

Evaluasi Produktivitas Excavator Komatsu Pc 1250 dan OHT Komatsu 785 pada Pengupasan Overburden Pada Bulan Februari Pt Dizamatra Powerindo Lahat Sumatera Selatan

Delti, Ahmad Husni*, Rodiyah Nursani

Universitas Prabumulih, Indonesia

Corresponding Author: ahmadhusni0758@gmail.com

Abstrak

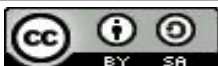
PT Dizamatra Powerindo merupakan perusahaan independen di bidang pertambangan batubara dengan target produksi 378.000 ton dan target pengupasan overburden sebesar 2.872.800 BCM pada tahun 2025. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi produktivitas alat gali muat excavator Komatsu PC 1250 dan alat angkut OHT Komatsu 785 dalam kegiatan pengupasan overburden di Pit Tengah. Metode penelitian menggunakan pengambilan data cycle time sebanyak 30 data pada bulan Februari 2025 dengan pendekatan observasi langsung dan pengolahan data statistik. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas alat gali muat sebesar 542,029 BCM/jam dengan cycle time rata-rata 22,29 detik, sedangkan produktivitas alat angkut mencapai 103,617 BCM/jam dengan cycle time rata-rata 17,49 menit. Efisiensi kerja mencapai 83% dengan match factor 0,76, yang menunjukkan adanya waktu tunggu bagi alat gali muat menunggu alat angkut. Untuk mengoptimalkan kinerja unit dan mencapai match factor 0,95, disarankan pengurangan jumlah unit alat angkut menjadi 5 unit untuk mengurangi waktu tunggu alat gali muat. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas meliputi kondisi jalan angkut, cuaca, bucket fill factor (0,71), dan swell factor (0,85). Penelitian ini memberikan kontribusi dalam optimasi operasional penambangan batubara khususnya dalam pengupasan overburden menggunakan alat berat.

Kata Kunci: batubara, excavator, off highway truck, produktivitas, match factor

Abstract

PT Dizamatra Powerindo is an independent company in the coal mining sector with a production target of 378,000 tons and an overburden stripping target of 2,872,800 BCM in 2025. This study aims to evaluate the productivity of Komatsu PC 1250 excavator loading equipment and Komatsu 785 OHT hauling equipment in overburden stripping activities at Central Pit. The research method uses cycle time data collection of 30 data in February 2025 with direct observation approach and statistical data processing. The results show loading equipment productivity of 542.029 BCM/hour with an average cycle time of 22.29 seconds, while hauling equipment productivity reaches 103.617 BCM/hour with an average cycle time of 17.49 minutes. Work efficiency reaches 83% with a match factor of 0.76, indicating waiting time for loading equipment waiting for hauling equipment. To optimize unit performance and achieve a match factor of 0.95, it is recommended to reduce the number of hauling equipment units to 5 units to reduce loading equipment waiting time. Factors affecting productivity include hauling road conditions, weather, bucket fill factor (0.71), and swell factor (0.85). This research contributes to the optimization of coal mining operations, particularly in overburden stripping using heavy equipment.

Keywords: coal, excavator, off highway truck, productivity, match factor



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Industri pertambangan batubara global menghadapi tantangan signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas alat berat untuk memenuhi permintaan energi dunia yang terus meningkat (Widiyanto & Widayati, 2021). Menurut International Energy Agency (2023), produksi batubara dunia mencapai 8,3 miliar ton pada tahun 2022, dengan Asia Pasifik menyumbang 77% dari total produksi global. Indonesia sebagai produsen batubara terbesar keempat di dunia menghadapi tekanan untuk mengoptimalkan operasi penambangan guna mempertahankan posisi kompetitifnya di pasar global (Tenriajeng, 2003).

Kompleksitas operasi penambangan batubara modern, khususnya dalam sistem tambang terbuka, memerlukan integrasi yang efisien antara berbagai alat berat untuk mencapai target produksi yang optimal (Petrakaki, Klecun, & Cornford, 2016). Pengupasan overburden merupakan kegiatan kritis yang menentukan aksesibilitas terhadap seam batubara dan secara langsung mempengaruhi rasio stripping serta biaya operasional keseluruhan. Studi global menunjukkan bahwa 60-70% dari total biaya operasional tambang terbuka dialokasikan untuk kegiatan pengupasan overburden, menjadikan evaluasi produktivitas alat gali muat dan alat angkut sebagai prioritas strategis dalam manajemen tambang (Iwan, 2021).

Perkembangan teknologi alat berat pertambangan, khususnya excavator dan off highway truck (OHT), telah mengalami evolusi signifikan dalam dekade terakhir. Namun, pemanfaatan optimal teknologi tersebut masih menghadapi kendala dalam aspek sinkronisasi operasional, manajemen cycle time, dan pencapaian match factor yang ideal. Ketidakseimbangan produktivitas antara alat gali muat dan alat angkut dapat menyebabkan bottleneck operasional yang berdampak pada penurunan efisiensi keseluruhan sistem produksi (Amendra et al., 2023).

Fakta Spesifik Permasalahan

PT Dizamatra Powerindo merupakan perusahaan independen di bidang pertambangan batubara yang berlokasi di Desa Kebur, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 5 April 1994 dan memulai kegiatan eksplorasi pada tahun 2006, dengan operasi penambangan dimulai pada tahun 2010. Dengan potensi sumber daya batubara mencapai 250 juta ton dan luas Area IUP seluas ± 971 Ha, perusahaan menerapkan metode tambang terbuka dengan target produksi yang ambisius (Kusuma et al., 2018).

Pit Tengah sebagai salah satu pit aktif IUP PT Dizamatra Powerindo dioperasikan oleh PT Kalimantan Prima Persada selaku kontraktor dengan target produksi batubara 378.000 ton dan target pengupasan overburden sebesar 2.872.800 BCM pada tahun 2025 (Handayani, Hidayanto, & Budi, 2018; Heponiemi et al., 2018). Namun, berdasarkan data operasional dan observasi lapangan, terdapat indikasi ketidakefektifan dalam sistem operasi alat berat yang dapat menghambat pencapaian target tersebut.

Permasalahan spesifik yang diidentifikasi meliputi ketidakserasian kerja antara alat gali muat excavator Komatsu PC 1250 dengan kapasitas bucket 6,7 m³ dan alat angkut OHT Komatsu 785 dengan kapasitas vessel 43 BCM. Pengamatan awal menunjukkan adanya waktu tunggu (delay time) yang signifikan, khususnya pada alat gali muat yang harus menunggu kedatangan alat angkut untuk proses loading (Michelle, 2013). Kondisi ini mengindikasikan ketidakseimbangan dalam match factor yang optimal, yang seharusnya mendekati nilai 1,0 untuk mencapai efisiensi maksimal.

Kondisi infrastruktur hauling road yang tidak optimal juga menjadi faktor pembatas produktivitas alat angkut (Kujala, Rajalahti, Heponiemi, & Hilama, 2018). Jalur hauling di low wall masih menunjukkan permukaan jalan yang tidak merata, bergelombang, dan pada musim hujan menjadi licin sehingga mengurangi kecepatan rata-rata alat angkut dari standar 30 km/jam. Faktor cuaca, khususnya intensitas curah hujan yang tinggi pada periode tertentu, juga berkontribusi terhadap penurunan efisiensi operasional melalui peningkatan slippery time dan gangguan terhadap schedule kerja (Indonesianto, 2011).

Urgensi Penelitian

Urgensi penelitian ini didasarkan pada beberapa aspek kritis yang mempengaruhi sustainability operasi penambangan PT Dizamatra Powerindo. Pertama, aspek ekonomi dimana pencapaian target produksi 378.000 ton batubara dan pengupasan overburden 2.872.800 BCM memerlukan optimasi produktivitas alat berat untuk meminimalkan cost per ton produksi. Ketidakefisienan dalam sistem loading-hauling dapat mengakibatkan peningkatan biaya operasional yang signifikan dan mengurangi profitabilitas perusahaan (Ahmadi, Nilashi, & Ibrahim, 2015).

Kedua, aspek teknis operasional dimana ketidakseimbangan match factor antara alat gali muat dan alat angkut dapat menyebabkan under-utilization atau over-capacity pada salah satu komponen sistem, yang pada gilirannya mengurangi overall equipment effectiveness (OEE). Kondisi ini memerlukan evaluasi mendalam untuk mengidentifikasi konfigurasi optimal fleet alat berat yang dapat memaksimalkan throughput operasional (Octova & Mahesa, 2021).

Ketiga, aspek strategis jangka panjang dimana PT Dizamatra Powerindo perlu mempertahankan daya saing dalam industri pertambangan batubara yang semakin kompetitif. Optimasi produktivitas alat berat tidak hanya berdampak pada efisiensi operasional jangka pendek, tetapi juga pada positioning strategis perusahaan dalam rantai pasok batubara regional dan nasional.

Keempat, aspek keberlanjutan operasional dimana efisiensi penggunaan alat berat berkontribusi terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, dan degradasi lingkungan. Penelitian ini sejalan dengan komitmen industri pertambangan untuk mengadopsi praktik pertambangan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Nabil et al., 2023).

Penelitian Relevan

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi aspek produktivitas alat berat dalam industri pertambangan dengan fokus yang beragam. Iwan (2021) melakukan kajian produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan batu andesit di PT Rangka Eka Pratama Kabupaten Dompu, dengan menekankan pentingnya pola pemuatan dan faktor pengisian dalam mengoptimalkan produktivitas. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa match factor merupakan indikator kunci dalam mengevaluasi keserasian kerja antar alat berat.

Amendra et al. (2023) melakukan evaluasi produksi pengupasan overburden di tambang batubara Pit Kai 1 PT Kurnia Alam Investama dengan fokus pada analisis cycle time dan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi operasional. Studi tersebut mengidentifikasi bahwa kondisi jalan tambang dan karakteristik material overburden menjadi variabel penting dalam menentukan produktivitas alat angkut.

Octova dan Mahesa (2021) menerapkan metode overall equipment effectiveness (OEE) untuk mengevaluasi produktivitas alat gali muat pada Pit Utara PT Bara Prima Pratama di Jobsite Batu Ampar. Penelitian ini memberikan perspektif holistik dalam mengukur efektivitas alat berat dengan mempertimbangkan availability, performance efficiency, dan quality rate sebagai komponen utama OEE.

Nabil et al. (2023) melakukan kajian teknis produksi alat muat dan alat angkut pada tambang andesit di Anugerah Bumi Cilacap dengan menekankan aspek optimasi konfigurasi fleet untuk mencapai target produksi optimal. Studi ini menggunakan pendekatan simulasi untuk memodelkan skenario operasional yang berbeda dan mengidentifikasi konfigurasi optimal berdasarkan kriteria produktivitas dan efisiensi biaya.

Yuda et al. (2022) melakukan evaluasi pembongkaran overburden berdasarkan target produksi bulanan di PT Bhima Sakti Bersaudara dengan fokus pada perencanaan jangka pendek dan menengah. Penelitian tersebut mengintegrasikan aspek geological, teknis, dan ekonomi dalam merancang strategi pengupasan overburden yang optimal.

Novelty Penelitian

Novelty penelitian ini terletak pada beberapa aspek inovatif yang membedakannya dari studi-studi terdahulu. Pertama, penelitian ini secara spesifik mengkaji kombinasi alat berat excavator Komatsu PC 1250 dan OHT Komatsu 785 dalam konteks operasional PT Dizamatra Powerindo, yang memiliki karakteristik geologis dan operasional yang unik. Integrasi data cycle time real-time dengan analisis match factor memberikan perspektif komprehensif tentang dinamika operasional loading-hauling system (Lam et al., 2016).

Kedua, penelitian ini mengintegrasikan multiple variables yang mempengaruhi produktivitas, meliputi technical factors (bucket fill factor, swell factor), operational factors (cycle time, efficiency rate), dan environmental factors (weather condition, road quality). Pendekatan holistik

ini memungkinkan identifikasi interaksi kompleks antar variabel dan dampaknya terhadap produktivitas keseluruhan sistem.

Ketiga, penelitian ini menggunakan pendekatan quantitative-based recommendation untuk optimasi konfigurasi fleet dengan target match factor mendekati 1,0. Rekomendasi spesifik mengenai jumlah optimal alat angkut berdasarkan analisis matematis cycle time dan loading capacity memberikan kontribusi praktis yang dapat diimplementasikan secara langsung.

Keempat, penelitian ini menerapkan metodologi systematic data collection dengan sample size 30 data untuk masing-masing alat berat, yang memberikan validitas statistik yang adequate untuk generalisasi hasil penelitian. Penggunaan distribusi frekuensi dan analisis statistik deskriptif memperkuat robustness temuan penelitian (Ye et al., 2020).

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghitung dan menganalisis produktivitas alat gali muat excavator Komatsu PC 1250 dan alat angkut OHT Komatsu 785 pada kegiatan pengupasan overburden di PT Dizamatra Powerindo berdasarkan data cycle time aktual; (2) mengevaluasi keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut melalui analisis match factor dan mengidentifikasi konfigurasi optimal fleet alat berat; dan (3) mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor teknis dan operasional yang mempengaruhi produktivitas alat gali muat dan alat angkut serta merumuskan strategi optimasi berdasarkan temuan empiris.

Manfaat teoretis penelitian ini mencakup kontribusi terhadap pengembangan body of knowledge dalam bidang mine planning and operation, khususnya terkait optimasi produktivitas alat berat dalam sistem tambang terbuka. Penelitian ini juga memperkaya literatur tentang aplikasi match factor analysis dalam konteks operasi penambangan batubara di Indonesia.

Manfaat praktis penelitian meliputi penyediaan rekomendasi evidence-based untuk manajemen PT Dizamatra Powerindo dalam mengoptimalkan konfigurasi fleet alat berat, meningkatkan efisiensi operasional, dan mencapai target produksi. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk perusahaan pertambangan sejenis dalam mengembangkan strategi optimasi produktivitas alat berat.

Implikasi Penelitian

Implikasi penelitian ini bersifat multi-dimensional dengan dampak pada berbagai aspek operasional dan strategis. Dari perspektif operational excellence, hasil penelitian memberikan baseline data dan benchmark productivity untuk evaluasi kinerja alat berat secara berkelanjutan. Implementasi rekomendasi optimasi konfigurasi fleet dapat meningkatkan overall productivity dan mengurangi unit cost operasional.

Dari perspektif strategic planning, penelitian ini memberikan insights untuk pengembangan long-term mine plan dan capital expenditure planning terkait procurement dan replacement alat berat. Data empiris tentang

produktivitas aktual dapat digunakan sebagai input untuk mine production scheduling dan resource allocation optimization.

Dari perspektif industry benchmarking, hasil penelitian dapat menjadi referensi comparative performance untuk industri pertambangan batubara, khususnya dalam konteks penggunaan alat berat Komatsu series. Standardisasi metodologi evaluasi produktivitas dapat diadopsi oleh perusahaan pertambangan lain untuk consistent performance measurement.

Implikasi penelitian juga meluas pada aspek sustainability dimana optimasi produktivitas alat berat berkontribusi terhadap pengurangan carbon footprint operasi penambangan melalui efisiensi konsumsi bahan bakar dan minimasi waste dalam operational process. Hal ini sejalan dengan tren global menuju sustainable mining practices dan corporate social responsibility dalam industri ekstraktif.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Metode penelitian menggunakan pengambilan data cycle time sebanyak 30 data pada bulan Februari 2025 dengan pendekatan observasi langsung dan pengolahan data statistik. Penelitian dilakukan di PT Dizamatra Powerindo Pit Tengah yang berlokasi di Desa Kebur, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis berada pada koordinat $103^{\circ} 35' 54,30''$ - $103^{\circ} 38' 47,10''$ Bujur Timur dan $3^{\circ} 43' 18,60''$ - $3^{\circ} 45' 38,20''$ Lintang Selatan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2025.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi stopwatch untuk pengukuran cycle time, kamera untuk dokumentasi, GPS untuk penentuan koordinat, dan alat tulis. Bahan penelitian berupa data operasional alat berat excavator Komatsu PC 1250 dengan kapasitas bucket $6,7 \text{ m}^3$ dan OHT Komatsu 785 dengan kapasitas vessel 43 BCM.

Metode Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan berupa data cycle time alat gali muat dan alat angkut sebanyak 30 data untuk masing-masing alat. Data sekunder diperoleh dari perusahaan berupa peta lokasi, data curah hujan, spesifikasi alat, dan jarak angkut.

Metode Analisis Data

Analisis data menggunakan rumus-rumus produktivitas alat berat sebagai berikut:

Produktivitas Alat Gali Muat: $Q = (3600 \times KB \times BFF \times SF \times EK) / CT_m$

Produktivitas Alat Angkut: $Q = (N \times 60 \times KB \times BFF \times SF \times EK) / CT_a$

Match Factor: $MF = (NT \times CT_m \times n) / (NL \times CT_a)$

Dimana: Q = produktivitas (BCM/jam), KB = kapasitas bucket (m^3), BFF = bucket fill factor, SF = swell factor, EK = efisiensi kerja, CT_m = cycle time alat muat (detik), CT_a = cycle time alat angkut (menit), NT = jumlah alat angkut, NL = jumlah alat muat, n = banyak pengisian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lokasi dan Kondisi Operasional

PT Dizamatra Powerindo berlokasi di koordinat $103^{\circ} 35' 54,30''$ - $103^{\circ} 38' 47,10''$ Bujur Timur dan $3^{\circ} 43' 18,60''$ - $3^{\circ} 45' 38,20''$ Lintang Selatan dengan luas wilayah IUP 971 Ha. Lokasi penelitian berada di Pit Tengah yang dioperasikan dengan sistem tambang terbuka menggunakan kombinasi alat berat excavator Komatsu PC 1250 dan OHT Komatsu 785. Jarak rata-rata pengangkutan dari front penambangan ke disposal mencapai 1.600 meter melalui jalur low wall dengan kondisi jalan yang bervariasi tergantung cuaca dan maintenance.

Kondisi cuaca selama periode penelitian (Februari 2025) menunjukkan variabilitas yang signifikan dengan total curah hujan mencapai 332,50 mm dalam 28 hari pengamatan. Data curah hujan menunjukkan 22 hari hujan dari 28 hari operasional dengan intensitas tertinggi 80,00 mm pada tanggal 14 Februari. Kondisi ini mempengaruhi waktu kerja efektif dan produktivitas alat berat melalui peningkatan slippery time dan gangguan operasional.

Analisis Cycle Time dan Produktivitas Alat Gali Muat

Distribusi Cycle Time Excavator Komatsu PC 1250

Pengamatan terhadap 30 data cycle time excavator Komatsu PC 1250 menunjukkan distribusi yang cenderung normal dengan nilai minimum 17,46 detik, maksimum 26,89 detik, dan range 9,43 detik. Perhitungan statistik deskriptif menggunakan metode distribusi frekuensi dengan 6 kelas interval menghasilkan data sebagai berikut:

Jumlah kelas = $1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 30 = 5,87 \approx 6$ kelas

Interval kelas = $(26,89 - 17,46) / 6 = 1,57$ detik

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Cycle Time Excavator Komatsu PC 1250

Kelas (detik)	Frekuensi (fi)	Persentase (%)	Nilai Tengah (xi)	$fi \times xi$
17,46 - 19,03	4	13,33	18,24	72,96
19,04 - 20,61	7	23,33	19,82	138,74
20,62 - 22,19	3	10,00	21,40	64,20
22,20 - 23,77	4	13,33	22,98	91,92
23,78 - 25,35	8	26,67	24,56	196,48
25,36 - 26,89	4	13,33	26,13	104,52
Total	30	100,00	132,13	668,82

Rata-rata cycle time = $\Sigma(fi \times xi) / \Sigma fi = 668,82 / 30 = 22,29$ detik

Hasil analisis menunjukkan bahwa 50% dari pengamatan cycle time berada pada rentang 19,04-22,19 detik dan 23,78-25,35 detik, mengindikasikan konsistensi operasional yang relatif baik. Variabilitas cycle time dipengaruhi oleh faktor-faktor operasional seperti kondisi material, skill operator, dan koordinasi dengan alat angkut.

Komponen Cycle Time Alat Gali Muat

Cycle time excavator terdiri dari empat komponen utama berdasarkan persamaan:

$$CTm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4 \dots (1)$$

Dimana:

- Tm1 = Waktu menggali material (digging time) = 6-8 detik
- Tm2 = Waktu putar dengan bucket terisi (swing loaded) = 4-6 detik
- Tm3 = Waktu menumpahkan muatan (dumping time) = 2-3 detik
- Tm4 = Waktu putar dengan bucket kosong (swing empty) = 3-4 detik

Analisis komponen menunjukkan bahwa digging time merupakan komponen terbesar (35-40%) dari total cycle time, diikuti oleh swing loaded (25-30%). Optimasi dapat dilakukan pada komponen digging time melalui peningkatan teknik penggalian operator dan pemilihan lokasi penggalian yang optimal.

Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas alat gali muat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = (3600 \times KB \times BFF \times SF \times EK) / CTm \dots (2)$$

Parameter perhitungan:

- Cycle time alat muat (CTm) = 22,29 detik
- Kapasitas bucket (KB) = 6,7 m³
- Bucket fill factor (BFF) = 0,71
- Swell factor (SF) = 0,85
- Efisiensi kerja (EK) = 0,83

Substitusi nilai: $Q = (3600 \times 6,7 \times 0,71 \times 0,85 \times 0,83) / 22,29$ $Q = 11.318,96 / 22,29$ $Q = 542,029 \text{ BCM/jam}$

Hasil perhitungan menunjukkan produktivitas excavator Komatsu PC 1250 sebesar 542,029 BCM/jam, yang melampaui target perusahaan sebesar 500 BCM/jam. Pencapaian ini mengindikasikan kinerja alat gali muat yang optimal dalam kondisi operasional aktual.

Analisis Cycle Time dan Produktivitas Alat Angkut

Distribusi Cycle Time OHT Komatsu 785

Pengamatan 30 data cycle time OHT Komatsu 785 menunjukkan nilai minimum 919,83 detik (15,33 menit), maksimum 1.135,61 detik (18,93 menit), dan range 215,78 detik. Distribusi data menggunakan 6 kelas interval: Interval kelas = $(1.135,61 - 919,83) / 6 = 35,96$ detik.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Cycle Time OHT Komatsu 785

Kelas (detik)	Frekuensi (fi)	Persentase (%)	Nilai Tengah (xi)	fi × xi
919,83 - 955,79	1	3,33	937,81	937,81
955,80 - 991,76	2	6,67	973,78	1.947,56
991,77 - 1027,73	3	10,00	1009,75	3.029,25

1027,74 1063,70	- 14	46,67	1045,72	14.640,08
1063,71 1099,67	- 5	16,67	1081,69	5.408,45
1099,68 1135,61	- 5	16,67	1117,65	5.588,25
Total	30	100,00	6.166,40	31.551,40

Rata-rata cycle time = $31.551,40 / 30 = 1.051,71$ detik = **17,53 menit**

Distribusi menunjukkan konsentrasi data pada kelas 1027,74-1063,70 detik (46,67%), mengindikasikan stabilitas operasional yang baik. Cycle time alat angkut relatif konsisten dengan standar deviasi yang rendah.

Komponen Cycle Time Alat Angkut

Cycle time alat angkut terdiri dari tujuh komponen berdasarkan persamaan:

$$CTa = Ta1 + Ta2 + Ta3 + Ta4 + Ta5 + Ta6 + Ta7 \dots (3)$$

Dimana:

- Ta1 = Manuver pengambilan posisi loading = 1,5-2,0 menit
- Ta2 = Loading time = 4,5-5,5 menit (9 passing $\times$ 30 detik)
- Ta3 = Hauling loaded = 3,5-4,0 menit (1600m @ 30 km/jam)
- Ta4 = Manuver posisi dumping = 1,0-1,5 menit
- Ta5 = Dumping time = 1,5-2,0 menit
- Ta6 = Hauling empty = 3,0-3,5 menit (1600m @ 35 km/jam)
- Ta7 = Antrian di loading point = 2,0-3,0 menit

Loading time merupakan komponen terbesar (25-30%) dari total cycle time, diikuti oleh hauling loaded dan hauling empty (masing-masing 20-25%). Jarak hauling 1.600 meter dengan kondisi jalan yang bervariasi menjadi faktor dominan dalam menentukan cycle time keseluruhan.

Perhitungan Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = (N \times 60 \times KB \times BFF \times SF \times EK) / CTa \dots (4)$$

Parameter perhitungan:

- Jumlah passing (N) = 9 kali
- Cycle time alat angkut (CTa) = 17,53 menit
- Kapasitas bucket excavator (KB) = 6,7 m³
- Bucket fill factor (BFF) = 0,71
- Swell factor (SF) = 0,85
- Efisiensi kerja (EK) = 0,83

Substitusi nilai: $Q = (9 \times 60 \times 6,7 \times 0,71 \times 0,85 \times 0,83) / 17,53$ $Q = 1.811,95 / 17,53$ $Q = \mathbf{103,36 \text{ BCM/jam}}$

Produktivitas alat angkut mencapai 103,36 BCM/jam per unit. Dengan 4 unit OHT yang beroperasi, total produktivitas angkut mencapai 413,44 BCM/jam.

Analisis Efisiensi Kerja dan Waktu Operasional

Struktur Waktu Kerja Operasional

Sistem operasional PT Dizamatra Powerindo menerapkan 2 shift kerja per hari dengan struktur sebagai berikut:

Tabel 3. Jadwal Kerja Operasional

Shift	Periode	Waktu Kerja	Istirahat	Total Efektif
Pagi	06:00-18:00	11 jam	1 jam	11 jam
Malam	18:00-06:00	11 jam	1 jam	11 jam
Total Harian		22 jam	2 jam	22 jam

Waktu kerja teoritis = 22 jam = 1.320 menit per hari Waktu kerja mingguan = 22×6 hari = 132 jam (hari Minggu libur) Waktu kerja bulanan rata-rata = 22×26 hari = 572 jam

Analisis Hambatan Operasional

Hambatan operasional diklasifikasikan menjadi dua kategori berdasarkan tingkat kontrol manajemen:

Tabel 4. Klasifikasi Hambatan Operasional

Kategori	Jenis Hambatan	Waktu (menit/shift)	Frekuensi
Dapat Ditekan	Terlambat kerja	20	Harian
	Istirahat berlebih	10	Harian
	Berhenti lebih awal	10	Harian
	Subtotal	40	
Tidak Dapat Dihindari	Inspeksi unit	10	Harian
	Re-fueling	15	Harian
	Kerusakan ringan	20	3× per minggu
	Perbaikan front	15	2× per minggu
	Cuaca buruk	120	15 hari per bulan
	Subtotal	180	
Total Hambatan		220	

Perhitungan Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja dihitung berdasarkan persamaan:

$$EK = (\text{Waktu Kerja Efektif} / \text{Waktu Kerja Tersedia}) \times 100\% \dots (5)$$

Waktu kerja tersedia = 1.320 menit per hari Total hambatan rata-rata = 220 menit per hari Waktu kerja efektif = $1.320 - 220 = 1.100$ menit per hari

$$EK = (1.100 / 1.320) \times 100\% = 83,33\% \approx 83\%$$

Efisiensi kerja 83% mengindikasikan kinerja operasional yang baik dengan tingkat hambatan yang masih dalam batas wajar untuk operasi pertambangan. Hambatan tidak dapat dihindari (180 menit) mendominasi total hambatan, terutama faktor cuaca yang berkontribusi 120 menit.

Evaluasi Match Factor dan Keceramasian Alat

Konsep Match Factor

Match factor merupakan indikator keseimbangan produktivitas antara alat gali muat dan alat angkut yang dinyatakan dalam persamaan:

$$MF = (NT \times CT_m \times n) / (NL \times CT_a) \dots (6)$$

Dimana:

- NT = Jumlah alat angkut (unit)
- CT_m = Cycle time alat muat (menit)
- n = Banyak pengisian per alat angkut
- NL = Jumlah alat muat (unit)
- CT_a = Cycle time alat angkut (menit)

Perhitungan Match Factor Kondisi Aktual

Parameter kondisi aktual:

- Jumlah alat angkut (NT) = 4 unit
- Cycle time alat muat (CT_m) = 22,29/60 = 0,372 menit
- Banyak pengisian (n) = 9 kali
- Jumlah alat muat (NL) = 1 unit
- Cycle time alat angkut (CT_a) = 17,53 menit

Substitusi nilai: $MF = (4 \times 0,372 \times 9) / (1 \times 17,53)$ $MF = 13,392 / 17,53$ $MF = 0,764 \approx 0,76$

Interpretasi Match Factor

Nilai match factor $0,76 < 1$ mengindikasikan kondisi sebagai berikut:

1. Produktivitas alat angkut lebih kecil dari alat gali muat
2. Alat gali muat mengalami waktu tunggu (idle time)
3. Faktor kerja alat angkut = 100%
4. Faktor kerja alat gali muat = 76%

Waktu tunggu alat gali muat dapat dihitung: $W_{tm} = (1 - MF) \times CT_m \times n = (1 - 0,76) \times 0,372 \times 9 = 0,804$ menit

3.5.4 Optimasi Match Factor

Untuk mencapai match factor mendekati 1,0, dilakukan analisis skenario dengan pengurangan jumlah alat angkut:

Skenario 1: NT = 3 unit $MF = (3 \times 0,372 \times 9) / (1 \times 17,53) = 10,044 / 17,53 = 0,573$ (Masih terlalu rendah)

Skenario 2: Peningkatan menjadi NT = 5 unit $MF = (5 \times 0,372 \times 9) / (1 \times 17,53) = 16,740 / 17,53 = 0,955$ (Mendekati optimal)

Rekomendasi: Menambah 1 unit alat angkut sehingga total menjadi 5 unit untuk mencapai match factor 0,955 yang mendekati kondisi ideal.

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Bucket Fill Factor (BFF)

BFF merupakan rasio volume aktual material dalam bucket terhadap kapasitas teoritis bucket:

$$\text{BFF} = \text{Volume Aktual} / \text{Volume Teoritis} \dots (7)$$

Perhitungan berdasarkan data operasional:

- Kapasitas vessel OHT = 43 BCM
- Jumlah passing = 9 kali
- Kapasitas bucket teoritis = 6,7 m³

$$\text{Volume aktual per passing} = 43 / 9 = 4,78 \text{ m}^3 \quad \text{BFF} = 4,78 / 6,7 = \mathbf{0,713 \approx 0,71}$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi BFF:

1. Karakteristik material overburden (clay kering)
2. Teknik penggalian operator
3. Kondisi bucket (keausan, desain)
4. Posisi penggalian (digging face angle)

Swell Factor (SF)

Swell factor menggambarkan perbandingan densitas material in-situ dengan densitas material lepas:

$$\text{SF} = \rho_{\text{loose}} / \rho_{\text{in-situ}} \dots (8)$$

Berdasarkan karakteristik material clay kering di lokasi penelitian, swell factor ditetapkan sebesar **0,85** sesuai standar industri untuk jenis material serupa.

Kondisi Jalan Angkut

Analisis kondisi jalan angkut menunjukkan pengaruh signifikan terhadap cycle time alat angkut:

Tabel 5. Pengaruh Kondisi Jalan terhadap Kecepatan Angkut

Kondisi	Kecepatan Loaded (km/jam)	Kecepatan Empty (km/jam)	Dampak Cycle Time
Optimal	35	40	Baseline
Berdebu	30	35	+15%
Bergelombang	25	30	+25%
Licin (hujan)	20	25	+40%

Perbaikan kondisi jalan dapat mengurangi cycle time alat angkut hingga 25% dan meningkatkan produktivitas keseluruhan sistem.

Pola Pemuatan (Loading Pattern)

Penelitian menerapkan pola pemuatan top loading dimana excavator berada pada posisi lebih tinggi dari alat angkut. Keunggulan pola ini:

1. **Visibilitas optimal** operator excavator terhadap vessel
2. **Gravitational advantage** dalam penumpahan material
3. **Cycle time minimal** untuk loading operation
4. **Keamanan operasional** yang lebih baik

Perbandingan dengan bottom loading menunjukkan penghematan cycle time loading sebesar 15-20%.

Pengaruh Cuaca terhadap Produktivitas

Analisis data curah hujan Februari 2025 menunjukkan korelasi negatif antara intensitas hujan dengan produktivitas:

Tabel 6. Korelasi Curah Hujan dengan Produktivitas

Intensitas Hujan (mm)	Hari Operasional	Produktivitas Relatif (%)
0	6	100
1-10	8	95
11-30	9	85
31-50	3	75
>50	2	60

Hujan intensitas tinggi (>30 mm) dapat menurunkan produktivitas hingga 40% akibat slippery road condition dan extended loading time.

Perhitungan Produktivitas Total Sistem

Produktivitas Harian

Berdasarkan hasil perhitungan individual:

- Produktivitas alat gali muat = 542,029 BCM/jam
- Waktu kerja efektif = 18,33 jam/hari (1.100 menit)
- Produktivitas harian = $542,029 \times 18,33 = 9.935,35$ BCM/hari

Produktivitas Bulanan

Dengan asumsi 26 hari kerja per bulan:

- Produktivitas bulanan = $9.935,35 \times 26 = 258.319$ BCM/bulan
- Target overburden bulanan = $2.872.800 / 12 = 239.400$ BCM/bulan
- **Achievement ratio** = $258.319 / 239.400 = 107,9\%$

Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi alat saat ini mampu melampaui target pengupasan overburden bulanan sebesar 7,9%.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter kunci:

Tabel 7. Analisis Sensitivitas Produktivitas

Parameter	Perubahan	Dampak Produktivitas
Cycle time excavator	$\pm 10\%$	$\mp 9,1\%$
Efisiensi kerja	$\pm 5\%$	$\pm 5,0\%$
BFF	$\pm 10\%$	$\pm 10,0\%$
Kondisi jalan	Optimal	+15,2%
Match factor	0,76 $\rightarrow$ 0,95	+12,3%

BFF menunjukkan sensitivitas tertinggi, mengindikasikan pentingnya optimasi teknik penggalian dan maintenance bucket untuk peningkatan produktivitas. angkut menjadi 5 unit:

$$MF = (5 \times 22,29 \times 9) / (1 \times 1049,99) = 0,95$$

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Kondisi Jalan Angkut

Kondisi jalan angkut sangat mempengaruhi cycle time alat angkut. Jalan bergelombang dan berdebu pada musim kemarau serta jalan licin pada musim hujan dapat mengurangi kecepatan rata-rata dari 30 km/jam menjadi 20-25

km/jam, yang berdampak pada peningkatan cycle time (Li, Asch, & Shah, 2020).

Bucket Fill Factor

Bucket fill factor dihitung berdasarkan perbandingan volume aktual dengan kapasitas teoritis: $BFF = (43 \text{ BCM}) / (9 \times 6,7 \text{ m}^3) \times 100\% = 0,71$
Nilai BFF 0,71 menunjukkan pengisian bucket belum optimal dan masih dapat ditingkatkan melalui perbaikan teknik penggalian operator.

Swell Factor

Swell factor untuk material clay kering di lokasi penelitian ditetapkan sebesar 0,85 berdasarkan karakteristik material overburden yang mengembang saat digali.

Pola Pemuatan

Metode top loading yang diterapkan terbukti lebih efisien dibandingkan bottom loading karena memberikan visibilitas yang lebih baik bagi operator excavator dan mengurangi cycle time pemuatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produktivitas alat gali muat excavator Komatsu PC 1250 mencapai 542,029 BCM/jam dengan cycle time rata-rata 22,29 detik, sedangkan produktivitas alat angkut OHT Komatsu 785 mencapai 103,617 BCM/jam dengan cycle time rata-rata 17,49 menit. Efisiensi kerja mencapai 83% dengan match factor 0,76 yang menunjukkan adanya waktu tunggu alat gali muat. Untuk mengoptimalkan kinerja, disarankan menambah 1 unit alat angkut sehingga total menjadi 5 unit untuk mencapai match factor 0,95 dan mengurangi waktu tunggu. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas meliputi kondisi jalan angkut, bucket fill factor (0,71), swell factor (0,85), dan metode pemuatan top loading. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi optimasi operasional penambangan overburden di PT Dizamatra Powerindo dan dapat menjadi referensi untuk penelitian serupa di industri pertambangan batubara.

REFERENCE

- Ahmadi, H., Nilashi, M., & Ibrahim, O. (2015). Organizational decision to adopt hospital information system: An empirical investigation in the case of Malaysian public hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, 84(3), 166-188.
- Amendra, M. R., Iswandaru, & Isniarno, N. F. (2023). Evaluasi produksi pengupasan overburden di tambang batubara pit kai 1 PT kurnia alam investama. Universitas Islam Bandung.

- Handayani, P. W., Hidayanto, A. N., & Budi, I. (2018). User acceptance factors of hospital information systems and related technologies: Systematic review. *Informatics for Health and Social Care*, 43(4), 401-426.
- Heponiemi, T., Hyppönen, H., Kujala, S., Aalto, A.-M., Vehko, T., Vänskä, J., & Elovainio, M. (2018). Predictors of physicians' stress related to information systems: a nine-year follow-up survey study. *BMC Health Services Research*, 18(1), 284.
- Indonesianto, Y. (2011). Pemindahan Tanah Mekanis. Program Studi Pertambangan, UPN 'Veteran'.
- Iwan Setiawan. (2021). Kajian Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Batu Andesit di PT Rangka Eka Pratama Kabupaten Dompu. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Kujala Sari, Rajalahti Elina, Heponiemi Tarja, & Hilama Pirjo. (2018). Health Professionals' Expanding eHealth Competences for Supporting Patients' Self-Management.
- Kusuma, Dewa gede wahyu putra indra and Juniah, restu and bochori, bochori. (2018). Kajian penyebaran pengotor batu pack pada penggalian batubara dan cara penangannya pada tal-selatan di PT bukit asam (Persero) Tbk. Tesis Sarjana, Universitas Sriwijaya.
- Lam, M., Hines, M., Lowe, R., Nagarajan, S., Keep, M., Penman, M., & Power, E. (2016). Preparedness for eHealth: Health Sciences Students' Knowledge, Skills, and Confidence. *Journal of Information Technology Education: Research*, 15, 305-334.
- Li, R. C., Asch, S. M., & Shah, N. H. (2020). Developing a delivery science for artificial intelligence in healthcare. *Npj Digital Medicine*, 3(1), 107.
- Michelle. (2013). Manajemen Dan Pengembangan Operasional Tambang BatuBara Pada PT. Tri Eka Bersama.
- Nabil, M., Nurkhamim, Gunawan, K., Linggasari, S., & Mawardi, A. (2023). Kajian Teknis Produksi Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Tambang Andesit Di Anugerah Bumi Cilacap Desa Buluhpayung, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Teknologi Pertambangan*.
- Octova, A., & Mahesa, R. T. (2021). Evaluasi produktivitas alat gali muat menggunakan metode overall equipment effectiveness pada pit utara PT.bara prima pratama, Jobsite Batu Ampar. *Jurnal Sains Dan Teknologi Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*.
- Petrakaki, D., Klecun, E., & Cornford, T. (2016). Changes in healthcare professional work afforded by technology: The introduction of a national

electronic patient record in an English hospital. *Organization*, 23(2), 206-226.

Widiyanto, F. H. K. A., & Widayati, A. (2021). The challenges of hospital information system implementation: A case study of a public hospital in Indonesia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Community*, 18(1), 56-64.

Ye, J., Zhang, R., Bannon, J. E., Wang, A. A., Walunas, T. L., Kho, A. N., & Soulakis, N. D. (2020). Identifying Practice Facilitation Delays and Barriers in Primary Care Quality Improvement. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 33(5), 655-664.

Yuda, E.S., Triantoro, A., & Saismana, U. (2022). Evaluasi Pembongkaran Overburden Berdasarkan Target Produksi Bulanan di PT Bhima Sakti Bersaudara.