



EVALUASI PRODUKTIVITAS ALAT ANGKUT PADA AKTIVITAS PENGUPASAN OVERBURDEN DI PT DIZAMATRA POWERINDO, KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN

Rodiyah Nursani^{*1}, Suhardiman Gumanti²

^{1,2}Universitas Prabumulih, Sumatera Selatan, Indonesia

*Corresponding Author: rodiyahnursani@gmail.com

<p>Info Article</p> <p>Received: 02 September 2025</p> <p>Revised: 03 Desember 2025</p> <p>Accepted: 01 Januari 2026</p> <p>Publication: 31 Januari 2026</p>	<p>Abstract: <i>Overburden stripping in surface mining requires high haulage performance because hauling accounts for a large share of operating costs and strongly determines daily production achievement. This study aims to evaluate haul truck productivity during overburden removal at PT Dizamatra Powerindo and to identify the main influencing factors. A quantitative approach was employed using time-study observations on 30 operating cycles of a Komatsu 785 off-highway truck, followed by calculations of actual payload capacity, cycle time, work efficiency, and productivity using standard earthmoving productivity equations. Results indicate an average cycle time of 17.49 minutes (1049.99 seconds) and an actual productivity of 103.617 BCM/h along the low-wall haul route, with a work efficiency of 83% (effective working time of 18.18 hours/day). The dominant constraints were haul-road conditions (mud during rainfall, dust in dry season, and undulating surfaces), operational delays, and material-related factors (fill factor and swell factor). The study concludes that improving haul-road quality, controlling delays, and strengthening operational management are key levers to increase productivity and improve target attainment.</i></p>
<p>Keywords: Productivity, Transportation Equipment, Overburden, Cycle Time, Work Efficiency, Haul Road</p>	<p>Abstrak: Kegiatan pengupasan overburden pada tambang terbuka menuntut kinerja alat angkut yang tinggi karena haulage menyerap porsi biaya operasi terbesar dan sangat menentukan ketercapaian target produksi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi produktivitas alat angkut pada aktivitas pengupasan overburden di PT Dizamatra Powerindo serta mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhinya. Metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pengamatan time study terhadap 30 siklus kerja off highway truck Komatsu 785, disertai perhitungan kapasitas muatan aktual, cycle time, efisiensi kerja, dan produktivitas berdasarkan rumus pemindahan tanah mekanis. Hasil menunjukkan rata-rata <i>cycle time</i> 17,49 menit (1049,99 detik) dan produktivitas aktual 103,617 BCM/jam pada jalur <i>low wall</i> dengan efisiensi kerja 83% (waktu efektif 18,18 jam/hari). Hambatan dominan berasal dari kondisi haul road (lumpur saat hujan, debu saat kemarau, permukaan bergelombang), delay operasional, serta aspek material (<i>fill factor dan swell factor</i>). Disimpulkan bahwa perbaikan haul road, pengendalian delay, dan penguatan manajemen operasi berpotensi meningkatkan produktivitas dan ketepatan pencapaian target produksi.</p>
<p>Kata Kunci: Produktivitas, Alat Angkut, Overburden, Cycle Time, Efisiensi Kerja, Haul Road</p>	
<p><i>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</i></p>	
	

INTRODUCTION

Kegiatan pengupasan overburden pada tambang terbuka merupakan tahapan fundamental sebelum lapisan batubara atau bijih utama dapat ditambang. Aktivitas ini melibatkan pemindahan material dalam volume besar dan berulang sehingga kinerja sistem alat gali–muat dan alat angkut menjadi faktor penentu keberhasilan produksi. Dalam praktik pertambangan terbuka, hauling diketahui menyerap porsi biaya operasi yang signifikan dan sangat menentukan ketercapaian target produksi harian maupun bulanan (Hartman, Mutmansky, Ramani, & Wang, 2011; Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013). Oleh karena itu, evaluasi produktivitas alat angkut tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis, tetapi juga berdampak langsung pada efisiensi biaya dan keberlanjutan operasi tambang.

Secara teoritis, produktivitas alat angkut pada sistem pemindahan tanah mekanis ditentukan oleh kapasitas muatan aktual, waktu edar (*cycle time*), dan efisiensi kerja. Hubungan matematis antara parameter-parameter tersebut menunjukkan bahwa produktivitas berbanding lurus dengan kapasitas dan efisiensi, serta berbanding terbalik dengan *cycle time* (Prodjosumarto, 1996; Tenriajeng, 2003). Dalam pendekatan klasik, perhitungan dilakukan secara deterministik dengan asumsi kondisi operasi relatif stabil. Namun, dalam kenyataan di lapangan, kondisi operasional bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh variasi kualitas jalan angkut, perubahan cuaca, variasi muatan, antrean pada titik muat dan bongkar, serta gangguan operasional yang tidak selalu dapat diprediksi.

Fenomena ketidaktercapaian target produksi pada operasi pengupasan overburden sering kali berakar pada membesarnya *cycle time* akibat penurunan kualitas haul road, meningkatnya rolling resistance, bertambahnya waktu manuver, serta delay yang tidak terkendali. Literatur menunjukkan bahwa komponen waktu tetap seperti waktu pertukaran truk dan waktu manuver memiliki kontribusi signifikan terhadap total *cycle time*, sehingga pengurangan beberapa puluh detik per siklus dapat meningkatkan produktivitas sistem secara nyata (Caterpillar, 2017). Selain itu, variasi payload dapat memicu fenomena “truck bunching” yang menyebabkan penumpukan kendaraan dan peningkatan konsumsi energi serta waktu tempuh (Zhang, Ding, & Pourrahimian, 2016). Kualitas jalan angkut juga terbukti berpengaruh langsung terhadap kecepatan operasi, konsumsi bahan bakar, biaya ban, dan keselamatan kerja (Thompson, Peroni, & Visser, 2019).

Di PT Dizamatra Powerindo, kegiatan pengangkutan overburden dari front menuju disposal dilakukan menggunakan excavator Komatsu PC1250 dengan kapasitas bucket 6,7 m³ dan off highway truck Komatsu 785 dengan kapasitas vessel sekitar 42–43 BCM. Berdasarkan pengamatan awal, produktivitas aktual alat angkut belum sepenuhnya konsisten terhadap target perusahaan. Indikasi penyebab mengarah pada komponen waktu tempuh bermuatan dan tidak bermuatan yang relatif besar, kondisi haul road yang dipengaruhi musim hujan dan kemarau, serta adanya delay operasional harian seperti perbaikan jalan, pengisian bahan bakar, dan inspeksi alat.

Meskipun berbagai studi telah membahas optimasi sistem shovel–truck melalui simulasi, dispatching cerdas, maupun pendekatan berbasis sensor, kajian berbasis time study yang mengaitkan perhitungan produktivitas aktual dengan hambatan riil di lokasi tambang tertentu masih relatif terbatas, khususnya pada konteks tambang batubara di Indonesia. Padahal setiap lokasi memiliki karakteristik geometri jalan, jarak angkut, kondisi material, dan manajemen operasi yang berbeda sehingga memerlukan evaluasi kontekstual (Hustrulid et al., 2013; Thompson et al., 2019). Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian yang tidak hanya menghitung produktivitas secara matematis, tetapi juga menganalisis faktor-faktor penyebab deviasi antara produktivitas teoritis dan aktual.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui produktivitas alat angkut pada aktivitas pengupasan overburden di PT Dizamatra Powerindo serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tersebut. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar teknis bagi perusahaan dalam merumuskan strategi peningkatan kinerja hauling, baik melalui perbaikan teknis jalan angkut, pengendalian delay, maupun penguatan manajemen operasional.

METHOD

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif observasional berbasis time study untuk mengevaluasi produktivitas alat angkut pada kegiatan pengupasan overburden di PT Dizamatra Powerindo, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Unit analisis adalah satu rangkaian operasi shovel–truck yang terdiri dari excavator Komatsu PC1250 (kapasitas bucket 6,7 m³) sebagai alat muat dan off highway truck Komatsu 785 sebagai alat angkut pada jalur low wall dari front menuju disposal.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap elemen-elemen waktu siklus alat angkut menggunakan stopwatch, meliputi waktu muat, waktu angkut bermuatan, waktu dumping, dan waktu kembali kosong, termasuk waktu tunggu/antrean yang terjadi di titik muat maupun titik bongkar. Pengamatan dilakukan pada 30 siklus operasi untuk memperoleh estimasi cycle time yang representatif terhadap kondisi kerja aktual. Data pendukung dikumpulkan melalui telaah dokumen perusahaan dan wawancara singkat dengan pengawas lapangan untuk mengidentifikasi jenis hambatan (delay) yang terjadi selama operasi. Data sekunder meliputi spesifikasi teknis alat, jadwal kerja dua shift, parameter kapasitas bucket, kapasitas vessel, serta target produksi.

Variabel utama penelitian mencakup kapasitas muatan aktual (C_a), waktu siklus (CT), efisiensi kerja (E), dan produktivitas alat angkut (Q). Kapasitas muatan aktual didefinisikan sebagai kapasitas teoritis vessel yang disesuaikan dengan faktor pengisian (fill factor). Waktu siklus didefinisikan sebagai total durasi yang diperlukan alat angkut untuk menyelesaikan satu siklus penuh dari awal pemuatan hingga kembali ke titik muat. Efisiensi kerja didefinisikan sebagai rasio waktu kerja efektif terhadap waktu kerja tersedia dalam satu hari operasi. Produktivitas alat angkut dinyatakan dalam BCM/jam.

Perhitungan kapasitas muatan aktual dilakukan menggunakan Persamaan (1):

$$C_a = C_t \times FF \dots\dots\dots (1)$$

dengan (C_t) adalah kapasitas teoritis vessel (BCM) dan (FF) adalah fill factor. Waktu siklus dihitung sebagai penjumlahan komponen waktu pada Persamaan (2):

$$CT = T_m + T_{ab} + T_d + T_{ak} \dots\dots\dots (2)$$

dengan (T_m) adalah waktu muat, (T_{ab}) adalah waktu angkut bermuatan, (T_d) adalah waktu dumping, dan (T_{ak}) adalah waktu kembali kosong. Efisiensi kerja dihitung menggunakan Persamaan (3):

$$E = \frac{W_e}{W_t} \dots\dots\dots (3)$$

dengan (W_e) adalah waktu kerja efektif dan (W_t) adalah waktu kerja tersedia. Produktivitas alat angkut dihitung menggunakan Persamaan (4):

$$Q = \frac{C_a \times 60}{CT} \times E \dots\dots\dots (4)$$

Dalam konteks kebutuhan produksi total, produktivitas keseluruhan hauling dihitung sebagai Persamaan (5):

$$Q_{total} = Q \times n \dots\dots\dots (5)$$

dengan (n) adalah jumlah unit alat angkut yang beroperasi. Pencapaian target produksi dievaluasi menggunakan Persamaan (6):

$$P = \frac{Q_{aktual}}{Q_{target}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Data dianalisis dalam dua tahap. Pertama, dilakukan analisis statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata cycle time dan menggambarkan variasinya berdasarkan data 30 siklus. Kedua, dilakukan analisis kinerja operasional dengan menghitung efisiensi kerja dan produktivitas, kemudian menginterpretasikan hasilnya dengan mempertimbangkan hambatan yang teridentifikasi di lapangan, khususnya kondisi haul road, cuaca, dan delay operasional.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Deskripsi Operasi Alat

Sistem pengupasan overburden di lokasi penelitian menggunakan excavator Komatsu PC1250 (bucket 6,7 m³) untuk pemuatan dan off highway truck Komatsu 785 (vessel ±42–43 BCM) untuk pengangkutan menuju disposal. Pengangkutan dilakukan melalui jalur low wall.

Cycle time alat angkut

Berdasarkan 30 data siklus (n=30), cycle time total berada pada rentang 919,83–1135,61 detik. Perhitungan distribusi frekuensi menghasilkan 6 kelas dengan interval 35,96 detik, dan rata-rata cycle time diperoleh sebesar 1049,99 detik atau 17,49 menit.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Cycle Time Alat Angkut (n=30)

Kelas	Frekuensi (fi)	Persentase	Nilai Tengah (xi)	Fi*xi
919,83 – 955,79	1	3,33	937,81	937,81
955,80 – 991,76	2	6,66	973,78	1.947,56
991,77 – 1027,73	3	10,00	992,24	2.976,72
1027,74 – 1063,7	14	46,66	1045,74	14.640,36
1063,8 – 1099,76	5	16,66	1081,78	5.408,9
1099,77 –1135,61	5	16,66	1117,69	5.588,45
Total	30	100%	6.149,04	31.499,8

Sumber: Delti (2025)

Tabel 2. Data Cycle Time (Cta) OHT Komatsu 785 (n=30)

No	Ta1	Ta2	Ta3	Ta4	Ta5	Ta6	Antrian	Cta	Delay
1	18,83	177,3	365,3	27,42	33,46	349,25	24,1	971,56	0
2	18,2	104,42	361,35	29,57	56,25	350,04	48,34	919,83	0
3	19,02	205,1	451,05	37,55	42,08	379,28	0	1134,08	0
4	15,35	172,38	410,01	32,21	49,03	392,22	0	1071,2	70,2
5	16,75	157,79	422,15	24,31	37,47	385,15	37,29	1043,62	0
6	17,09	168,05	390,14	28,52	29,01	367,02	44,16	999,83	83,59
7	16,5	220,15	411,11	44,51	51,24	392,1	18,52	1135,61	0
8	17,35	166,16	380,46	24,1	36,41	366,24	0	990,72	0
9	15,4	145,35	375,32	36,28	44,59	369,22	0	986,16	0
10	16,35	195,4	438,4	37,33	36,47	397,01	53,24	1120,96	0
11	17,2	230,15	391,15	21,46	53,21	374,29	22,17	1087,46	7,35
12	16,45	152,45	405,25	42,02	34,25	399,21	0	1049,63	0
13	18,35	135,25	470,15	23,04	39,57	361,08	0	1047,44	0
14	16,3	170,45	392,1	42,56	51,08	381,09	36,48	1053,58	0

Sumber: Delti (2025)

Produktivitas Alat Angkut

Dengan parameter operasi: jumlah passing excavator (Na)=9, kapasitas bucket (KB)=6,7 m³, bucket fill factor (FF)=0,71, swell factor (SF)=0,85, cycle time (CT)=17,49 menit, dan efisiensi kerja (E)=0,83, diperoleh produktivitas aktual alat angkut sebesar:

$$Q = 103,617 \text{ BCM/jam}$$

Hasil ini merepresentasikan produktivitas rata-rata pengangkutan overburden dari front ke disposal menggunakan OHT Komatsu 785 pada jalur low wall.

Efisiensi Kerja

Berdasarkan jadwal kerja dua shift (masing-masing 11 jam) dan akumulasi hambatan (delay) 220 menit/hari, waktu kerja efektif diperoleh sebesar 1091 menit dari 1311 menit, sehingga efisiensi kerja:

$$E = \frac{1091}{1311} = 0,83 \text{ (83\%)}$$

Waktu kerja efektif per hari setara 18,18 jam.

Tabel 3. Jadwal Kerja Shift Produksi

Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu
<i>Shift 1 Pagi</i>		
06:00- 12.00	Waktu Kerja	6 jam
12:00- 13.00	Waktu Istirahat	1 jam

13:00- 18:00	Waktu Kerja	5 jam
Total Waktu Kerja		11 jam
<i>Shift 2 Malam</i>		
18:00-00.00	Waktu Kerja	6 Jam
00.00-1:00	Waktu Istirahat	1 jam
1:00-06:00	Waktu Kerja	5 jam
Total Waktu Kerja		11 jam

Sumber: Delti (2025)

Tabel 4. Rekap Hambatan Kerja (*Avoidable dan Unavoidable Delays*)

Hambatan yang dapat ditekan:	Aktual/ Shift (Menit)
- Terlambat kerja	20
- Istirahat Terlalu lama	10
- Berhenti kerja lebih awal	10
Total	40
Hambatan yang dapat dihindari:	
- Inspeksi unit	10
- Re-fueling	15
- Perbaikan dan kerusakan alat ditempat kerusakan ringan	20
- Perbaikan Front	15
- Hujan dan perbaikan jalan	120
Total	180
Total Keseluruhan Waktu	40 + 180 = 220

Sumber: Delti (2025)

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Berdasarkan observasi, faktor dominan meliputi: 1) Kondisi jalan angkut: genangan/lumpur saat hujan memicu slip/"spin" dan menurunkan kecepatan; debu saat kemarau menurunkan visibilitas sehingga perlu penyiraman; jalan bergelombang akibat lalu lintas alat berat sehingga membutuhkan perawatan motor grader. 2) Faktor alat dan kapasitas: kondisi mesin, transmisi, ban, rem, dan sistem pendukung mempengaruhi risiko breakdown dan waktu henti. 3) Faktor material: fill factor dan swell factor mempengaruhi volume efektif per siklus. 4) Faktor operasional & manusia: pengalaman operator, kedisiplinan waktu, dan koordinasi dispatching mempengaruhi antrean dan idle time. 5) Faktor lingkungan & K3: hujan menurunkan traksi dan visibilitas; penerapan keselamatan menambah kebutuhan inspeksi namun mencegah kecelakaan.

Discussion

Makna Cycle Time Terhadap Produktivitas

Secara teoritis, produktivitas haul truck berbanding terbalik terhadap cycle time: semakin panjang cycle time, semakin sedikit jumlah trip per jam sehingga produktivitas menurun (Prodjosumarto, 1996; Tenriajeng, 2003). Hasil penelitian menunjukkan cycle time rata-rata 17,49 menit, yang berarti secara teoritis hanya sekitar 3,43 siklus per jam per unit (tanpa memperhitungkan variasi delay intra-siklus). Nilai ini menjadi penjabar utama bahwa peningkatan kecil pada komponen waktu tetap (manuver, truck exchange, dumping) maupun waktu variabel (haul loaded dan haul empty) akan berdampak langsung pada output produksi.

Caterpillar (2017) menekankan bahwa waktu pertukaran truk dan waktu manuver merupakan komponen “fixed time” yang sering diabaikan, padahal pengurangan beberapa puluh detik per siklus dapat memberikan peningkatan produktivitas yang signifikan pada sistem shovel–truck. Dengan cycle time 17,49 menit, pengurangan 0,5 menit per siklus akan meningkatkan jumlah siklus menjadi sekitar 3,60 siklus per jam. Secara matematis, dengan parameter lain konstan, produktivitas dapat meningkat sekitar 3–4%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi operasional pada level mikro (detik per siklus) memiliki implikasi makro terhadap pencapaian target produksi.

Peran Kualitas Haul Road dan Kondisi Cuaca

Temuan lapangan menunjukkan bahwa kondisi haul road merupakan faktor dominan yang mempengaruhi cycle time. Jalan berlumpur saat hujan meningkatkan rolling resistance dan menurunkan traksi, sedangkan jalan berdebu pada musim kemarau menurunkan visibilitas dan mengurangi kecepatan operasi demi keselamatan. Thompson, Peroni, dan Visser (2019) menjelaskan bahwa kualitas haul road berpengaruh langsung terhadap kecepatan operasi, konsumsi bahan bakar, umur ban, serta biaya pemeliharaan alat. Dengan demikian, degradasi kualitas jalan tidak hanya memperbesar cycle time, tetapi juga meningkatkan biaya implisit operasi.

Selain itu, studi optimasi cycle time pada tambang terbuka menunjukkan bahwa perbaikan jaringan haul road dan pengurangan waktu loading–dumping merupakan strategi paling efektif untuk meningkatkan produktivitas sistem hauling (Mnzool et al., 2024). Oleh karena itu, manajemen jalan angkut berbasis inspeksi rutin, perbaikan drainase, dan pengendalian debu merupakan langkah strategis dalam menjaga stabilitas produktivitas.

Analisis Sensitivitas Cycle Time (CT) dan Efisiensi (E) Terhadap Produktivitas (Q)

Hubungan matematis pada Persamaan (4) menunjukkan bahwa produktivitas (Q) berbanding lurus dengan efisiensi kerja (E) dan berbanding terbalik terhadap cycle time (CT). Dengan menggunakan nilai aktual penelitian ($Q = 103,617$ BCM/jam; $CT = 17,49$ menit; $E = 0,83$), dilakukan analisis sensitivitas deterministik untuk memetakan dampak perubahan CT dan E terhadap Q. Analisis ini berguna untuk mengidentifikasi “tuas” peningkatan kinerja yang paling efektif sekaligus memperkuat argumentasi rekomendasi berbasis bukti.

Secara konsep, jika kapasitas muatan aktual (C_a) dipertahankan konstan, maka Q akan berubah secara proporsional terhadap E dan berbanding terbalik terhadap CT. Untuk memperlihatkan besarnya perubahan tersebut, simulasi dilakukan pada variasi CT (-20% s.d. $+20\%$ dari nilai aktual) dan variasi E (-10% s.d. $+10\%$ dari nilai aktual). Hasil simulasi berikut dapat langsung dipakai sebagai tabel sensitivitas dan dasar pembuatan grafik.

Tabel 5. Simulasi Sensitivitas Produktivitas (Q) terhadap Variasi Cycle Time (CT) pada $E = 0,83$.

Skenario CT	CT (menit)	Perubahan CT	Q simulasi (BCM/jam)	Perubahan Q
CT -20%	13,99	-20%	129,52	$+25,0\%$
CT -10%	15,74	-10%	115,11	$+11,1\%$
Aktual	17,49	0%	103,62	0%
CT $+10\%$	19,24	10%	94,20	$-9,1\%$
CT $+20\%$	20,99	20%	86,35	$-16,7\%$

Keterangan: Q simulasi dihitung dengan mengalikan Q aktual oleh rasio ($CT_{\text{aktual}} / CT_{\text{skenario}}$) dengan E konstan.

Tabel 6. Simulasi Sensitivitas Produktivitas (Q) terhadap Variasi Efisiensi Kerja (E) pada $CT = 17,49$ menit.

Skenario E	E	Perubahan E	Q simulasi (BCM/jam)	Perubahan Q
E -10%	0,75	-10%	93,26	$-10,0\%$
E -5%	0,79	-5%	98,44	$-5,0\%$
Aktual	0,83	0%	103,62	0%
E $+5\%$	0,87	5%	108,80	$+5,0\%$
E $+10\%$	0,91	10%	113,98	$+10,0\%$

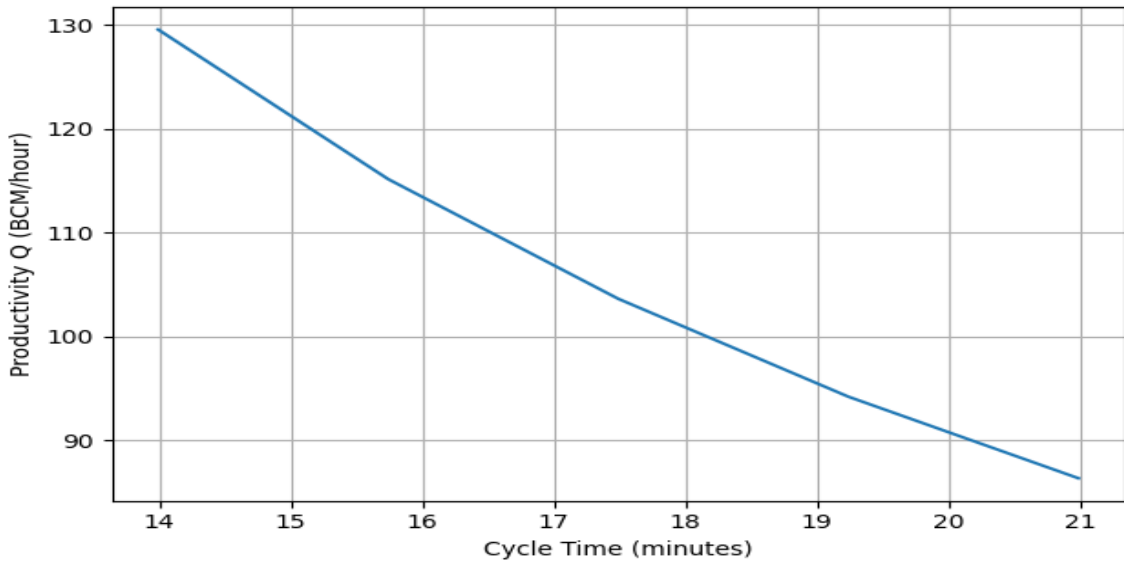
Keterangan: Q simulasi dihitung dengan mengalikan Q aktual oleh rasio ($E_{\text{skenario}} / E_{\text{aktual}}$) dengan CT konstan.

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 terlihat bahwa perubahan CT memberikan dampak yang relatif lebih tajam dibanding perubahan E pada kisaran yang sama, terutama ketika CT dipengaruhi kualitas haul road dan waktu tempuh bermuatan. Penurunan CT sebesar 10%

meningkatkan Q sekitar 11,1%, sementara kenaikan E sebesar 10% meningkatkan Q sebesar 10%. Secara operasional, program perbaikan haul road berpotensi memberikan efek ganda: menurunkan CT (kecepatan meningkat) sekaligus menaikkan E (delay perbaikan jalan dan gangguan traksi berkurang), sehingga dampak total terhadap Q cenderung lebih besar.

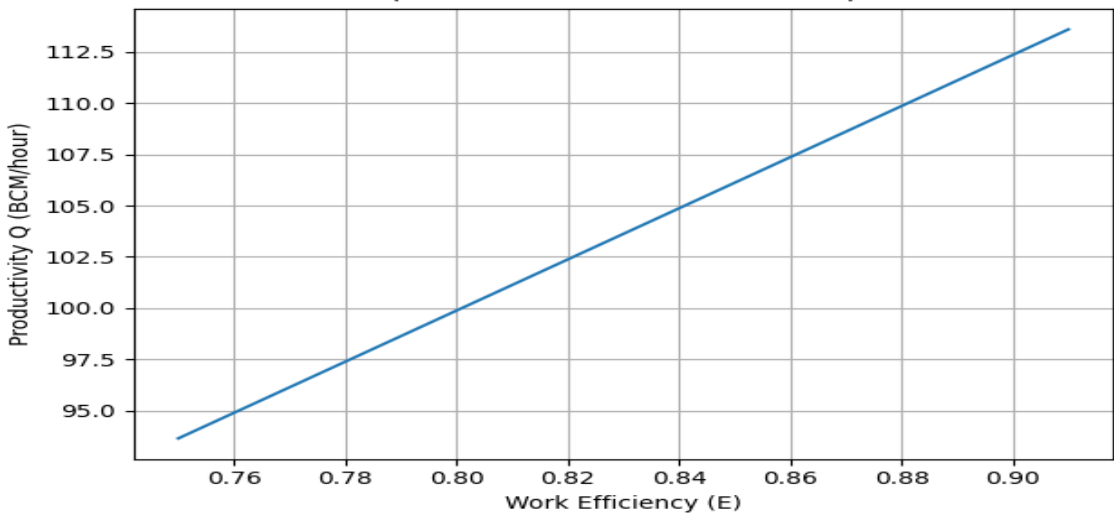
Untuk memperkuat penyajian ala jurnal internasional, hasil simulasi dapat divisualisasikan sebagai kurva hubungan matematis berikut.

Figure 1. Relationship between Productivity (Q) and Cycle Time (CT) (E constant at 0.83)



Gambar 1. Kurva Hubungan Produktivitas (Q) terhadap Cycle Time (CT) pada E Konstan

Figure 2. Relationship between Productivity (Q) and Work Efficiency (E) (CT constant at 17.49 minutes)



Gambar 2. Kurva Hubungan Produktivitas (Q) terhadap Efisiensi Kerja (E) pada CT Konstan.

Secara matematis, bentuk kurva pada Gambar 1 bersifat hiperbolik (Q berbanding terbalik dengan CT), sedangkan Gambar 2 bersifat linear (Q berbanding lurus dengan E). Implikasi praktisnya, program perawatan jalan dan pengurangan waktu tempuh bermuatan/kosong cenderung memberikan “*return*” produktivitas yang kuat, khususnya ketika CT awal relatif besar (Rochmanhadi, 1985; Prodjosumarto, 1996; Thompson et al., 2019).

Estimasi Kebutuhan Unit Untuk Target Produksi

Produktivitas aktual per unit sebesar 103,617 BCM/jam dapat digunakan untuk mengestimasi kebutuhan jumlah unit alat angkut dalam memenuhi target produksi tertentu. Misalnya, apabila perusahaan menetapkan target pengupasan sebesar 8.000 BCM per hari dengan waktu kerja efektif 18,18 jam, maka kapasitas produksi per unit per hari adalah sekitar:

$$103,617\text{BCM}/\text{jam} \times 18,18 \text{ jam} \approx 1.883 \text{ BCM}/\text{hari}$$

dengan demikian, kebutuhan unit minimum secara teoritis adalah:

$$\frac{8.000}{1.882} \approx 4,25 \text{ unit}$$

artinya, diperlukan minimal 5 unit OHT untuk menjamin pencapaian target dengan mempertimbangkan faktor cadangan operasional. Namun, apabila cycle time meningkat 10%, kapasitas per unit turun menjadi sekitar 1.710–1.750 BCM/hari sehingga kebutuhan unit dapat meningkat menjadi 5–6 unit. Hal ini menunjukkan bahwa ketidakstabilan cycle time dapat berdampak langsung pada kebutuhan investasi alat dan biaya modal.

Pendekatan estimasi ini penting dalam perencanaan tambang karena jumlah unit tidak hanya mempengaruhi produktivitas, tetapi juga struktur biaya tetap dan variabel. Sistem dengan jumlah unit berlebih akan meningkatkan idle time dan biaya kepemilikan, sedangkan jumlah unit kurang akan menyebabkan bottleneck produksi (Hustrulid et al., 2013).

Evaluasi Biaya Implisit (BBM dan Ban) Berbasis Kualitas Jalan

Kualitas haul road tidak hanya mempengaruhi cycle time, tetapi juga biaya implisit seperti konsumsi bahan bakar (BBM) dan keausan ban. Thompson et al. (2019) menjelaskan bahwa peningkatan rolling resistance sebesar 1% dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar secara signifikan tergantung kondisi gradien dan beban. Jalan berlumpur atau bergelombang meningkatkan kebutuhan traksi dan memperbesar beban kerja mesin, sehingga konsumsi BBM per siklus meningkat.

Selain itu, kondisi jalan yang kasar dan tidak rata mempercepat keausan ban akibat getaran dan beban dinamis berlebih. Ban merupakan salah satu komponen biaya terbesar dalam operasi hauling. Apabila kualitas jalan buruk memperpendek umur ban 10–15%, maka biaya penggantian akan meningkat secara signifikan dalam jangka panjang. Dengan demikian, investasi pada perawatan jalan (grading rutin, pemadatan, pengendalian air, dan pengelolaan debu) sebenarnya dapat dipandang sebagai strategi pengendalian biaya tidak langsung.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa produktivitas hauling merupakan hasil interaksi antara parameter teknis (CT, E, kapasitas), kondisi fisik jalan, serta manajemen operasional. Optimalisasi yang terintegrasi, meliputi pengendalian cycle time, peningkatan efisiensi kerja, perencanaan jumlah unit yang tepat, serta pemeliharaan haul road akan memberikan dampak simultan terhadap peningkatan output dan pengendalian biaya operasi.

CONCLUSION

Berdasarkan hasil pengamatan 30 siklus operasi, produktivitas alat angkut (OHT Komatsu 785) pada aktivitas pengupasan overburden di PT Dizamatra Powerindo diperoleh sebesar 103,617 BCM/jam, dengan rata-rata cycle time 17,49 menit (1049,99 detik) dan efisiensi kerja 83% (waktu kerja efektif 18,18 jam/hari). Temuan ini menunjukkan bahwa performa hauling pada jalur low wall sangat dipengaruhi oleh besarnya cycle time dan kehilangan waktu akibat hambatan harian. Faktor yang paling dominan mempengaruhi produktivitas adalah kondisi haul road (lumpur/air saat hujan, debu saat kemarau, serta permukaan bergelombang), delay operasional (terutama hujan dan perbaikan jalan), serta faktor teknis-operasional lain seperti kondisi alat, variasi fill factor/swell factor material, dan kompetensi operator.

Sejalan dengan temuan tersebut, peningkatan produktivitas dapat dicapai melalui strategi yang berfokus pada pengurangan cycle time dan peningkatan efisiensi kerja. Perbaikan dan pemeliharaan haul road berbasis segmen kritis perlu diprioritaskan melalui penguatan drainase untuk meminimalkan genangan, grading dan pemadatan berkala untuk menjaga kualitas permukaan, evaluasi lebar serta grade pada titik bottleneck, dan pengendalian debu yang terjadwal. Pada saat yang sama, perusahaan perlu memperkuat pengendalian delay dengan menetapkan indikator kinerja harian untuk hambatan avoidable dan unavoidable, mengoptimalkan jadwal refueling dan inspeksi agar tidak

mengganggu jam puncak hauling, serta memperkuat program preventive maintenance untuk menekan downtime. Selain aspek teknis, penguatan manajemen pemuatan dan dispatching juga penting untuk meminimalkan antrean dan mengurangi variasi payload yang berpotensi menimbulkan penumpukan kendaraan. Upaya tersebut sebaiknya didukung dengan pengembangan kompetensi operator melalui pelatihan teknik operasi aman dan efisien sehingga produktivitas dapat meningkat tanpa mengorbankan keselamatan kerja.

REFERENCES

- Caterpillar Inc. (2017). CATERPILLAR PERFORMANCE HANDBOOK (SEBD0351-47). Caterpillar.
- Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y.-J. (2011). INTRODUCTORY MINING ENGINEERING (2ND ED.). Wiley.
- Hustrulid, W. A., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). OPEN PIT MINE PLANNING AND DESIGN (3RD ED.). CRC Press.
- Mnzool, M., Almujiabah, H., Bakri, M., Gaafar, A., Elhassan, A. A. M., & Gomaa, E. (2024). OPTIMIZATION OF CYCLE TIME FOR LOADING AND HAULING TRUCKS IN OPEN-PIT MINING. *Mining of Mineral Deposits*, 18(1), 18–26. <https://doi.org/10.33271/mining18.01.018>
- Prodjosumarto, P. (1996). PEMINDAHAN TANAH MEKANIS. ITB Press.
- Rochmanhadi. (1985). ALAT-ALAT BERAT DAN PENGGUNAANNYA. Departemen Pekerjaan Umum.
- Tenriajeng, A. T. (2003). PEMINDAHAN TANAH MEKANIS. Gunadarma.
- Thompson, R., Peroni, R., & Visser, A. (2019). MINING HAUL ROADS: THEORY AND PRACTICE. CRC Press.
- Zhang, Y., Ding, X., & Pourrahimian, Y. (2016). A DISCRETE-EVENT MODEL TO SIMULATE THE EFFECT OF TRUCK BUNCHING DUE TO PAYLOAD VARIANCE ON CYCLE TIME, HAULED MINE MATERIALS AND FUEL CONSUMPTION. *International Journal of Mining Science and Technology*, 26(5), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2016.05.047>