan kegiatan penambangan menjadi lebih efisien dan memenuhi target produksi.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah pada judul ini hanya untuk membahas *match factor* alat dan produktivitas alat sesuai judul yang akan diambil.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui produktivitas alat gali muat Caterpillar 390f dan Oht 773e pada pengupasan *overburden*
2. Mengevaluasi *sinkronisasi* alat gali muat Caterpillar 390f dan Oht 773e pada pengupasan *overburden*

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan oleh peneliti yaitu sebagai berikut:

1. Bagi peneliti

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan mendapatkan Gelar diploma 3 (D3) pada fakultas teknik pertambangan prodi teknik pertambangan universitas prabumulih.

2. Bagi Perusahaan

Penelitian ini dapat menjadi masukan yang bermanfaat tentang analisis *match factor* untuk pengupasan *overburden* agar target produksi batubara lebih optimal pada PT. WBK.

3. Bagi pihak lain

Dengan adanya judul tentang analisis *match factor* pada Fakultas teknik pertambangan di Universitas prabumulih diharapkan dapat menambah pengetahuan dan referensi bagi mahasiswa untuk peneliti selanjutnya yang pengambil permasalahan atau topik yang sama.

1.5 Metode Penelitian

Pengamatan langsung terhadap kondisi dan keadaan di lapangan bertujuan agar mengetahui lebih banyak tentang area pengupasan *overburden* terutama pada proses pengangkutannya, selain itu bertujuan untuk mengambil data primer.

1.5.1 Pengambilan Data

Data penelitian meliputi pengambilan data primer dan data sekunder sebagai berikut:

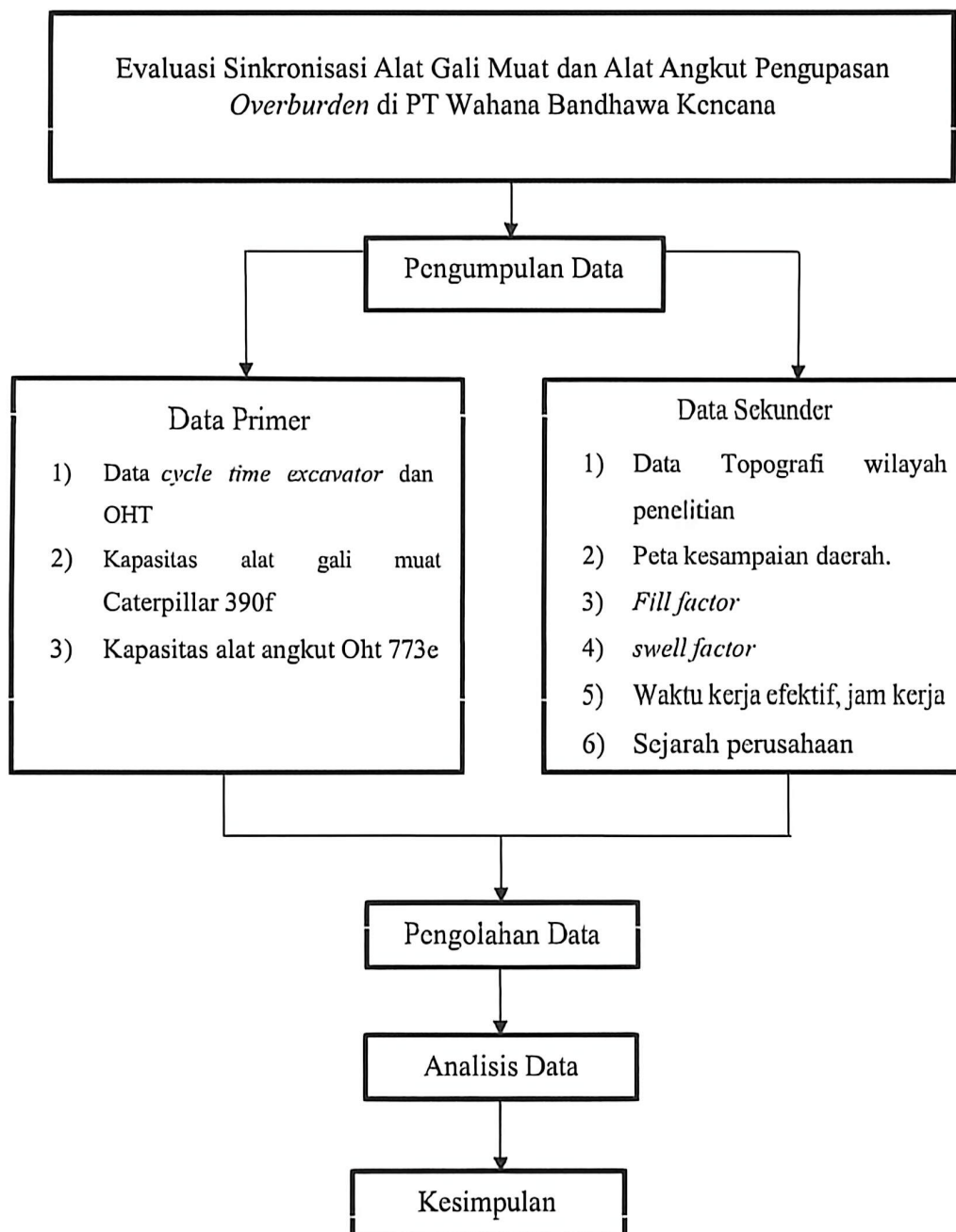
1. Data primer yang akan diambil diantaranya:
 - a. Data *cycle time excavator* dan OHT
 - b. Kapasitas alat gali muat Caterpillar 390f
 - c. Kapasitas alat angkut dan Oht 773e
2. Data sekunder berfungsi sebagai data pendukung atau penunjang dari suatu penelitian, dimana data tersebut juga berpengaruh pada penelitian yang dilakukan. Data sekunder dalam penelitian ini antara lain yaitu:
 - a. Data Topografi wilayah penelitian
 - b. Peta kesampaian daerah.
 - c. *Fill factor*
 - d. *Swell factor*
 - e. Waktu kerja efektif, jam kerja
 - f. Sejarah perusahaan

1.5.2 Lokasi dan Waktu Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di PT Wahana Bandhawa Kencana berlokasi di Lebak Budi, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Waktu kegiatan penelitian dimulai dari tanggal 21 April 2025 sampai 21 Juni 2025.

1.5.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian Gambar 1.1 sebagai berikut.



Sumber : Penulis (2025)

Gambar 1. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah Perusahaan

PT Wahana Bandhawa Kencana adalah perusahaan yang bergerak di bidang jasa pertambangan, dengan spesialisasi sebagai kontraktor pertambangan. Perusahaan ini menyediakan layanan terpadu dalam proyek pertambangan batubara, mencakup seluruh proses mulai dari pembersihan lahan (*land clearing*) hingga pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden removal*). Perusahaan ini memiliki komitmen kuat terhadap keselamatan kerja, kelestarian lingkungan, dan keselamatan operasional.

Pada tahun 2018, PT. WBK memperluas fokus usahanya dengan mulai terlibat sebagai kontraktor dalam proyek penambangan milik PT Bara Alam Utama, pemegang Izin Usaha Produksi (IUP) dengan wilayah operasi seluas 6 hektar. Kerja sama tersebut dimulai dengan kontrak selama lima tahun, dari 2018 hingga 2022, dan kini telah berlanjut ke masa kontrak kedua setelah dilakukan perpanjangan.

Perusahaan ini didirikan pada tanggal 14 April 1986 dengan nama awal CV Wahana Bandhawa. Kemudian pada tahun 1993, perusahaan mengubah bentuk usahanya menjadi perseroan terbatas dan resmi berganti nama menjadi PT. WBK. Saat ini, kantor pusat perusahaan berlokasi di Jakarta, Indonesia.

PT. WBK telah berpengalaman dalam menangani berbagai proyek lintas sektor industri, seperti pembangunan gedung, infrastruktur jalan dan jembatan, fasilitas pelabuhan, pembangkit listrik, instalasi pengolahan limbah, konstruksi bawah tanah, industri minyak dan gas (migas), pengembangan lahan, hingga proyek pertambangan. Keberagaman proyek yang ditangani menunjukkan fleksibilitas dan kemampuan teknis PT. WBK dalam memenuhi kebutuhan klien dari berbagai sektor.

Selama perjalanannya, perusahaan telah dipercaya oleh sejumlah klien besar berskala nasional, seperti PLN, Pertamina, perusahaan BUMN di bidang pengelolaan limbah, serta berbagai entitas swasta ternama. Kepercayaan ini menjadi bukti atas reputasi dan kinerja profesional yang dijaga oleh perusahaan.

Untuk mendukung kegiatan operasionalnya, perusahaan ini juga telah memiliki berbagai sertifikasi di bidang konstruksi dan jasa kontraktor, yang mencerminkan standar mutu, keselamatan, dan keahlian teknis yang tinggi. Dari sisi produksi, perusahaan memiliki kapasitas pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden removal*) sebesar 18 juta BCM per tahun, serta kapasitas produksi batubara mencapai 4 juta metrik ton per tahun.

Saat ini, aktivitas penambangan difokuskan pada satu lokasi utama, yaitu Pit 2 Blok 2, yang terdiri atas tiga lapisan batubara (*seam*). Dengan dukungan peralatan, sumber daya manusia yang kompeten, dan sistem manajemen yang terstandarisasi, PT. WBK terus berkomitmen untuk memberikan layanan terbaik, efisien, dan berkelanjutan kepada para mitra dan klien.



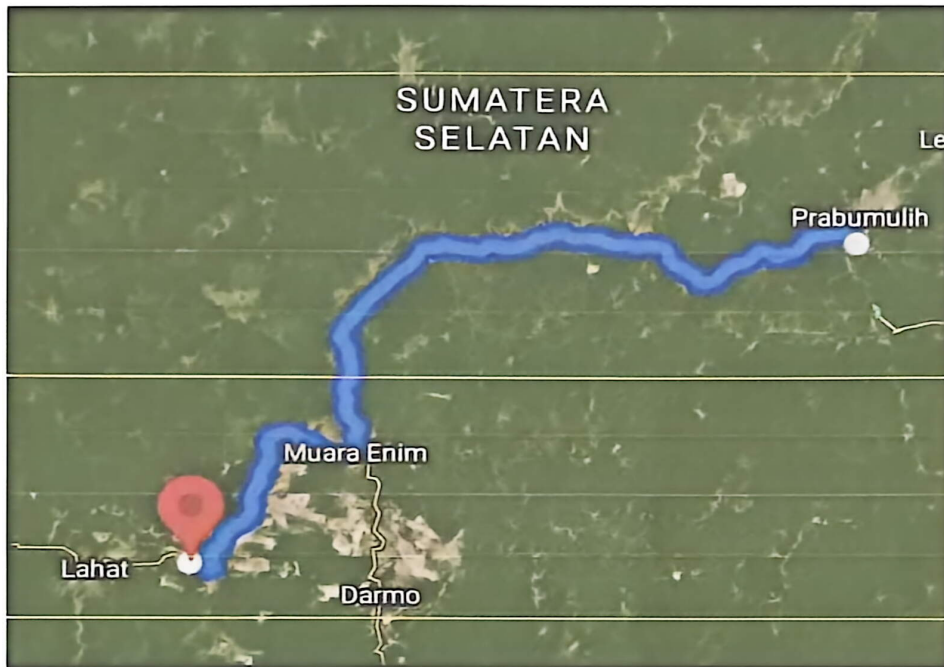
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025

Gambar 2. 1 Area Pengupasan *Overburden*

2.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi operasional PT. WBK secara administratif berada di Desa Lubuk Budi, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Wilayah ini terletak sekitar 72 kilometer dari Universitas Prabumulih, dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Muara Enim di sebelah timurnya.

Secara geografis, posisi koordinat PT. WBK berada pada 3°47'2.400" Lintang Selatan dan 103°41'6.000" Bujur Timur. Lokasi ini termasuk dalam kawasan yang strategis untuk kegiatan pertambangan batubara, karena memiliki akses yang relatif mudah dan berada di dalam wilayah kaya cadangan energi fosil di Cekungan Sumatera Selatan.



Sumber: Google Maps, 2025

Gambar 2. 2 Lokasi Kesampaian Daerah

2.3 Kegiatan Pertambangan

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. WBK menggunakan metode tambang terbuka (*open pit mining*), yang merupakan metode paling umum dan efisien untuk pengambilan sumber daya mineral seperti batubara. Sistem penambangan ini dijalankan dengan metode pengangkutan konvensional, yaitu kombinasi antara alat gali-muat berupa *excavator* dan alat angkut berkapasitas tinggi seperti *high dump truck*. Seluruh rangkaian kegiatan dilakukan dengan memperhatikan aspek efisiensi, keselamatan, dan kelestarian lingkungan. Secara garis besar, kegiatan penambangan di perusahaan meliputi:

1. *Land Clearing*

Land clearing merupakan proses awal dalam kegiatan penambangan yang bertujuan untuk membersihkan area yang akan ditambang dari vegetasi permukaan. Proses ini mencakup penebangan pohon, pembabatan semak belukar, serta pembersihan sisa-sisa organik lainnya. PT. WBK menggunakan *excavator Caterpillar PC 320D* dalam proses ini untuk menjamin efektivitas pekerjaan. Tahap ini penting untuk menciptakan area kerja yang aman dan mendukung kelancaran proses berikutnya.

2. *Top Soil Removal*

Setelah lahan dibersihkan, langkah selanjutnya adalah pengupasan lapisan tanah pucuk atau *top soil*. *Top soil* ini merupakan lapisan tanah paling atas yang mengandung unsur hara tinggi dan sangat bermanfaat untuk reklamasi. Oleh karena itu, PT. WBK memisahkan dan menyimpan tanah pucuk ini secara khusus agar dapat digunakan kembali untuk pemulihan lahan pasca tambang, sebagai bagian dari komitmen perusahaan terhadap praktik pertambangan yang berkelanjutan.

3. *Stripping Overburden*

Pembongkaran *overburden* adalah salah satu proses utama dalam operasi penambangan batubara. *Overburden* merupakan lapisan tanah dan batuan yang menutupi cadangan batubara. Volume material *overburden* yang ditangani sangat besar dan disesuaikan dengan rasio pengupasan (*stripping ratio*). Perusahaan memastikan kegiatan ini dilakukan dengan perencanaan yang matang, penggunaan alat berat berkapasitas tinggi, serta pengawasan ketat untuk meminimalkan dampak lingkungan dan mengoptimalkan produktivitas.

4. *Coal Getting*

Setelah lapisan penutup berhasil dipindahkan, proses penggalian batubara atau *coal getting* dapat dimulai. Kegiatan ini merupakan inti dari operasi tambang yang menentukan hasil produksi batubara. Perusahaan menggunakan *excavator Kobelco I* untuk penggalian, dan batubara yang telah digali kemudian diangkut menggunakan *dump truck* Quester CWE870 menuju *stockpile*. Seluruh proses dilakukan dengan standar operasional yang tinggi untuk menjaga kualitas batubara dan keselamatan kerja.

5. *Hauling Overburden* dan Batubara

Proses *hauling* dilakukan untuk memindahkan material hasil tambang ke lokasi yang telah ditentukan. Material overburden diangkut ke *disposal* area menggunakan *Off Highway Truck* (OHT) tipe 773E, sedangkan batubara dibawa ke *stockpile* atau *crushing plant* menggunakan *dump truck Quester* CWE870. Kegiatan ini memegang peranan penting dalam menjaga kelancaran produksi, dan dilakukan dengan sistem pemantauan armada yang ketat guna memastikan efisiensi waktu, konsumsi bahan bakar, dan keselamatan operasional.



Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 3 Area *Disposal*

2.4 Kondisi Geologi

Wilayah kerja PT Wahana Bandhawa Kencana (WBK) di Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan, memiliki karakteristik geologi yang cukup kompleks dan kaya potensi sumber daya. Secara umum, kondisi geologi daerah ini dapat dibagi menjadi dua aspek utama, yaitu geologi regional dan stratigrafi. Kedua aspek ini memberikan gambaran penting terkait potensi dan keberlanjutan eksplorasi serta eksploitasi batubara di wilayah tersebut.

2.4.1 Geologi Regional

Secara regional, daerah Lahat termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan, yang merupakan bagian dari wilayah Sumatera Timur. Wilayah ini terpisah dari Sumatera bagian tengah oleh tinggian Asahan atau Pegunungan Tigapuluh yang membentang dari barat laut ke arah selatan. Di sisi barat, wilayah ini dibatasi oleh Pegunungan Bukit Barisan, sedangkan di timur laut berbatasan dengan daratan pra-Tersier. Proses sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan berlangsung secara berkelanjutan selama zaman Tersier, dengan penurunan dasar cekungan secara bertahap, sehingga menyebabkan akumulasi sedimen dengan ketebalan mencapai 500 meter.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Lahat, urutan lapisan batubara dari yang tertua hingga termuda meliputi: lapisan Suban, lapisan Manggus, dan tujuh lapisan gantung lainnya. Penyebaran batuan di daerah ini terbagi dalam empat satuan utama:

1. Formasi Muara Enim, yang merupakan formasi utama penghasil batubara. Formasi ini didominasi oleh batu lempung dan batu pasir yang menunjukkan indikasi kuat sebagai lapisan batubara (*coal measure*).
2. Formasi Kasai, dicirikan oleh keberadaan tufa putih yang banyak tersingkap di wilayah Suban dan Klawas.
3. Intrusi Andesit, membentuk perbukitan, terutama di sekitar tambang batubara Bukit Asam, yang menunjukkan adanya aktivitas vulkanik masa lalu.
4. Satuan Endapan Kuarter, terdiri atas batu lempung dan pasir yang tidak selaras dengan batuan sebelumnya, umumnya ditemukan di bagian timur dan utara wilayah Air Laya.

2.4.2 Stratigrafi

Endapan batuan berumur Tersier di Cekungan Sumatera Selatan memiliki urutan stratigrafi yang jelas dan tersusun secara sistematis dari tua ke muda. Formasi-formasi utama yang terdapat di wilayah ini adalah sebagai berikut:

1. Formasi Lahat

Diendapkan secara tidak selaras di atas batuan pra-Tersier dan berumur Oligosen Bawah. Komposisinya meliputi tufa breksi, lempung tufaan, breksi,

dan konglomerat, dengan pengendapan yang terjadi di lingkungan darat. Di bagian yang lebih dalam, batuan berubah fasies menjadi serpih, batulanau, dan batupasir dengan sisipan batubara. Ketebalan formasi ini bervariasi antara 0–300 meter.

2. Formasi TalangAkar

Merupakan formasi berumur Oligosen Atas hingga Miosen Bawah yang diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Lahat. Tersusun oleh batupasir, batupasir gampingan, batulempung, serta batulempung bersisipan batubara. Formasi ini terbentuk di lingkungan fluvial, delta, hingga laut dangkal dengan ketebalan mencapai 400 meter.

3. Formasi Baturaja

Diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar dan berumur Miosen Bawah. Disusun oleh lapisan napal dan batugamping, termasuk batugamping terumbu. Ketebalannya berkisar antara 0–160 meter.

4. Formasi Gumai

Menutupi Formasi Baturaja secara selaras dan berumur Miosen Bawah hingga Miosen Tengah. Tersusun dari serpih, dengan sisipan napal dan batugamping di bagian bawah. Formasi ini terbentuk di lingkungan laut dalam, dengan ketebalan bervariasi antara 300–2200 meter.

5. Formasi Air Benakat

Diendapkan di atas Formasi Gumai, dan berumur Miosen Tengah. Formasi ini terdiri dari batulempung pasir dan batupasir glaukonitan, menunjukkan lingkungan pengendapan laut dangkal hingga neritik, dengan ketebalan 100–800 meter.

6. Formasi Muara Enim

Formasi ini merupakan lapisan paling penting dalam konteks pertambangan batubara. Diendapkan secara selaras di atas Formasi Air Benakat, dan berumur Miosen Atas. Terdiri dari batupasir lempungan, batulempung pasir, serta lapisan batubara yang tebal. Formasi ini terbentuk di lingkungan laut dangkal hingga rawa, dengan ketebalan mencapai 150–750 meter.

7. Formasi Kasai

Merupakan formasi termuda yang diendapkan secara selaras di atas Formasi Muara Enim. Tersusun oleh batupasir tufaan, batulempung, dan sisipan batubara tipis, yang terbentuk di lingkungan pengendapan darat hingga transisi laut.

Formasi Muara Enim secara khusus dikenal sebagai lapisan produktif dalam penambangan batubara di wilayah Cekungan Sumatera Selatan. Endapan batubara di formasi ini terbentuk pada fase akhir regresi laut, menghasilkan lapisan batubara ekonomis seperti yang ditemukan di wilayah Bukit Asam. Struktur geologi di sekitar Bukit Asam menunjukkan bentuk antiklin (*antiform*) atau menyerupai kubah, yang diasosiasikan dengan aktivitas intrusi batuan beku jenis andesit pasca orogenesis *Plio-Plistosen*.

Wilayah kerja PT. WBK terletak pada bagian formasi Muara Enim ini, yang memiliki potensi batubara cukup besar, terutama di wilayah Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Keberadaan formasi ini memberikan dasar geologi yang kuat bagi kegiatan eksplorasi dan produksi batubara yang berkelanjutan serta bernilai ekonomi tinggi.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup merupakan lapisan tanah yang berada paling atas permukaan atau bisa juga sebagai tanah yang menutupi bshsn galian yang berada dibawahnya. *Overburden* ini terdiri dari tiga jenis material yaitu material *top soil*, *common soil* dan *rock* (Rama et al, 2025). Berikut definisi dari tiga jenis material tersebut:

1. *Top soil*, merupakan material yang memiliki sifat lunak dan mudah digali yang berada diatas, karena sifat *top sosil* yang lunak dan mudah digali maka penggaliannya mudah dilakukan cukup dengan *excavator backhoe*. Material *top soil* juga mengandung humus.
2. *Common soil*, merupakan material yang sifatnya agak keras dan agak sulit digali, sehingga penggaliannya tidak dapat dilakukan dengan *excavator*, melainkan harus di *ripping* menggunakan *bulldozer*. material *common soil* adalah *shale*, *sillsstone*, *clay*, dan lain-lain.
3. *Rock*, merupakan maerial yang sangat keras dan agak sulit digali, sehingga untuk melepaskan material *rock* yaitu dengan peledakan. material yang termasuk *rock* yaitu granit, andesit, *sandstone* dan lain-lain.

Lapisan tanah yang menutupi bahan galian perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat mengambil bahan galian berharga tersebut. Menurut Rama et al (2025), adapun metode yang digunakan dalam pengupasan tanah penutup sebagai berikut:

1. *Backfilling digging methode*

Cara ini dilakukan dengan membuang material ke tempat yang sudah tidak memiliki lagi lapisan batubara didalamnya lagi. Cara ini cocok untuk material penutup yang bersifat tidak diselingi oleh berlapis-lapis endapan bahan galian, material lunak, dan letaknya mendatar.

2. *Benching system*

Cara pengupasan *overburden* dengan sistem jenjang (*benching*). Cara seperti ini cocok untuk material penutup yang terbal, dan bahan galian yang cukup tebal.

3. *Multi bucket excavator system*

Pengupasan material penutup dibuang ke tempat yang sudah digali atau dibawa ke tempat pembuangan khusus. Caranya dengan menggunakan *bucket wheel excavator*. Sistem ini cocok untuk material yang bersifat lunak dan tidak lengket

4. *Drag scraper system*

Cara ini umumnya pengambilan material penutup diikuti pengambilan bahan galian setelah material penutup dibuang. Tetapi bisa juga material penutup diambil terlebih dahulu berikutnya pengambilan bahan galiannya. Sistem ini cocok untuk material penutup yang bersifat lunak dan mudah lepas.

3.2 *Cycle Time*

Siklus pekerjaan dalam pemuatan dan pengangkutan material yang dilakukan secara berulang-ulang, waktu siklus ini umumnya disebut dengan waktu edar atau *cycle time*. *Cycle time* merupakan jumlah waktu yang ditempuh oleh alat mekanis untuk melakukan satu siklus pekerjaan (Nurahma, 2023).

1. Cycle time alat gali muat

Waktu edar alat gali muat merupakan siklus yang dibutuhkan suatu alat gali muat untuk melakukan suatu siklus pekerjaan dari mulai menggali material, waktu saat melakukan *swing* isi, waktu saat memuat material ke dalam alat angkut, dan waktu saat melakukan *swing* kosong. Untuk menghitung waktu edar alat gali muat dapat menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$Ct = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4 \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Ct = *cycle time* (detik)

Tm1 = waktu gali material (detik)

Tm2 = waktu *swing* isi (detik)

Tm3 = waktu *loading* material (detik)

Tm4 = waktu *swing* kosong (detik)

2. Cycle time alat angkut

Waktu edar alat angkut meliputi manuver *loading point*, *loading time*, waktu mengangkut, manuver isi, waktu *dumping* dan waktu kembali keadaan *vessel* kosong. Untuk menghitung waktu edar alat angkut dapat menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$Ct = Mlp + Lt + Htf + Mdp + Dt + Hte \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

Ct = *cycle time* (menit)

Mlp = manuver *loading point* (menit)

Lt = *loading time* (menit)

Htf = *hauling time full* (menit)

Mdp = manuver *dump point* (menit)

Dt = *dumping time* (menit)

Hte = *hauling time empty* (detik)

3.3 Efisiensi Kerja

Menurut Herniti et al (2023), efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan, atau bisa juga perbandingan antara waktu kerja yang dipakai untuk bekerja dengan waktu kerja yang tersedia. Waktu kerja efektif yang dimaksud adalah waktu dimana kerja yang tersedia dikurangi oleh hambatan yang terdiri dari hambatan yang dapat dihindari dan yang tidak dapat dihindari. Waktu kerja efektif berpengaruh terhadap efisiensi kerja alat. Sehingga waktu hambatan ini harus dikurangi kecuali hambatan yang tidak dapat dihindari seperti kondisi hujan, alat mengalami masalah, dan lain-lain. Adapun Persamaan 3.3 yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja sebagai berikut:

$$E = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

Ek = efisiensi kerja (%)

W_c = waktu kerja efektif (menit)

W_t = waktu kerja tersedia (menit)

3.4 Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Pengembangan material atau *swell factor* adalah persentase pemberaian volume material dari volume asli yang dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah material yang harus dipindahkan kedudukan aslinya (Rama,2023).

Material yang berada di lapangan ketika sudah digali akan mengalami pengembangan, sebelum dilakukan penggalian dan yang sudah penggalian disebut dengan faktor pengembangan. Berdasarkan volumenya, tanah dapat diubah-ubah. Dikenal dengan tiga macam volume tanah *bank*, *loose* dan *compacted*. Adapun penjelasan dari tiga keadaan volume sebagai berikut:

1. Volume asli (*bank*) adalah volume tanah yang belum diganggu oleh alat berat. Biasanya volume ini dijadikan dasar bagi perhitungan tanah. Satuan yang digunakan adalah *bank cubic meter* (bcm)
2. Volume lepas (*loose*) adalah volume tanah setelah dibongkar atau dikeruk dari tempat asalnya. Satuan yang digunakan adalah *loose cubic meter* (lcm)
3. Volume padat (*compacted*) adalah volume tanah yang sudah ditimbun dan sudah dipadatkan. Satuan yang digunakan adalah *compacted cubic meter* (ccm)

Faktor pengembangan juga dapat diketahui dari perbandingan densitas materia lepas dan material insitunya. Densitas adalah berat per unit volume dari suatu material. Setiap material memiliki densitas yang berbeda-beda karena dipengaruhi oleh sifat fisiknya. Untuk mengitung *swell factor* dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut:

$$SF = \frac{\text{bank volume}}{\text{loose volume}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

SF= *swell factor*

3.5 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Produktivitas merupakan serangkaian kegiatan untuk mencapai target yang optimal pada operasional alat berat. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai produktivitas seperti jam kerja, jam operasional alat, waktu edar alat, ukuran *bucket* alat gali muat, *fill factor*, efisiensi kerja hingga *swell factor* (Rahman, 2022).

Menurut Rahman (2022), nilai produktivitas merupakan hasil dari *output* terhadap *input*. Alat berat merupakan sumber daya vital dalam industri pertambangan, namun biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan alat berat tidaklah sedikit. Oleh karena itu pemilihan suatu alat berat harus yang benar-benar memiliki efisiensi kerja yang sesuai dengan kegiatan yang bersangkutan.

Secara umum perhitungan produktivitas terbagi menjadi dua diantaranya sebagai berikut:

1. Produktivitas alat gali muat

Produktivitas alat gali muat adalah nilai produksi yang dihasilkan oleh alat gali muat. Untuk menghitung nilai produktivitas alat gali muat dapat menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$Q = Kb \times Ff \times \frac{3600}{Ct} \times E \times Sf \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

Q = produktivitas alat gali muat

Kb = kapasitas *bucket* (m³)

Ff = *fill factor* (%)

E = efisiensi kerja

Sf = *swell factor*

Ct = *cycle time* alat gali muat

2. Produktivitas alat angkut

Produktivitas alat angkut adalah nilai produksi yang dihasilkan oleh alat angkut. Untuk menghitung nilai produktivitas alat angkut dapat menggunakan Persamaan 3.6 sebagai berikut:

$$Q = \frac{60}{Ct} \times Kv \times Ff \times E \times Sf \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

Q = produktivitas alat angkut

Kv = kapasitas vessel (m³)

Ff = *fill factor* (%)

E = efisiensi kerja

Sf = *swell factor*

Ct = *cycle time* alat angkut

3.6 Match Factor

Keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut berpengaruh terhadap faktor kerja. Hubungan kerja yang tidak serasi akan menurunkan kinerja, secara perhitungan teoritis produktivitas alat gali muat haruslah sama dengan produktivitas alat angkut (Rahman, 2022).

Menurut Aryansyah (2023), faktor keserasian dapat dinyatakan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut:

$$MF = \frac{Na \times Ctm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

Na = jumlah alat angkut (unit)

Nm = jumlah alat gali muat (unit)

Ctm = waktu edar alat gali gali muat

Cta = *cycle time* alat angkut (s)

Bila dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil sebagai berikut maka:

1. MF < 1, maka alat gali muat akan menunggu sedangkan alat angkut akan bekerja penuh
2. MF = 1, maka kedua alat tersebut sudah serasi sinkron, yang artinya kedua alat akan sama sibuknya dan tidak ada yang menunggu
3. MF > 1, maka alat angkut akan menunggu sedangkan alat gali muat akan bekerja penuh

3.7 Pola Pemuatan

Menurut Rahman (2022), pola pemuatan dapat mempengaruhi waktu edar alat. Pola pemuatan yang digunakan tergantung bagaimana kondisi dari lapangan serta alat mekanis yang digunakan, dengan harapan bahwa setiap alat angkut yang datang, *bucket* alat gali muat sudah terisi penuh dan siap untuk ditumpahkan ke bak alat angkut. Pola pemuatan terdiri dari sebagai berikut:

1. *Top loading*, dimana kedudukan alat gali muat lebih tinggi dari alat angkut. Cara ini hanya digunakan pada alat muat *backhoe*. Selain itu operator lebih leluasa untuk melihat vessel alat angkut dan menempatkan material. Pola pemuatan *top loading* dapat dilihat pada Gambar 3.1.
2. *Bottom loading*, dimana pola pemuatan alat gali muat dan alat angkut terletak pada satu ketinggian yang sama. Cara ini idealnya dipakai pada alat muat *power shovel*, pola pemuatan ini akan membuat waktu ayun isi dari alat muat lebih lama karena sudut pemutarannya lebih besar. Hal ini akan menyebabkan waktu edar alat akan lebih lama dan membuat produktivitas lebih rendah.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Produktivitas alat gali muat dan alat angkut dapat diketahui apabila faktor yang mempengaruhi produktivitas sudah diketahui. Pada umumnya faktor tersebut meliputi *cycle time* alat mekanis, *fill factor*, jumlah alat mekanis, *swell factor* dan efisiensi kerja. Untuk mengetahui produktivitas tersebut dapat menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6. untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

4.1.1 Cycle Time Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Berikut adalah *cycle time* alat gali muat dan alat angkut yang didapat dari penelitian, terdapat 4 siklus yang dilakukan oleh alat berat diantaranya waktu *digging*, *swing load*, *loading*, dan *swing empty*. Untuk menghitung *cycle time* alat gali muat dapat menggunakan Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2 dan untuk perhitungan parameter distribusi frekuensi total *cycle time* alat dapat dihitung sebagai berikut.

4.1.1.1 Cycle Time Alat Gali Muat

Perhitungan distribusi frekuensi *cycle time excavator* Caterpillar (390F) dapat dilihat sebagai berikut:

Jumlah data (n)	= 30
Minimum	= 16,63
Maximum	= 30,96
Jumlah kelas	= $1 + 3,3 \log n$
Jumlah kelas	$\equiv 5,87$
	$\equiv 6$
Interval kelas	$\equiv \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$
Interval kelas	= 2,39

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

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
16,63 - 19,02	4	13,33	17,83	71,30
19,03 - 21,42	1	3,33	20,23	20,23
21,43 - 23,82	16	53,33	22,63	362,00
23,83 - 26,22	8	26,67	25,03	200,20
26,23 - 28,62	0	0,00	27,43	0,00
28,63 - 31,02	1	3,33	29,83	29,83
Total	30	100,00%	142,95	683,55

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{683,55}{30} \\
 &= 22,79 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan yang didapat menunjukkan rata-rata *cycle time* alat gali muat yaitu 22,79 detik. Untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.1.2 *Cycle Time* Alat Angkut

Berikut adalah perhitungan distribusi frekuensi *cycle time* OHT (773E) yang dapat dilihat dibawah ini:

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

$$\text{Minimum} = 15,72$$

$$\text{Maximum} = 22,31$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 5,72 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{maximum} - \text{minltmum}}{\text{jumlah kelas}}$$

$$\text{Interval kelas} = 0,61$$

Tabel 4. 2 Distribusi Frekuensi waktu edar alat angkut

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
15,72 - 16,82	2	6,66%	16,27	32,54
16,83 - 17,93	5	16,66%	17,38	86,90
17,94 - 19,04	8	26,66%	18,49	147,92
19,05 - 20,15	7	23,33%	19,6	137,20
20,16 - 21,26	3	10,00%	20,71	62,13
21,27 - 22,37	5	16,66%	21,82	109,10
Total	30	100,00%	114,27	575,79

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{\sum f_i \times x_i}{n} \\
 &= \frac{575,79}{30} \\
 &= 19,19 \text{ (menit)} \\
 &= 1.151,58 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

Maka, hasil perhitungan yang didapat menunjukkan rata-rata *cycle time* alat angkut yaitu 19,19 menit atau 1.151,58 detik. Untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

4.1.2 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja suatu Perusahaan tentu menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas pada kegiatan pengupasan *overburden*. Semakin baik efisiensi kerja maka produktivitas alat bekerja semakin baik terutama Perusahaan tentu memiliki target produksi baik untuk *overburden* maupun Batubara. Berikut ini Adalah hasil dari pengamatan yang telah dilakukan di PT. WBK meliputi jam kerja, hambatan yang terjadi.

4.1.2.1 Jam Kerja PT WBK

Jam kerja di Perusahaan memiliki 2 *shift*, dimana setiap shift kerja ada total 11 jam untuk melakukan pekerjaan. Jika kedua shift dihitung maka dalam sehari ada total waktu 22 jam waktu yang tersedia untuk bekerja. Jam kerja Perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja PT WBK

Shift	Jadwal	Keterangan	Jam
Shift 1	07.00 – 12.00	Bekerja	5
	12.00 – 13.00	Istirahat	1
	13.00 – 19.00	Bekerja	6
	Total 1		11 jam
Shift 2	19.00 – 24.00	Bekerja	5
	24.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 07.00	Bekerja	6
	Total 2		11 jam
Total keseluruhan jam kerja			22 jam (Total A + Total B)

Sumber: Penulis (2025)

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada hari senin hingga sabtu waktu kerja perusahaan adalah 22 jam. Tetapi pada hari jumat waktu istirahatnya dimulai dari jam 11.00 – 13.00 untuk jadwal hari jumat dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja pada Jumat PT WBK

Shift	Jadwal	Keterangan	Jam
Shift 1	07.00 – 11.00	Bekerja	4
	11.00 – 13.00	Istirahat	2
	13.00 – 19.00	Bekerja	6
	Total 1		10 jam
Shift 2	19.00 – 24.00	Bekerja	5
	24.00 – 01.00	Istirahat	1
	01.00 – 07.00	Bekerja	6
	Total 2		11 jam
Total keseluruhan jam kerja			21 jam (Total A + Total B)

Sumber: Penulis (2025)

Tabel 4.4 adalah waktu dimana hari jumat waktu kerjanya berkurang 1 jam karena adanya waktu istirahat dengan 21 jam untuk bekerja. Berdasarkan tabel tersebut maka, dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui waktu tersedia perusahaan.

$$\text{Waktu tersedia} = \frac{22 \text{ jam} \times 6 \text{ hari/minggu} \times 21 \text{ jam} / 1 \text{ hari/minggu}}{7 \text{ hari/minggu}}$$

$$= 21,85 \text{ jam/hari} \times 60 \text{ menit/hari}$$

$$= 1.311,43 \text{ menit/hari}$$

4.1.2.2 Waktu Efektif dan Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja Perusahaan dapat dipengaruhi oleh waktu hambatan dimana waktu hambatan ini terbagi menjadi dua yaitu waktu hambatan yang dapat dihindari dengan hambatan yang tidak dapat dihindari. Hambatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hambatan yang Diamati

Hambatan	Keterangan	1 <i>shift</i> (menit)
Hambatan yang dapat dihindari	Terlambat bekerja	10
	Pengisian <i>fuel</i>	20
	Perbaikan alat di tempat	20
Total 1		50 menit
Hambatan yang tidak dapat dihindari	Pemeriksaan harian alat (P2H)	20
	Perbaikan <i>front</i>	30
	<i>Safety talk</i>	10
Total 2		60 menit
Total keseluruhan (Total 1 + Total 2)		110

Sumber: Penulis (2025)

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu efektif} &= 1.311,43 - 110 \times 2 \text{ shift} \\
 &= 1.311,43 - 220 \\
 &= 1.091,43 \text{ menit} \\
 &= 18,19 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi kerja} &= \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \\
 &= \frac{1.091,43}{1.311,43} \times 100\% \\
 &= 83\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan waktu efektif dan efisiensi kerja menunjukkan bahwa waktu efektif Perusahaan Adalah sekitar 18 jam perhari dengan efisiensi kerja adalah 83%.

4.1.3 Swell Factor

Faktor pengembangan material merupakan perbandingan antara volume *loose* dengan volume *insitu* atau masih keadaan asli. Berdasarkan hasil dari pengamatan di lapangan berikut ini Adalah perhitungan *swell factor* dengan Persamaan 3.4 tersebut.

Diketahui:

$V_{loose} = 1.955$ densitas

$V_{insitu} = 2.300$ densitas

Jadi:

$$\begin{aligned} \text{Swell factor} &= \frac{V_{loose}}{V_{insitu}} \times 100\% \\ &= \frac{1.955}{2.300} \times 100\% \\ &= 85\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan faktor pengembangan *overburden* tanah liat kering adalah 85% dapat dilihat pada Lampiran C.

4.1.4 Fill Factor

Fill factor merupakan faktor pengisian dimana dapat mempengaruhi suatu produktivitas alat sehingga dibutuhkan penyesuaian bucket dan skil operator agar dalam melakukan loading tetap seimbang. Perhitungan *fill factor* berdasarkan perbandingan antara kapasitas nyata alat dengan kapasitas baku alat dapat dilihat sebagai berikut.

Diketahui:

$V_n = 5,5 \text{ m}^3$

$V_b = 6,0 \text{ m}^3$ (Lampiran D)

Jadi:

$$\begin{aligned} \text{Fill factor} &= \frac{V_n}{V_b} \times 100\% \\ &= \frac{5,5}{6,0} \times 100\% \\ &= 91\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor pengembangan dengan kapasitas nyata alat 5,5 m³ adalah 91%.

4.1.5 Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Produktivitas alat gali muat dan alat angkut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan, rumus yang digunakan dalam melakukan perhitungan produktivitas alat dapat dilihat pada Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 serta hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

4.1.5.1 Produktivitas Alat Gali Muat

Perhitungan produktivitas alat gali muat dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$$K_b = 5,5 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,91 \text{ (Lampiran C)}$$

$$E_f = 0,83 \text{ (Lampiran C)}$$

$$S_f = 0,85 \text{ (Lampiran C)}$$

$$C_{tm} = 22,79 \text{ detik (Tabel 4.1)}$$

Jadi:

$$Q = K_b \times F_f \times \frac{3600}{C_t} \times E \times S_f$$

$$Q = 5,5 \times 0,91 \times \frac{3600}{22,79} \times 0,83 \times 0,85$$

$$Q = 557,77 \text{ BCM/jam}$$

$$Q = 10.039,9 \text{ BCM/hari}$$

$$Q = 301.198,6 \text{ BCM/Bulan}$$

Maka, produktivitas alat gali muat *Excavator* Caterpillar (390F) untuk pengupasan *overburden* yaitu 557,77 BCM/jam. Berdasarkan target produksi *overburden* perusahaan 200.000,0 BCM/bulan hal ini menunjukkan bahwa perusahaan sudah mencapai target produksi yang diinginkan

4.1.5.2 Produktivitas Alat Angkut

Berikut adalah perhitungan dari produktivitas alat angkut pada pengupasan *overburden*, dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

$$K_v = 26,5 \text{ m}^3$$

$$F_f = 0,91 \text{ (Lampiran C)}$$

$$E = 0,83 \text{ (Lampiran C)}$$

$$S_f = 0,85 \text{ (Lampiran C)}$$

$$C_{ta} = 1.151,58 \text{ detik (Tabel 4.2)}$$

$$N_a = 7 \text{ unit}$$

Jadi:

$$Q = \frac{3600}{C_{ta}} \times K_v \times f_f \times E \times S_f$$

$$Q = \frac{3600}{1.151,58} \times 26,5 \times 0,91 \times 0,83 \times 0,85$$

$$Q = 53,18 \text{ BCM/jam}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ (7 unit OHT)} &= 53,18 \times 7 \\ &= 372,29 \text{ BCM/jam} \\ &= 6.701,36 \text{ BCM/hari} \\ &= 201.040,9 \text{ BCM/bulan} \end{aligned}$$

Maka, produktivitas alat angkut OHT (773E) untuk kegiatan pengupasan *overburden* yaitu 372,29 BCM/jam dengan 7 unit OHT 773E. sehingga untuk memnuhi target produksi perusahaan 200.000,0 BCM/bulan telah terpenuhi.

4.2 Evaluasi Sinkronisasi Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Keserasian kerja suatu alat dapat mempengaruhi sebuah produktivitas, sehingga penelitian yang dilakukan di PT. WBK untuk mengetahui hasil perhitungan *match factor* dari alat mekanis yang digunakan dalam kegiatan pengupasan *overburden*. Dalam menentukan hasil *match factor* maka harus

diketahui cycle time dari *Excavator* Caterpillar (390F) Dan OHT (773E) dan jumlah pengisian dan jumlah alat angkut itu dalam melayani 1 unit alat gali muat.

Match factor *Excavator* Caterpillar (390F) Dan OHT (773E) pada pengupasan *overburden* dapat dilihat pada Persamaan 3.7. berikut adalah perhitungan *match factor* tersebut.

Diketahui:

Nta = 7 unit

Nm = 1 unit

Ctm = 22,79 detik (Tabel 4.1)

Cta = 1.151,58 detik (Tabel 4.2)

Np = 7 kali pengisian

Jadi:

$$MF = \frac{Nta \times Ctm \times Np}{Nm \times Cta}$$

$$MF = \frac{7 \times 22,79 \times 7}{1 \times 1.151,58}$$

$$MF = 0,96$$

Keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut didapat nilai $MF < 1$ dengan arti *excavator* bekerja kurang dari 100% sedangkan OHT bekerja 100% sehingga menyebabkan waktu tunggu bagi alat gali muat karena OHT belum datang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang telah saya lakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. produktivitas alat gali muat *Excavator* Caterpillar (390F) untuk pengupasan *overburden* yaitu 557,77 BCM/jam. Dan produktivitas alat angkut OHT (773E) untuk kegiatan pengupasan *overburden* yaitu 372,29 BCM/jam dengan 7 unit OHT 773E.
2. Sinkronisasi alat gali muat Caterpillar 390FL dengan alat angkut OHT 773E adalah 0,96 dengan nilai MF <1 berarti alat gali muat bekerja dibawah 100% sedangkan alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat gali muat (*idle*) karena menunggu alat angkut yang belum datang untuk melakukan *loading*. Tetapi hal ini menunjukkan bahwa walaupun kurang dari 100% alat gali muat bekerja dapat memenuhi target produksi *overburden* 200.000.0 BCM/bulan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang saya laksanakan di PT. WBK diharapkan saran yang diberikan dapat bermanfaat agar memperbaiki agar keserasian kerja alat agar lebih optimal:

1. Perluas radius tikungan di akses menuju *front loading* untuk menghilangkan hambatan salah satu unit OHT yang harus berhenti saat akan berpapasan.
2. Memaksimalkan perawatan jalan secara berkala untuk mengurangi hambatan sehingga *cycle time* unit OHT akan lebih maksimal.
3. Melakukan penyiraman secara berkala pada saat kondisi jalan berdebu dengan menggunakan *water truck* agar debu berkurang dan tidak mengganggu aktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariansyah, A. (2023). *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Batubara Pada PT. Surya Anugrah Sejahtera Desa Rantau Pandan Kabupaten Muara Bungo Provinsi Jambi* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Herniti, D., Fridtriyanda, A., Dinata, A. A., & Siri, H. T. (2023). Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Aktivitas Pengupasan Overburden Di Pt. Firman Ketaun (Fk) Desa Tanjung Dalam Kec. Ulokkupai Kab. Bengkulu Utara. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(2), 67-79.
- Lesmana, D. M. M., & Waterman, W. (2019, September). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat pada Tambang Batu Gamping di PT. SEMEN TONASA Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 495-500).
- Nuraeni, A., Wulandari, S., Azzahra, U. H., RM, A., Ardianti, R., & Maulidah, R. A. (2020). Uji eksperimen efisiensi kerja pada rancangan Hydraulic Ram Pump dengan Water Hammer. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 2(1), 52-58.
- Nurahma, R. A. (2023). *Optimasi Nilai Keserasian Alat dalam Meningkatkan Produktivitas Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup Pada Pit Utara Pt Putra Perkasa Abadi (Ppa) Jobsite Multi Harapan Utama (Mhu)* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Prabowo, H., Premana, H., & Amrina, E. (2023). Keserasian Kerja Alat Gali Muat Excavator Volvo Ec330 Blc Dan Alat Angkut Dump Truck Mercedes Benz Axor 2528 C Pada Kegiatan Coal Getting Seam B. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 23(1), 86-98.
- Rahman, Ahmad Saifur. (2022). Analisa Produktivitas Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Dalam Menangani Penggalan Overburden Di PT. ADARO INDONESIA. Fakultas Sains Dan Teknologi, Teknik Pertambangan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Wicaksono, E., Mulyono, N. B., Pasubondo, B. J., Utomo, S. M., & Rama, B. (2025). Modification of Dumping Method by Reducing Dumping Height and Increasing Material Compaction to Increase Waste Dump Capacity in Coal Mining. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 4(5).

LAMPIRAN A. *CYCLE TIME* ALAT GALI MUAT

A.1 DATA *CYCLE TIME EXCAVATOR* (DETIK)

Tabel A. 1 Cycle Time Alat Gali Muat

NO	<i>Digging</i>	<i>Swing Loaded</i>	<i>Loading</i>	<i>Swing Empty</i>	Total
1	14,86	0	4,14	5,35	24,35
2	9,39	4,22	4,79	5,83	24,23
3	16,15	5,94	4,79	4,08	30,96
4	11,35	4,58	3,98	5,55	25,46
5	10,32	4,04	4,80	4,14	23,30
6	8,81	5,16	5,26	6,12	25,35
7	9,21	0	4,31	5,47	18,99
8	8,91	4,22	5,81	4,71	23,65
9	9,15	4,81	4,89	4,14	22,99
10	9,20	4,33	4,42	5,17	23,12
11	8,87	4,73	5,68	5,22	24,50
12	9,43	4,19	4,12	5,51	23,25
13	8,17	0	4,25	4,21	16,63
14	7,62	5,38	4,19	4,51	21,70
15	8,83	4,55	5,07	5,19	23,64
16	8,6	4,26	4,36	4,21	21,43
17	8,71	4,81	4,25	5,25	23,02
18	8,26	5,14	5,68	4,96	24,04
19	8,28	0	4,73	4,35	17,36
20	7,32	5,17	4,20	5,27	21,96
21	8,82	5,13	4,45	4,93	23,33
22	7,41	5,11	4,25	4,24	21,01
23	7,55	4,43	4,92	4,77	21,67
24	9,13	5,21	5,13	4,18	23,65
25	8,23	0	4,67	5,17	18,07
26	7,64	4,75	4,87	5,21	22,47
27	8,32	4,71	5,19	4,93	23,15
28	8,43	5,55	5,12	4,89	23,99
29	7,60	4,63	4,51	4,82	21,56
30	8,81	5,04	5,11	4,93	23,89
R	9,38	4,16	4,70	4,97	22,79
MAX	16,15	5,94	5,81	6,12	30,96
MIN	7,32	0	3,98	4,08	16,63

Sumber: Penulis

A.2. PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *DIGGING* (DETIK)

Jumlah data (n)	= 30
Minimum	= 7,32
Maximum	= 16,15
Jumlah kelas	= $1 + 3,3 \log n$
Jumlah kelas	= 5,87 = 6
Interval kelas	= $\frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$
Interval kelas	= 1,47

Tabel A. 2 Distribusi Frekuensi *Digging*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
7,32 – 8,79	13	43,33%	8,06	104,72
8,80 – 10,27	13	43,33%	9,54	123,96
10,28 – 11,75	2	6,67%	11,02	22,03
11,76 – 13,23	0	0,00%	12,50	0,00
13,24 – 14,71	0	0,00%	13,98	0,00
14,72 – 16,19	2	6,67%	15,46	30,91
Total	30	100,00%	70,53	281,61

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{f_i \times x_i}{n} \\ &= \frac{281,61}{30} \\ &= 9,38 \text{ (detik)}\end{aligned}$$

A.3. PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING LOADED* (DETIK)

Jumlah data (n)	= 30
Minimum	= 0,00
Maximum	= 5,94
Jumlah kelas	= $1 + 3,3 \log n$
Jumlah kelas	= 5,87 = 6
Interval kelas	= $\frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}}$
Interval kelas	= 0,99

Tabel A. 3 Distribusi Frekuensi *Swing Loaded*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,00 – 0,99	5	16,67%	0,50	2,48
1,00 – 1,99	0	0,00%	1,50	0,00
2,00 – 2,99	0	0,00%	2,50	0,00
3,00 – 3,99	0	0,00%	3,50	0,00
4,00 – 4,99	15	50,00%	4,50	67,43
5,00 – 5,99	10	33,33%	5,50	54,95
Total	30	100,00%	12,48	124,85

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{124,85}{30} \\
 &= 4,16 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

A.4. PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *LOADING* (DETIK)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{Minimum} &= 3,98 \\
 \text{Maximum} &= 5,81 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}} \\
 \text{Interval kelas} &= 0,30
 \end{aligned}$$

Tabel A. 4 Distribusi Frekuensi *Loading*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
3,98 – 4,28	8	26,67%	4,13	33,04
4,29 – 4,59	5	16,67%	4,44	22,2
4,60 – 4,90	7	23,33%	4,75	33,25
4,91 – 5,21	6	20,00%	5,06	30,36
5,22 – 5,52	1	3,33%	5,37	5,37
5,53 – 5,83	3	10,00%	5,68	17,04
Total	30	100,00%	29,43	141,26

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{141,26}{30} \\
 &= 4,70 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

A.5. PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *SWING EMPTY* (DETIK)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{Minimum} &= 4,08 \\
 \text{Maximum} &= 6,12 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}} \\
 \text{Interval kelas} &= 0,34
 \end{aligned}$$

Tabel A. 5 Distribusi Frekuensi *Swing Empty*

kelas	Frekuensi (fi)	persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
4,08 – 4,42	6	20,00%	4,25	25,50
4,43 – 4,77	5	16,67%	4,60	23,00
4,78 – 5,12	6	20,00%	4,95	29,70
5,13 – 5,47	9	30,00%	5,30	47,70
5,48 – 5,82	2	6,67%	5,65	11,30
5,83 – 6,17	2	6,67%	6,00	12,00
Total	30	100,00%	30,75	149,20

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{fi \times xi}{n} \\
 &= \frac{149,20}{30} \\
 &= 4,97 \text{ (detik)}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B. CYCLE TIME ALAT ANGKUT

B.1 DATA CYCLE TIME DUMP TRUCK (MENIT)

Tabel B. 1 Cycle Time Alat Angkut

No	Spotting Load	Load	Hauling Load	Spotting Dump	Dump	Hauling Empty	Total
1	0,53	2,00	8,98	0,61	0,67	7,19	19,98
2	0,43	3,13	8,38	0,57	0,78	6,88	20,17
3	0,44	1,84	9,15	1,01	0,67	8,35	21,46
4	1,24	1,75	7,21	0,84	0,62	7,84	19,50
5	0,38	2,39	9,08	0,45	0,59	6,86	19,75
6	0,97	1,80	8,32	0,67	0,47	6,16	18,39
7	0,68	2,60	8,28	0,75	0,68	8,75	21,74
8	0,78	1,69	7,49	0,44	0,81	7,23	18,44
9	0,52	2,08	7,49	0,59	0,52	5,99	17,19
10	0,77	1,90	7,89	0,55	0,85	5,57	17,53
11	0,48	2,66	8,13	0,66	0,76	7,10	19,79
12	1,37	3,28	7,77	0,91	0,81	8,17	22,31
13	0,59	3,23	8,62	0,62	0,92	7,37	21,35
14	0,51	3,12	7,66	0,57	0,44	6,47	18,77
15	1,08	2,42	6,53	0,35	0,88	7,43	18,69
16	0,35	2,08	6,25	0,46	0,56	6,02	15,72
17	0,84	2,53	6,25	0,93	0,66	6,81	18,02
18	0,95	2,69	8,59	0,55	0,58	7,63	20,99
19	0,99	3,16	6,78	0,56	0,63	6,69	18,81
20	1,38	2,02	7,02	0,37	0,42	6,48	17,69
21	0,52	3,30	7,09	0,65	0,68	5,09	17,33
22	0,57	2,86	7,69	0,43	0,50	7,70	19,75
23	0,42	2,97	9,18	0,39	0,54	7,48	20,98
24	0,37	2,92	9,59	0,32	0,44	8,07	21,71
25	0,83	2,48	6,88	0,63	0,76	7,60	19,18
26	1,42	2,45	7,10	0,37	0,70	7,09	19,13
27	0,35	3,09	7,50	0,40	0,71	6,12	18,17
28	0,37	2,08	7,10	0,37	0,70	6,12	16,74
29	0,35	2,48	7,02	0,63	0,76	6,48	17,72
30	0,35	3,09	7,09	0,40	0,71	6,69	18,33
R	0,70	2,54	14,80	0,57	0,65	6,97	19,19
MAX	1,42	3,30	9,59	0,93	0,92	8,75	22,31
MIN	0,35	1,69	6,25	0,32	0,42	5,09	15,72

Sumber: Penulis

B.2 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *SPOTTING LOAD* (MENIT)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah data (n)} &= 30 \\ \text{Minimum} &= 0,35 \\ \text{Maximum} &= 1,42 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}} \\ \text{Interval kelas} &= 0,17\end{aligned}$$

Tabel B. 2 Distribusi Frekuensi *Spotting Load*

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,35 – 0,52	14	46,66%	0,44	6,09
0,53 – 0,70	3	10,00%	0,62	1,85
0,71 – 0,88	5	16,67%	0,80	3,98
0,89 – 1,06	3	10,00%	0,98	2,93
1,07 – 1,24	2	6,67%	1,16	2,31
1,25 – 1,42	3	10,00%	1,34	4,01
Total	30	100,00%	5,31	21,17

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}\bar{\text{Rata-rata}} &= \frac{\sum f_i \times x_i}{n} \\ &= \frac{21,17}{30} \\ &= 0,70 \text{ (menit)}\end{aligned}$$

B.3 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *LOAD* (MENIT)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah data (n)} &= 30 \\ \text{Minimum} &= 1,69 \\ \text{Maximum} &= 3,30 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}} \\ \text{Interval kelas} &= 0,27\end{aligned}$$

Tabel B. 3 Distribusi Frekuensi Load

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
1,69 – 1,95	5	16,67%	1,82	9,10
1,96 – 2,22	5	16,67%	2,09	10,45
2,23 – 2,49	5	16,67%	2,36	11,80
2,50 – 2,76	4	20,00%	2,63	10,52
2,77 – 3,03	2	6,67%	2,90	5,80
3,04 – 3,30	9	30,00%	3,17	28,53
Total	30	100,00%	14,97	76,20

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{f_i \times x_i}{n} \\
 &= \frac{76,20}{30} \\
 &= 2,54 \text{ (menit)}
 \end{aligned}$$

B.4 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI HAULING LOAD (MENIT)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\
 \text{Minimum} &= 6,25 \\
 \text{Maximum} &= 9,59 \\
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\
 \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\
 \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{jumlah kelas}} \\
 \text{Interval kelas} &= 0,56
 \end{aligned}$$

Tabel B. 4 Distribusi Frekuensi Hauling Load

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
6,25 – 6,80	4	20,00%	6,53	26,10
6,81 – 7,36	8	26,67%	7,09	56,72
7,37 – 7,92	7	25,92%	7,65	53,52
7,93 – 8,48	4	20,00%	8,21	32,82
8,49 – 9,04	3	10,00%	8,77	26,30
9,05 – 9,60	4	20,00%	9,33	37,30
Total	30	100,00%	47,55	444,22

Sumber: Penulis

$$\text{Rata-rata} = \frac{f_i \times x_i}{n}$$

$$= \frac{444,22}{30}$$

$$= 14,80 \text{ (menit)}$$

B.5 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *SPOTTING DUMP* (MENIT)

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 0,32

Maximum = 0,93

Jumlah kelas = $1 + 3,3 \log n$

Jumlah kelas = $= 5,87 = 6$

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

Interval kelas = 0,10

Tabel B. 5 Distribsui Frekuensi *Spotting Dump*

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,32 – 0,43	7	23,33%	0,38	2,66
0,44 – 0,55	5	16,67%	0,50	2,48
0,56 – 0,67	12	40,00%	0,62	7,44
0,68 – 0,79	1	3,70%	0,74	0,74
0,80 – 0,91	2	6,67%	0,86	1,71
0,92 – 1,03	2	6,67%	0,98	1,95
Total	30	100,00%	4,05	16,98

Sumber: Penulis

Rata-rata = $\frac{\sum f_i \times x_i}{n}$

= $\frac{16,98}{30}$

= 0,57 (menit)

B.6 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *DUMPING* (MENIT)

Jumlah data (n) = 30

Minimum = 0,42

Maximum = 0,92

Jumlah kelas = $1 + 3,3 \log n$

Jumlah kelas = $= 5,87 = 6$

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

$$\text{Interval kelas} = 0,08$$

Tabel B. 6 Distribusi Frekuensi *Dumping*

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
0,42 – 0,50	5	16,67%	0,46	2,30
0,51 – 0,59	5	16,67%	0,55	2,75
0,60 – 0,68	7	23,33%	0,64	4,48
0,69 – 0,77	7	23,33%	0,73	2,92
0,78 – 0,86	4	13,33%	0,82	3,28
0,87 – 0,95	2	6,67%	0,91	1,82
Total	30	100,00%	4,11	17,55

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{f_i \times x_i}{n} \\ &= \frac{17,55}{27} \\ &= 0,65 \text{ (menit)} \end{aligned}$$

B.7 PARAMETER DISTRIBUSI FREKUENSI *HAULING EMPTY* (MENIT)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 30 \\ \text{Minimum} &= 5,09 \\ \text{Maximum} &= 8,75 \\ \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log n \\ \text{Jumlah kelas} &= 5,87 = 6 \\ \text{Interval kelas} &= \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Jumlah kelas}} \\ \text{Interval kelas} &= 0,61 \end{aligned}$$

Tabel B. 7 Distribusi Frekuensi *Hauling Empty*

kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai tengah (xi)	fi*xi
5,09 – 5,70	2	6,67%	5,40	10,79
5,71 – 6,32	5	16,67%	6,02	30,10
6,33 – 6,94	8	26,67%	6,64	53,12
6,95 – 7,56	7	25,92%	7,26	50,79
7,57 – 8,18	6	20,00%	7,88	47,25
8,19 – 8,80	2	6,67%	8,50	16,99
Total	30	100,00%	41,67	209,04

Sumber: Penulis

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{f_i \times x_i}{n} \\
 &= \frac{209,04}{30} \\
 &= 6,97 \text{ (menit)}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN C. DATA DARI PERUSAHAAN UNTUK PRODUKTIVITAS

Tabel C. 1 Data produktivitas Aktual

KETERANGAN	Persen %
Efisiensi Kerja	83%
<i>Swell factor</i>	85%
<i>Fill factor</i>	91%

Sumber: PT. WBK

LAMPIRAN D. SPESIFIKASI ALAT GALI MUAT



Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar D. 1 Excavator

1. Mesin

Model: Cat C18 ACERT

Tenaga bersih: 524 hp (391W)

Torsi maksimum: 2497 Nm

Perpindahan: 18,1 L

Diameterbx langlah: 145 mm x 183 mm

2. Sistem hidrolik

Aliran maksimum: 952 l/mnt

Tekanan maksimum peralatan: 35000 kPa

Tekanan maksimum swing: 35000 kPa

Tekanan maksimum travel: 35000 kPa

3. Dimensi

Panjang: 1,5 m

Lebar: 4,45 m

Tinggi: 5,84 m

Radius ayun belakang: 4,7 m

Panjang lacak: 6,35 m

Tinggi kabin: 3,66 m

Jarak bebas counterweight: 165 m

4. Rentang kerja

Kedalaman penggalian maksimal: 7,67 m

Tinggi penggalian maksimal: 10,75 m

Jangkauan maksimum: 15,73 m

Daya sobek: 365 kN

5. Kapasitas

Kapasitas bucket: 2,2 – 6,5 meter kubik

Kapasitas tangki bahan bakar: 1240 L

Kapasitas sistem pendingin: 74 L

Kapasitas oli mesin: 60 L

LAMPIRAN E. SPESIFIKASI ALAT ANGKUT



Sumber: Dokumentasi Penulis

Gambar E. 1 Off Highway Truck

1. Engine

Model: Cat 3412E

Daya kotor: 567 kW

Daya bersih: 537 kW

Jumlah silinder: 12

Kecepatan: 2000 r/min

2. Bobot

Target bobot kerja kotor: 99,300 kg

Bobot chassis: 30,219 kg

Bobot bak: 9,425 kg

3. Kapasitas

Kapasitas bak rata-rata: 26,6 meter kubik

Kapasitas bak SAE 2:1 : 35,2 meter kubik

Kelas muatan nominal: 59,36 ton

4. Kecepatan

Tertinggi bermuatan: 67,8 km/h

Transmisi: 7 kecepatan maju dan 1 kecepatan mundur

5. Rem

Permukaan rem depan: 1395 cm²

Permukaan rem belakang: 61269 cm²

6. Hoist bak

Airan pompa: 562 i/min

Setelan relief valve – angkat: 17225 kPa

Pengaturan relief valve – bawah: 3445 kPa