ANALISIS RASIO BAHAN BAKAR (*FUEL RATIO*) ALAT GALI MUAT (*EXCAVATOR*) TERHADAP WAKTU EDAR (*CYCLE TIME*) PADA PENAMBANGAN PASIR SILIKA DI CV. FAJAR PUTIH KABUPATEN TUBAN PROVINSI JAWA TIMUR

Ahmad Fajrul Hunaifi[1], Sapto Heru Yuwanto[2]
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Tenologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: ahmadfajrulhunaifi123@gmail.com, saptoheru@itats.ac.id

ABSTRACT

This study was conducted at CV. Fajar Putih, Tuban Regency, East Java, during open-pit silica sand mining operations. As the primary loading equipment, the excavator accounts for a substantial portion of the operation's fuel consumption, making fuel efficiency an important aspect of operational cost control. However, the company has not yet established a quantitative benchmark for evaluating fuel efficiency. Cycle time is considered one of the operational factors that may influence fuel consumption. Therefore, this study aimed to analyze the effect of cycle time on the excavator fuel ratio as an indicator of fuel efficiency and to propose operational improvement strategies. Field observations were carried out over a period of 13 days by recording cycle time, productivity, and fuel consumption. The collected data were analyzed using simple linear regression analysis. The results showed that cycle time ranged from 14.74 to 20.69 s, while the fuel ratio varied between 0.07 and 0.17 L/BCM, with an average value of 0.12 L/BCM. The correlation coefficient (r = 0.936) indicated a very strong positive relationship between cycle time and fuel ratio. Furthermore, the coefficient of determination (R^2 = 0.876) demonstrated that changes in cycle time explained 87.6% of the variation in fuel ratio. These findings indicate that longer cycle times lead to higher fuel ratios, resulting in lower fuel efficiency. Three improvement scenarios were subsequently evaluated. The first scenario involved reducing digging time to its minimum operational value, which decreased the fuel ratio to 0.118 L/BCM. The second scenario focused on minimizing operational delays, increasing work efficiency to 0.7508 and reducing the fuel ratio to 0.116 L/BCM. The third scenario combined both improvement measures and produced the best performance, lowering the fuel ratio to 0.113 L/BCM. In addition, improving operator competency through appropriate loading techniques, including optimizing the swing angle and excavator positioning relative to the working face, contributed to shorter cycle times and improved fuel efficiency. These operational improvements should be supported by scheduled preventive maintenance and systematic fuel consumption monitoring. The findings of this study provide a practical basis for establishing a standard fuel ratio as a key performance indicator for evaluating the operational efficiency of excavator loading equipment.

Kata kunci: *Cycle time; fuel ratio; silica sand.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan di Cv. Fajar Putih, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur, pada kegiatan penambangan pasir silika dengan metode tambang terbuka. Penggunaan *excavator* sebagai alat gali–muat utama menjadikan konsumsi bahan bakar sebagai komponen biaya operasional yang perlu dikendalikan, namun perusahaan belum memiliki standar kuantitatif untuk mengevaluasi efisiensinya. Salah satu faktor yang diduga memengaruhi konsumsi bahan bakar adalah waktu edar (*cycle time*). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *cycle time* terhadap *fuel ratio* sebagai indikator efisiensi bahan bakar *excavator*, sekaligus merumuskan upaya perbaikannya. Metode penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap *cycle time*, produktivitas, dan konsumsi bahan bakar selama 13 hari, dianalisis menggunakan uji regresi linier sederhana. Hasil menunjukkan *cycle time* bervariasi antara 14,74–20,69 detik, dengan *fuel ratio* berkisar 0,07–0,17 liter/BCM (rata-rata 0,12 liter/BCM). Koefisien korelasi (r) sebesar 0,936 menunjukkan hubungan positif sangat kuat, sedangkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,876 berarti 87,6% variasi *fuel ratio* dipengaruhi oleh *cycle time*. Semakin lama *cycle time*, semakin tinggi *fuel ratio* sehingga efisiensi bahan bakar menurun. Upaya peningkatan efisiensi dirumuskan melalui tiga skenario: (1) pengurangan waktu gali (*digging time*) hingga nilai minimum, menurunkan *fuel ratio* menjadi 0,118 liter/BCM; (2) pengurangan waktu hambatan, meningkatkan efisiensi kerja menjadi 0,7508 dan menurunkan *fuel ratio* menjadi 0,116 liter/BCM; serta (3) kombinasi keduanya, yang memberikan hasil paling optimal dengan *fuel ratio* turun menjadi 0,113 liter/BCM. Selain itu, peningkatan keterampilan operator melalui teknik pemuatan yang tepat seperti pengaturan *swing angle* dan posisi alat terhadap *front* kerja turut mempercepat *cycle time* dan menurunkan *fuel ratio*. Upaya ini perlu didukung *preventive maintenance* berkala dan pemantauan konsumsi bahan bakar secara terstruktur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penetapan standar *fuel ratio* sebagai indikator evaluasi efisiensi operasional alat gali–muat.

Kata kunci: Pasir silika; rasio bahan bakar; waktu edar.

PENDAHULUAN

Sektor pertambangan berperan strategis dalam pembangunan nasional, dengan operasional yang sangat bergantung pada alat berat berenergi besar. Biaya bahan bakar tercatat sebagai komponen dominan dalam biaya operasional tambang, mencapai 38,2–48,5% [1]. Meski demikian, pada perusahaan tambang skala lokal seperti Cv. Fajar Putih di Kabupaten Tuban, Jawa Timur yang menambang pasir silika dengan metode tambang terbuka menggunakan *excavator* sebagai alat gali-muat utama efisiensi bahan bakar masih dinilai secara subjektif oleh mekanik, tanpa kajian kuantitatif berbasis parameter operasional seperti *cycle time[2]*. *Cycle time excavator* terdiri atas waktu gali, putar isi, muat, dan putar kosong. Ketidakoptimalan salah satu tahap memperpanjang *cycle time*, meningkatkan durasi kerja mesin sekaligus *fuel ratio*, meski volume material yang dipindahkan tidak bertambah signifikan. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa durasi siklus kerja berdampak signifikan terhadap efisiensi operasi tambang serta hubungan antara *cycle time* dan *fuel consumption* [3], [4].

Penelitian terdahulu banyak mengkaji produktivitas *excavator* dan faktor *cycle time*, namun kajian spesifik mengenai pengaruh *cycle time* terhadap *fuel ratio* pada tambang pasir silika skala lokal masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan tersebut sekaligus memberi kontribusi praktis bagi CV. Fajar Putih dalam pengendalian efisiensi bahan bakar *excavator[5]*.

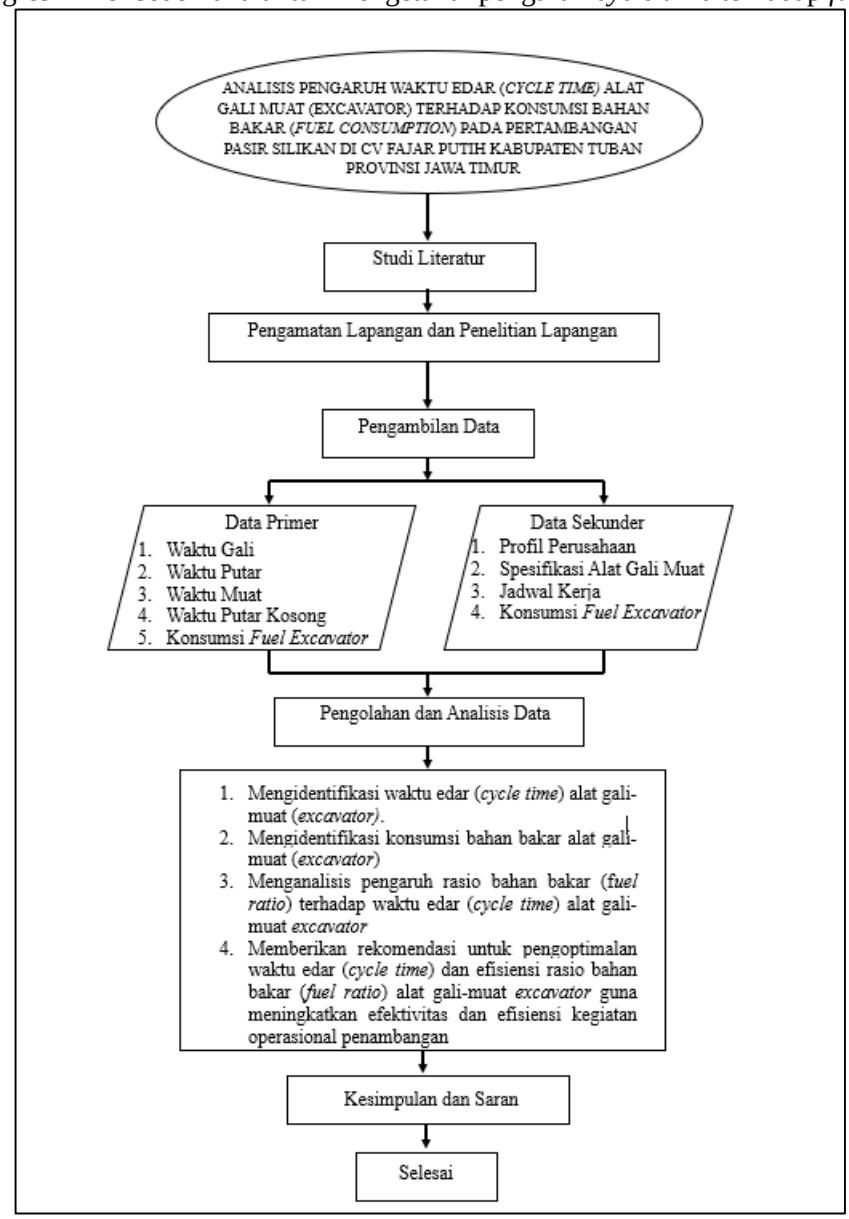
TINJAUAN PUSTAKA

1. Konsep Alat Gali-Muat (*Excavator*)
   Excavator merupakan alat berat yang berperan sebagai alat penggalian dan pemuatan material dalam kegiatan pertambangan terbuka. Kinerja *excavator* dipengaruhi oleh kondisi teknis alat, kondisi operasional lapangan, keterampilan operator, dan manajemen operasi [5].
2. Produktivitas Alat Gali-Muat
   Produktivitas (P) dihitung dari kapasitas *bucket*, *bucket fill factor*, *swell factor*, dan efisiensi kerja. Efisiensi kerja diperoleh dari perbandingan waktu kerja efektif terhadap waktu kerja tersedia, yang juga berkaitan dengan ketersediaan alat (*mechanical availability*, *physical availability*, *used availability*, *effective utility*) [6].
3. Waktu Edar (*Cycle Time*)
   Cycle time adalah total waktu yang dibutuhkan *excavator* menyelesaikan satu siklus kerja, terdiri dari waktu gali (*digging time*), waktu putar (*swing time*), waktu muat (*loading time*), dan waktu putar kosong (*swing empty time*). *Cycle time* dipengaruhi oleh efisiensi kerja, kondisi dan ukuran alat, kondisi medan atau lingkungan kerja, serta karakteristik material [7].
4. Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*)
   Fuel consumption adalah total pemakaian bahan bakar alat dalam satuan waktu tertentu, dipengaruhi oleh efisiensi penggunaan unit, beban kerja, kondisi mesin, kualitas bahan bakar, dan kondisi sistem bahan bakar [8].
5. Rasio Bahan Bakar (*Fuel Ratio*)
   Fuel ratio adalah perbandingan antara konsumsi bahan bakar dan produktivitas alat (liter/BCM). Semakin singkat *cycle time* dengan kapasitas muatan tetap, semakin tinggi produktivitas, sehingga berpotensi menurunkan *fuel ratio* menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara efisiensi waktu edar dan efisiensi bahan bakar [9].[10]

METODE

Penelitian ini dilakukan di Cv. Fajar Putih, Kabupaten Tuban, Jawa Timur, pada aktivitas gali–muat *excavator* di Site 1, menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain regresi linier sederhana berbasis data *time series*, yaitu data yang dikumpulkan berulang pada interval waktu yang relatif sama menggunakan instrumen dan objek yang sama (Sugiyono, 2019). Variabel penelitian terdiri atas variabel dependen berupa *fuel ratio* dan variabel independen berupa *cycle time excavator*. Pengambilan data dilakukan selama 13 hari pengamatan, masing-masing selama 1 jam kerja efektif (pukul 08.00–09.00 WIB). Seluruh siklus kerja yang terjadi dalam rentang waktu tersebut dicatat tanpa batasan jumlah (teknik sampling jenuh), sehingga jumlah siklus per hari bervariasi mengikuti kondisi lapangan. Data *cycle time* diambil menggunakan *stopwatch* digital pada *smartphone*, dimulai sejak *excavator* menggali material hingga menyelesaikan waktu putar kosong. Seluruh nilai *cycle time* yang tercatat dalam satu hari kemudian dirata-ratakan untuk

memperoleh nilai *cycle time* harian. Adapun konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) diperoleh dari monitor unit *excavator* (*ECU display*) dalam satuan liter/jam, yang direset oleh operator sebelum pengamatan agar data yang terekam murni mencerminkan periode operasi yang diamati. Data *cycle time* dan *fuel consumption* harian tersebut selanjutnya diuji normalitasnya (*Shapiro-Wilk*) sebelum dianalisis menggunakan regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh *cycle time* terhadap *fuel ratio*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Untuk memberikan kejelasan mengenai konsep variabel, indikator, dan cara pengukurannya dalam penelitian ini, definisi operasional masing-masing variabel disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala Data	Parameter
Independen: *Cycle Time*	Rata-rata waktu yang dibutuhkan *excavator* untuk menyelesaikan satu siklus kerja gali–muat. Data diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap seluruh siklus kerja selama 1 jam penuh setiap hari pada hari operasi aktif.	*Stopwatch* digital / *Stopwatch* di *smartphone*, dengan akurasi tinggi	Interval	1.Waktu Gali 2.Waktu Putar 3.Waktu Muat 4.Waktu Putar Kosong

	Pengamatan dilakukan dalam periode 13 hari dengan durasi operasional 1 jam per hari.			
Dependen: *Fuel Ratio Excavator*	Rasio bahan bakar yang dikonsumsi *excavator* selama kegiatan operasional. Data diperoleh melalui pengukuran konsumsi bahan bakar dan produktivitas alat selama 1 jam penuh setiap hari pada hari operasi aktif. Pengamatan dilaksanakan dalam periode 13 hari untuk memperoleh gambaran rasio bahan bakar yang representatif terhadap kinerja alat.	*Fuel Consumption* dari perhitungan awal *excavator* diisi hingga *excavator* selesai 1 jam setelah digunakan.	Rasio	Total bahan bakar yang digunakan selama 1 jam operasional aktif dibagi dengan produktivitas *excavator* perjam

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Cycle Time Excavator*

Hasil pengamatan selama 13 hari menunjukkan bahwa *cycle time excavator* pada kegiatan penambangan pasir silika di Cv. Fajar Putih mengalami variasi dari 14,74 detik hingga 20,69 detik. Variasi tersebut dipengaruhi oleh kondisi operasional di lapangan, seperti posisi alat terhadap *front* kerja, jarak ayun (*swing angle*), kondisi material yang digali, serta keterampilan operator dalam mengoperasikan alat. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus kerja, semakin tinggi produktivitas *excavator* yang dihasilkan. Rata-rata *cycle time* harian yang diperoleh dari hasil pengamatan tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rata-Rata *Cycle Time* Perhari

Hari	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	Cm (detik)
1	7,17	4,53	2,59	5,77	20,05
2	5,29	5,66	2,79	5,53	19,26
3	5,42	4	2,74	4,39	16,54
4	5,59	3,97	2,8	4,07	16,42
5	5,28	3,89	2,85	4,27	16,29
6	5,24	5,12	4,84	5,15	20,35
7	5,62	5,02	4,88	5,17	20,69
8	5,35	3,94	3,01	4,23	16,53
9	5,29	5,66	2,79	5,53	19,26
10	5,19	4,87	2,99	5,15	18,2
11	5,22	3,26	2	4,25	14,74
12	5,15	4,12	3,41	4,61	17,29
13	5,16	4,32	2,92	4,55	16,95

Cycle time merupakan waktu yang diperlukan *excavator* untuk menyelesaikan satu siklus kerja yang terdiri atas waktu gali, waktu putar, waktu muat, waktu putar kosong. Secara matematis *cycle time* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$CT=T1+T2+T3+T4$ .....[7]

Keterangan:
Ct = Waktu edar alat gali-muat (detik)
T1 = Waktu gali (detik)
T2 = Waktu putar (detik)
T3 = Waktu muat (detik)
T4 = Waktu putar kosong (detik)

Nilai *cycle time* yang relatif tinggi menunjukkan adanya waktu operasi yang lebih lama untuk memindahkan material dalam jumlah yang sama. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan

ISSN 2775-5630

produktivitas alat selama proses penambangan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [3], yang menyatakan bahwa peningkatan *cycle time* berpengaruh langsung terhadap penurunan produktivitas alat gali-muat pada kegiatan penambangan. Setelah mendapatkan nilai *cycle time* dapat dilanjutkan menghitung produktivitas.

2. Produktivitas *Excavator*

Produktivitas *excavator* merupakan kemampuan alat dalam memindahkan material per satuan waktu dan menjadi salah satu indikator utama kinerja alat gali-muat pada kegiatan penambangan. Produktivitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kapasitas *bucket* didapatkan nilai 0,90 m^3 dari kapasitas *bucket excavator* case cx 210 c, *bucket fill factor* didapatkan nilai 1,111 hasil dari perbandingan antara kapasitas nyata bucket 1 m^3 dengan kapasitas teori bucket 0,90 m^3, *swell factor* didapatkan nilai 0,89 dengan acuan pasir kering menurut PradjosumartoP. (1993), efisiensi kerja didapatkan nilai 0,724 hasil dari perbandingan antara waktu kerja efektif yaitu 413 menit dibagi dengan waktu kerja tersedia 570 menit, dan *cycle time* didapatkan nilai pada tabel 2. Semakin kecil *cycle time* yang dicapai, maka semakin besar jumlah siklus kerja yang dapat dilakukan dalam satuan waktu sehingga produktivitas alat akan meningkat. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan data *cycle time* harian, diperoleh nilai produktivitas *excavator* sebagaimana disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Produktivitas Alat Gali-Muat (*Excavator*)

Hari	q1	K	SF	E	CT	Produktivitas (BCM/Jam)
1	0,90	1,111	0,89	0,724	20,05	115,77
2	0,90	1,111	0,89	0,724	19,26	120,51
3	0,90	1,111	0,89	0,724	16,54	140,36
4	0,90	1,111	0,89	0,724	16,42	141,36
5	0,90	1,111	0,89	0,724	16,29	142,52
6	0,90	1,111	0,89	0,724	20,35	114,08
7	0,90	1,111	0,89	0,724	20,69	112,20
8	0,90	1,111	0,89	0,724	16,53	140,43
9	0,90	1,111	0,89	0,724	19,26	120,51
10	0,90	1,111	0,89	0,724	18,2	127,53
11	0,90	1,111	0,89	0,724	14,74	157,54
12	0,90	1,111	0,89	0,724	17,29	134,24
13	0,90	1,111	0,89	0,724	16,95	136,93

Produktivitas *excavator* selama 13 hari pengamatan menunjukkan adanya variasi yang dipengaruhi oleh perubahan kondisi operasional di lapangan. Perbedaan posisi alat terhadap *front* kerja, jarak ayun (*swing angle*), serta keterampilan operator dalam mengoperasikan alat menjadi faktor yang memengaruhi jumlah material yang dapat dipindahkan setiap jam kerja. Pada saat *cycle time* rendah, *excavator* mampu menyelesaikan lebih banyak siklus kerja sehingga produktivitas meningkat. Sebaliknya, peningkatan *cycle time* menyebabkan jumlah siklus kerja berkurang dan berdampak pada penurunan produktivitas. Produktivitas *excavator* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P = \frac{3600 \; x \; q1 \; x \; K \; x \; SF \; x \; E}{cm} \quad \text{.....[3]}$$

Keterangan :

P = Produktivitas alat gali-muat (Ton/jam)

q1 = Kapasitas *Bucket* (m^3)

K = *Bucket Fill Factor*

SF = *Swell Factor*

E = Efisiensi Kerja

ISSN 2775-5630

3. *Fuel Consumption Excavator*

Fuel consumption merupakan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh *excavator* selama kegiatan operasional penambangan dalam periode tertentu. Besarnya *fuel consumption* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi mesin, beban kerja alat, keterampilan operator, kondisi material yang digali, serta waktu operasi alat. Dalam kegiatan penambangan, konsumsi bahan bakar menjadi salah satu komponen biaya operasional terbesar sehingga pengendaliannya sangat penting untuk meningkatkan efisiensi produksi. Hasil pengukuran *fuel consumption excavator* selama periode pengamatan disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*)

Keterangan	Konsumsi Bahan Bakar (liter)
H1	17,25
H2	16,50
H3	14
H4	13,81
H5	12,75
H6	18,75
H7	19,02
H8	15,50
H9	13,37
H10	16,37
H11	11,25
H12	15,75
H13	15,21

Keterangan: H = Hari Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan selama 13 hari penelitian, konsumsi bahan bakar *excavator* menunjukkan variasi pada setiap hari pengamatan. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh perubahan kondisi operasional yang terjadi di lapangan, terutama perubahan waktu edar (*cycle time*) dan produktivitas alat. Pada kondisi ketika *excavator* bekerja dengan *cycle time* yang lebih singkat dan produktivitas yang tinggi, penggunaan bahan bakar cenderung lebih efisien dibandingkan saat *cycle time* meningkat dan produktivitas menurun.

Konsumsi bahan bakar harian diperoleh melalui pencatatan penggunaan bahan bakar *excavator* selama kegiatan operasional. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *fuel ratio* untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan bahan bakar terhadap produksi yang dihasilkan. Secara umum, peningkatan durasi operasi alat akan menyebabkan kebutuhan energi mesin dan sistem hidrolik menjadi lebih besar sehingga konsumsi bahan bakar juga meningkat.

4. *Fuel Ratio Excavator*

Berdasarkan hasil pengamatan, *fuel ratio excavator* selama periode penelitian berkisar antara 0,07 liter/BCM hingga 0,17 liter/BCM dengan nilai rata-rata sebesar 0,12 liter/BCM. Nilai *fuel ratio* menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan produksi material. *Fuel ratio* dihitung menggunakan persamaan berikut.

FR = FC / P..... [3]

dengan FR merupakan *fuel ratio* (liter/BCM), FC merupakan konsumsi bahan bakar (liter), dan P merupakan produktivitas alat (BCM).

Tabel 5. Rasio Bahan Bakar (*Fuel Ratio*)

Hari	Rasio Bahan Bakar (Liter/BCM)
H1	0,15
H2	0,14
H3	0,10
H4	0,10

H5	0,09
H6	0,16
H7	0,17
H8	0,11
H9	0,11
H10	0,13
H11	0,07
H12	0,12
H13	0,11

Keterangan: H = Hari Pengamatan

Variasi *fuel ratio* yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan bahan bakar tidak selalu konstan selama kegiatan operasi. Pada saat produktivitas alat meningkat dan waktu edar relatif rendah, nilai *fuel ratio* cenderung menurun. Sebaliknya, ketika *cycle time* meningkat, kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan satu BCM material menjadi lebih besar sehingga nilai *fuel ratio* meningkat. Hasil ini mendukung penelitian [3] yang menyatakan bahwa parameter operasional alat memiliki pengaruh terhadap efisiensi penggunaan bahan bakar pada kegiatan pertambangan.

5. Pengaruh *Cycle Time* terhadap *Fuel Ratio*

Pengaruh *cycle time* terhadap *fuel ratio* dianalisis menggunakan uji regresi linier sederhana. Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,936 yang menunjukkan hubungan positif sangat kuat antara kedua variabel. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan *cycle time* diikuti oleh peningkatan *fuel ratio*.

Analisis regresi linier sederhana menghasilkan persamaan:

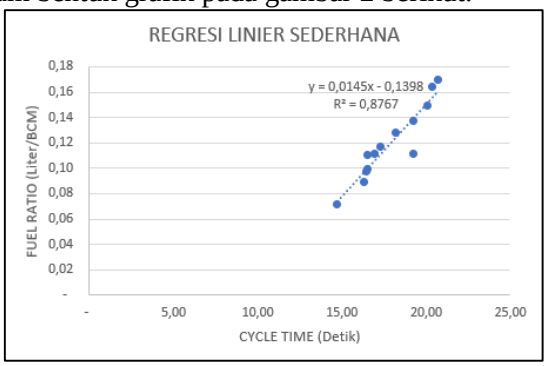
$Y = a+bX$ .....[7]

Yang memiliki hasil sebagai berikut.

$Y = -0,1398 + 0,0145X$.....[7]

dengan Y merupakan *fuel ratio* (liter/BCM) dan X merupakan *cycle time* (detik).

Untuk mengetahui pengaruh antara *cycle time* terhadap *fuel ratio*, dilakukan analisis regresi linier sederhana. Analisis ini digunakan untuk melihat arah dan besarnya pengaruh antara *cycle time* sebagai variable X terhadap *fuel ratio* sebagai variable Y. Hasil analisis regresi linier sederhana tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik Regresi Linier Sederhana

Berdasarkan Persamaan regresi linier sederhana, setiap kenaikan *cycle time* sebesar 1 detik akan meningkatkan *fuel ratio* sebesar 0,0145 liter/BCM. Selain itu, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,876 menunjukkan bahwa 87,6% variasi *fuel ratio* dapat dijelaskan oleh perubahan *cycle time*, sedangkan 12,4% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti, seperti kondisi material, efisiensi operator, kondisi alat, dan faktor lingkungan kerja.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *cycle time* merupakan faktor dominan yang memengaruhi efisiensi penggunaan bahan bakar *excavator* pada penambangan pasir silika. Semakin lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus kerja, semakin besar konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan jumlah produksi yang sama. Temuan ini memperkuat hasil penelitian [2] dan [3] yang menyatakan bahwa peningkatan durasi operasi alat dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan efisiensi operasional. Oleh karena itu, pengendalian *cycle*

time melalui peningkatan keterampilan operator, pengaturan posisi kerja alat yang optimal, serta pelaksanaan *preventive* maintenance secara berkala dapat menjadi strategi yang efektif untuk menurunkan *fuel ratio* dan meningkatkan efisiensi operasional alat gali-muat.

6. Upaya Pengendalian *Fuel Ratio*

   Berdasarkan hasil fuel rasio pada tabel 5, dapat dilakukan upaya untuk menurunkan *fuel ratio excavator* Case CX 210 C.

   Skenario 1, Pengurangan waktu gali (T1). Waktu gali merupakan komponen dengan durasi rata-rata terbesar dalam *cycle time*, sehingga penurunannya memberi dampak paling signifikan. Dengan menetapkan T1 pada nilai minimum yang pernah dicapai (5,15 detik), *fuel ratio* turun dari rata-rata 0,12 menjadi 0,118 liter/BCM.

   Skenario 2, Pengurangan waktu hambatan. Hambatan yang dapat dihindari (*avoidable delay*), yaitu waktu berhenti sebelum akhir *shift*, dihilangkan sepenuhnya (dari 5 menit menjadi 0 menit). Hambatan yang tidak dapat dihindari (*unavoidable delay*) P2H dan pengisian bahan bakar dipersingkat dari 10 menjadi 5 menit tanpa mengabaikan prosedur keselamatan. Skenario ini meningkatkan waktu kerja efektif menjadi 428 menit dan efisiensi kerja menjadi 75,08%, menurunkan *fuel ratio* menjadi 0,116 liter/BCM.

   Skenario 3, Kombinasi. Penggabungan kedua skenario di atas memberikan hasil paling optimal, dengan *fuel ratio* turun menjadi 0,113 liter/BCM.

   Ketiga skenario menunjukkan bahwa intervensi pada komponen *cycle time* yang paling dominan (waktu gali) dan optimalisasi waktu hambatan secara bersamaan lebih efektif dibandingkan penerapan terpisah, sehingga dapat dijadikan acuan strategi pengendalian efisiensi bahan bakar *excavator* di lapangan.

.

KESIMPULAN

Cycle time excavator selama 13 hari pengamatan bervariasi antara 14,74–20,69 detik, dengan waktu gali (T1) sebagai komponen paling dominan dan paling berpengaruh terhadap durasi siklus kerja. *Fuel ratio* bervariasi antara 0,07–0,17 liter/BCM dengan rata-rata 0,12 liter/BCM. Hasil uji regresi menunjukkan pengaruh *cycle time* terhadap *fuel ratio* signifikan secara statistik (p-value 0,000 < 0,05), dengan korelasi positif sangat kuat (r = 0,936) dan koefisien determinasi (R^2 = 0,876), artinya 87,6% variasi *fuel ratio* dipengaruhi oleh *cycle time*. Upaya perbaikan melalui pengurangan waktu gali dengan waktu gali rata-rata yang pernah dicapai yaitu 5,15 detik menurunkan *fuel ratio* menjadi 0,118 liter/BCM; pengurangan waktu hambatan yaitu waktu berhenti sebelum akhir *shift*, dihilangkan sepenuhnya (dari 5 menit menjadi 0 menit). Hambatan yang tidak dapat dihindari (*unavoidable delay*) P2H dan pengisian bahan bakar dipersingkat dari 10 menjadi 5 menit tanpa mengabaikan prosedur keselamatan. Meningkatkan efisiensi kerja menjadi 75,08% dan menurunkan *fuel ratio* menjadi 0,116 liter/BCM, sedangkan kombinasi keduanya memberikan hasil paling optimal, yaitu 0,113 liter/BCM. Dengan demikian, pengendalian *cycle time* khususnya pada waktu gali dan waktu hambatan terbukti efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar *excavator*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak manajemen CV. Fajar Putih yang telah menginjikan kami untuk mengambil data penelitian ini, bapak ibu dosen Teknik Pertambangan ITATS, teman-teman angkatan 2022,

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Ressa, S. H. Yuwanto, and Y. Fanani, “Studi Efisiensi Biaya Operasional Peralatan Gali-Muat dan Angkut pada Kegiatan Penambangan Batu Andesit di PT Toha Batu Palu Sulawesi Tengah,” *Jurnal Geomine*, vol. 13, pp. 131–142, 2025.

[2] S. H. Y. Adnan Patihua, Yazid Fanani, “ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA SISTEM SHOVEL TRUCK DI LOKASI PIT E PT BUKIT ASAM, Tbk ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR KESELAMATAN PENGANGKUTAN OVERBURDEN,” in

Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV, Surabaya: LPPM - ITATS, 2024, pp. 1–10.

[3] Y. fanani Yudho Dwi Galih Cahyono, Haris Muhammad, Sapto Heru Yuwanto, "Analisis Produktivitas Excavator Sany SY500H Berpasangan Dengan Dumptruck Scania P360 dan Komatsu HD465 di Tambang Batubara PT. Darma Henwa Jobsite Kintap di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan," in *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*, Bangka Belitung: Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bangka Belitung, 2025, pp. 21–22.

[4] A. P. Khairani, S. Razak, and D. A. Kusumaningsih, "STUDI KESERASIAN ALAT GALI MUAT DENGAN ALAT ANGKUT UNTUK MENURUNKAN FUEL RATIO PADA PENGUPASAN OVERBURDEN PIT B PT XYZ," *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, vol. 4, no. 1, pp. 45–54, 2024.

[5] S. Sarmidi, I. Nuryanneti, and R. D. Prayoga, "Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat Excavator Volvo 480 dan Alat Angkut Dump Truck Volvo 400 Pada Penambangan Batubara Di PIT 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk.," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 53–60, 2023.

[6] M. R. Taufiq, F. A. R. Putri, and Y. Fanani, "Productivity Analysis of Digging, Loading, and Hauling Equipment in Overburden Removal Activities at PT. Anugrah Borneo Sinergy in Keramat Mina field, South Kalimantan, Indonesia," *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, vol. 5, no. 1, pp. 66–79, 2024.

[7] N. Oemiati, R. Revisdah, and R. Rahmawati, "Analisa Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden)," *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 194–207, 2020.

[8] M. I. Alamsyah, F. Franto, and D. E. Andini, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Alat Muat dan Angkut Pada Pengupasan Overburden di PT Putra Maga Nanditama Bengkulu Utara: Analysis of Fuel Consumption of Loading and Transport Equipment in Overburden Stripping at PT Putra Maga Nanditama North Bengkulu," *Mineral*, vol. 9, no. 2, pp. 75–81, 2024.

[9] L. K. Sahoo, S. Bandyopadhyay, and R. Banerjee, "Benchmarking energy consumption for dump trucks in mines," *Appl. Energy*, vol. 113, pp. 1382–1396, 2014.

[10] G. V. Yama and F. A. R. Putri, "ANALISIS MULTIVARIAT KEGIATAN PRODUKSI TERHADAP RASIO BAHAN BAKAR ALAT GALI MUAT DI PT. RATU INTAN MINING DI KECAMATAN MARAU, KABUPATEN KETAPANG, PROVINSI KALIMANTAN BARAT," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2022.