

Pengaruh Kondisi Operasional terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Pada Alat Berat Heavy Duty Komatsu Hd 465 pada PT Semen Bosowa Maros

Rianto Manukallo¹, Agustina Kasa², Corvis L. Rantererung³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243
Email korespondensi: corvisrante@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi operasional pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465 dan menganalisis faktor-faktor kondisi operasional yang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024 – Juli 2024 di PT. Semen Bosowa Maros. Industri semen merupakan industri strategis yang dibutuhkan untuk pembangunan fisik berupa sarana dan prasarana infrastruktur yang kebutuhannya semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kegiatan ekonomi masyarakat dan pembangunan nasional. Memiliki manfaat efisiensi bahan bakar yaitu: penghematan biaya, lebih ramah lingkungan, dan kinerja peralatan yang baik. Heavy Duty Truck adalah satu jenis alat berat yang dapat melakukan pengangkutan berat material seperti batu bara dan lapisan penutup hasil pertambangan. Alat ini memiliki daya mesin sebanyak 879 kW (1,178 HP) dan memiliki kapasitas muatan sebanyak 55 Ton serta mampu mengangkut material secara efisien, dan hemat biaya. Jumlah silinder pada mesin ada 6 buah dan menggunakan bahan bakar Bio Solar Heavy Duty Truck merupakan produk komatsu yang mempunyai jenis dan fungsi pada HD 465, Komatsu HD465-7 memiliki kapasitas mesin sekitar 23.150 cc (23,15 liter). Kondisi lingkungan kerja adalah faktor penting yang mempengaruhi kinerja, keselamatan, dan kesejahteraan pekerja di industri contohnya: kondisi jalan berbatuan, dan kerikil, suhu dan iklim, faktor lingkungan.

Kata Kunci: Definisi Semen, Efisiensi Bahan Bakar, Dump Truck, Kondisi Jalan Tambang

Abstract

This research aims to identify operational conditions on the Heavy Duty Komatsu HD 465 heavy equipment and analyze operational condition factors that have a significant influence on fuel consumption efficiency on the Heavy Duty Komatsu HD 465 heavy equipment. This research was carried out in May 2024 - July 2024 at PT.Bosowa Maros Cement. The cement industry is a strategic industry that is needed for physical development in the form of infrastructure facilities and infrastructure whose needs are increasing in line with increasing community economic activity and national development. Has fuel efficiency benefits, namely: cost savings, more environmentally friendly, and good equipment performance. Heavy Duty Truck is a type of heavy equipment that can transport heavy materials such as coal and mining overburden. This tool has an engine power of 879 kW (1,178 HP) and has a load capacity of 55 tons and is able to transport materials efficiently and cost-effectively. The number of cylinders in the engine is 6 and uses Bio Solar fuel. The Heavy Duty Truck is a Komatsu product which has the type and function of the HD 465, the Komatsu HD465-7 has an engine capacity of around 23,150 cc (23.15 liters). Working environmental conditions are an important factor that influences the performance, safety and welfare of workers in industry, for example: rocky and gravel road conditions, temperature and climate, environmental factors.

Keywords: Definition Of Cement, Fuel Efficiency, Dump Truck, Mining Road Conditions

I. Pendahuluan

Industri semen merupakan salah satu industri strategis yang sangat penting bagi pembangunan fisik infrastruktur, seiring dengan peningkatan kegiatan ekonomi dan pembangunan nasional. Ketersediaan semen sebagai bahan utama dalam pembangunan menjadi kunci kelancaran pembangunan fisik yang mendukung pertumbuhan ekonomi. Industri semen di

Indonesia terus mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun, baik dalam jumlah pabrik, kapasitas, maupun produksi (Erliana, C. I., Huda, L. N., & Matondang, A. R., 2015). Seiring dengan perkembangan tersebut, kebutuhan akan alat berat untuk proses pengangkutan bahan baku produksi semen menjadi semakin penting.

Dalam konteks ini, industri pertambangan memainkan peran penting karena melibatkan

rangkaian kegiatan yang panjang dan biaya tinggi, termasuk kegiatan penggalian (*digging*), pemuatan (*loading*), dan pengangkutan (*hauling*). Salah satu aspek penting dalam industri pertambangan adalah evaluasi biaya operasional, khususnya pada alat angkut. Di PT Semen Bosowa Maros, operasi penambangan dilakukan menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode Quarry, yang memanfaatkan kombinasi alat gali muat dan alat angkut mekanis seperti HD Komatsu 465 dan HD Caterpillar 775-F untuk mengangkut batu kapur dari front ke crusher. Penggunaan bahan bakar, terutama solar, merupakan komponen biaya operasional yang signifikan dalam penambangan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar menjadi sangat penting untuk mengurangi biaya operasional (Yulia, V., & Murad, M., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kondisi operasional yang mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465 yang digunakan di PT Semen Bosowa Maros. Kajian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi perusahaan dalam mengoptimalkan penggunaan alat berat dan meningkatkan efisiensi operasional, sehingga mengurangi biaya bahan bakar dan meningkatkan produktivitas.

Penelitian ini difokuskan pada PT Semen Bosowa Maros dan hanya menganalisis alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465. Hasil penelitian ini mungkin tidak dapat secara langsung diterapkan pada perusahaan semen lain atau lokasi operasional yang berbeda. Namun, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi PT Semen Bosowa Maros dalam memahami faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar dan dalam menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai untuk mengurangi downtime dan meningkatkan ketersediaan alat berat.

II. METODE

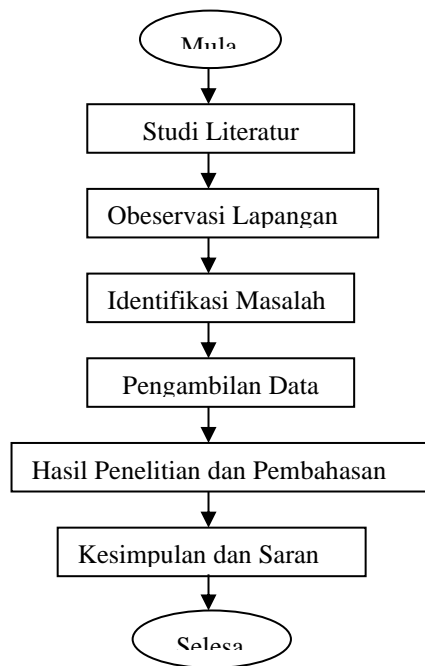
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465 di PT Semen Bosowa Maros. Penelitian ini dilaksanakan di lokasi operasional PT Semen Bosowa Maros, dengan objek penelitian difokuskan pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465 yang digunakan dalam proses pengangkutan batu kapur dari front ke crusher di area tambang.

Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap operasi alat berat di lapangan, wawancara dengan operator dan teknisi alat berat, serta pengukuran konsumsi bahan bakar secara langsung. Observasi ini dilakukan untuk memahami kondisi operasional aktual dan perilaku alat berat selama proses pengangkutan. Data sekunder diperoleh dari laporan operasional perusahaan, catatan pemeliharaan alat berat, serta dokumentasi penggunaan bahan bakar yang tersedia di PT Semen Bosowa Maros, serta dari literatur dan penelitian sebelumnya terkait efisiensi operasional alat berat dan konsumsi bahan bakar.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi operasional alat berat, termasuk waktu siklus operasi, frekuensi penggunaan, dan kondisi medan operasional, yang memberikan gambaran umum mengenai pola operasional alat berat di lapangan. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan faktor-faktor operasional yang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar. Beberapa variabel yang dianalisis meliputi beban alat berat, jarak pengangkutan, waktu siklus, kecepatan operasi, dan pola pemeliharaan. Teknik analisis regresi digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel-variabel operasional dan konsumsi bahan bakar.

Untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data, dilakukan uji validitas dan reliabilitas. Validitas data diuji dengan cara cross-check terhadap sumber data yang berbeda, seperti membandingkan data lapangan dengan catatan perusahaan, sementara reliabilitas data diuji dengan metode uji ulang (*re-test*) pada beberapa variabel kunci untuk memastikan konsistensi hasil.

Hasil analisis data digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kondisi operasional yang mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465. Berdasarkan temuan ini, penelitian memberikan rekomendasi kepada PT Semen Bosowa Maros untuk mengoptimalkan penggunaan alat berat dan meningkatkan efisiensi operasional. Rekomendasi tersebut meliputi penyesuaian pola operasional, perbaikan metode pemeliharaan, dan strategi pengelolaan bahan bakar yang lebih efektif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam peningkatan efisiensi operasional di industri semen, khususnya dalam penggunaan alat berat untuk proses penambangan dan pengangkutan bahan baku.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Teknikal dan Operasional Heavy Duty Dump Truck 465

Heavy Duty Dump Truck HD Komatsu 465 adalah kendaraan berat yang dirancang khusus untuk mengangkut material dalam jumlah besar di lokasi pertambangan. Kendaraan ini memiliki spesifikasi teknis yang dirancang untuk mendukung operasi di lingkungan yang berat dan menuntut. Berikut adalah spesifikasi teknis dari Heavy Duty Dump Truck HD Komatsu 465:

Mesin

Kendaraan ini dilengkapi dengan mesin Komatsu SAA6D170E-5, sistem pengaturan pemalasan otomatis, alternator 90A/24V, dan baterai 2 x 12V/200Ah. Sistem pemilihan mode dan motor starter 2 x 7,5 kW juga termasuk dalam spesifikasi mesinnya untuk mendukung performa optimal.

Kabin

Kabin kendaraan ini dirancang untuk kenyamanan dan keselamatan operator dan penumpang. Fitur kabin meliputi asbak, korek api, gagang cangkir, sistem kendali pembuangan elektronik, tampilan sistem pemantauan pemeliharaan elektronik, kaca laminasi depan, kursi operator yang dapat direbahkan dengan tipe suspensi, dan kursi penumpang dengan sabuk pengaman yang dapat ditarik. Kabin juga dilengkapi dengan jendela daya (LH), kabin ROPS dengan FOPS tipe peredam suara, sabuk pengaman operator lebar 78 mm yang memendek sendiri, ruang untuk kotak makan siang,

setir yang dapat miring dan teleskopik, pelindung matahari, dua pintu (kiri dan kanan), serta mesin cuci dan wiper kaca depan dengan fitur intermiten.

Sistem Pencahayaan

Dump truck ini dilengkapi dengan sistem pencahayaan yang mencakup lampu cadangan, lampu bahaya, lampu depan dengan saklar peredup, dan indikator lampu berhenti serta lampu belakang, yang semuanya dirancang untuk memastikan visibilitas yang baik di berbagai kondisi lingkungan.

Pelindung dan Penutup

Untuk melindungi komponen vital kendaraan, dump truck ini dilengkapi dengan pelindung poros penggerak (depan dan belakang), pelindung termal knalpot, dan penutup pelindung api.

Peralatan Keselamatan

Keselamatan menjadi prioritas dengan adanya berbagai peralatan keselamatan seperti alarm cadangan, ARSC, alarm dan lampu suhu cairan pendingin, sistem pemutus rem depan, rel tangan untuk platform, klakson listrik, tangga di sisi kiri dan kanan, sistem peringatan dibanjiri, kaca spion dan kaca spion bawah, serta sistem kemudi tambahan.

Lainnya

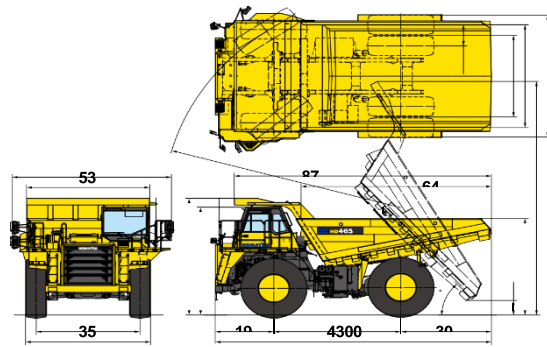
Fitur tambahan mencakup pemberian pelumasan terpusat, pemutus arus listrik 24V, dan pelindung lumpur untuk meminimalkan perawatan dan menjaga kendaraan dalam kondisi optimal.

Body

Body dump truck dilengkapi dengan pemanasan knalpot bodi, penjaga taksi di sisi kiri, dan pelindung tumpahan setinggi 150mm untuk menjaga efisiensi operasional dan keselamatan di area kerja.

Ban

Heavy Duty Dump Truck HD Komatsu 465 menggunakan ban berukuran 24.00-35-36PR. Ban ini dirancang khusus untuk mendukung beban berat dan memberikan traksi optimal di medan yang keras dan tidak rata, seperti area pertambangan. Ukuran dan spesifikasi ban ini memastikan stabilitas kendaraan serta meningkatkan kemampuan manuver, sehingga memaksimalkan efisiensi operasional dan keselamatan selama proses pengangkutan material di tambang.



Gambar 2.Contoh Gambar Dimensi HD Komatsu 465

Periode	Jumlah Material (ton)
Per Hari	3.150
Per Bulan	75.600
Per Tahun	907.200

Dari data yang disajikan pada tabel, terlihat bahwa kinerja operasional unit Heavy Duty Komatsu 465 di PT Semen Bosowa Maros dilakukan dalam dua shift, yaitu pada pukul 07.00-15.00 dan pukul 15.00-23.00, dan data ini diambil berdasarkan nilai rata-rata. Secara lebih rinci, kinerja operasional dump truck ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Per hari, dump truck HD Komatsu 465 beroperasi selama 14 jam setiap harinya karena pembagian dua shift tersebut. Jarak tempuh rata-rata harian dump truck ini adalah 88,2 km. Jarak tempuh ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi medan dan perubahan lokasi loading material.

Per bulan, dengan asumsi dump truck beroperasi selama 6 hari dalam seminggu, maka dalam satu bulan dump truck ini beroperasi sekitar 24 hari. Total jam operasional per bulan mencapai 336 jam (24 hari x 14 jam). Berdasarkan jarak tempuh harian, total jarak tempuh per bulan sekitar 2,117 km (24 hari x 88,2 km).

Per tahun, dengan perhitungan bahwa dump truck beroperasi selama 12 bulan dalam setahun, total jam operasional per tahun adalah 4,032 jam (12 bulan x 336 jam). Sedangkan total jarak tempuh per tahun adalah sekitar 25,404 km (12 bulan x 2,117 km). Data ini menunjukkan intensitas penggunaan unit HD Komatsu 465 dalam mendukung kegiatan operasional di PT Semen Bosowa Maros, dengan kinerja yang stabil dan efisien sepanjang tahun.

Kinerja Dan Efisiensi

Kinerja dan efisiensi adalah elemen penting dalam manajemen operasional kendaraan Alat berat, seperti Heavy Duty Dump Truck Komatsu 465. Data ini memberikan referensi mendalam tentang

bagaimana kendaraan digunakan, dan bagaimana sumber daya, terutama bahan bakar, digunakan selama operasi.

Kinerja Operasional

Kinerja operasional mencakup berbagai aspek seperti jumlah material yang diangkut, dan jam operasionalnya. Data ini membantu teknisi memahami seberapa produktif kendaraan tersebut dalam melakukan tugas sehari-hari, mingguan, dan bulanan. Dengan mengukur dan menganalisis data kinerja operasional, perusahaan dapat mengidentifikasi, menentukan target, dan membuat keputusan yang didasarkan pada informasi yang akurat untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

Dari tabel di atas, terlihat kalkulasi jumlah rata-rata material yang diangkut oleh Heavy Duty

Unit	Periode	Jam Operasional (Per Hari)	Jarak Tempuh (km)
Komatsu HD 465	Per Hari	14 Jam	88.2
	Per Bulan	336 Jam	2.117
	Per Tahun	4.032 Jam	25.404

Komatsu 465 dalam berbagai periode waktu. Per hari, rata-rata jumlah material yang diangkut adalah sekitar 3.150 ton. Per bulan, dengan asumsi dump truck beroperasi selama 24 hari, total material yang diangkut mencapai 75.600 ton (24 hari x 3.150 ton). Per tahun, berdasarkan operasi dump truck selama 12 bulan penuh, total material yang diangkut adalah 907.200 ton (75.600 ton x 12 bulan). Data ini menunjukkan kapasitas angkut dump truck yang signifikan dalam mendukung kegiatan operasional di area tambang PT Semen Bosowa Maros.

Efisiensi Bahan Bakar

Efisiensi bahan bakar adalah titik kunci yang menunjukkan seberapa efektif kendaraan menggunakan bahan bakar untuk menempuh jarak tertentu. Efisiensi bahan bakar yang tinggi menunjukkan bahwa kendaraan menggunakan bahan bakar secara optimal, yang dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan.

Tabel 3. Laporan konsumsi bahan bakar

Periode	Konsumsi Bahan Bakar (liter)	Jarak Tempuh (km)	Efisiensi Bahan Bakar (km/liter)
Per Hari	407	88.2	0.21
Per Bulan	9.768	2.117	0.21
Per Tahun	117.216	25.404	0.21

Dari tabel di atas, terlihat data mengenai konsumsi bahan bakar untuk unit HD Komatsu 465, yang diperoleh berdasarkan nilai rata-rata. Per hari, konsumsi bahan bakar rata-rata adalah 407 liter untuk menempuh jarak 88,2 km, dengan efisiensi bahan

bakar sekitar 0,21 km per liter. Efisiensi ini dihitung dengan membagi jarak tempuh harian 88,2 km dengan konsumsi bahan bakar harian 407 liter. Per bulan, konsumsi bahan bakar mencapai 9.768 liter untuk menempuh total jarak 2.117 km, yang juga menghasilkan efisiensi bahan bakar sekitar 0,21 km per liter. Efisiensi ini konsisten dengan perhitungan sebelumnya, yakni dengan membagi jarak tempuh bulanan 2.117 km dengan konsumsi bahan bakar bulanan 9.768 liter. Per tahun, konsumsi bahan bakar adalah 117.216 liter untuk total jarak tempuh 25.404 km, dengan efisiensi bahan bakar tetap sekitar 0,21 km per liter. Konsistensi dalam efisiensi bahan bakar ini menunjukkan stabilitas dalam penggunaan bahan bakar oleh unit HD Komatsu 465 selama operasi di area tambang PT Semen Bosowa Maros.

Kondisi Lingkungan Kerja

Kondisi lingkungan kerja merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja, keselamatan, dan kesejahteraan pekerja di industri, terutama dalam sektor pertambangan yang melibatkan penggunaan Heavy Duty Dump Truck Komatsu 465, seperti di PT Semen Bosowa Maros. Kondisi lingkungan kerja di area pertambangan ini mencakup berbagai aspek, termasuk kondisi jalan, suhu dan iklim, serta faktor lingkungan lainnya.

Kondisi jalan di area tambang meliputi jalan yang berbatu, berkerikil, dan tanah, dengan kelembaban yang bisa basah atau kering. Jalan memiliki kemiringan yang bervariasi, dari datar hingga menanjak dan menurun, dengan lebar antara 10 hingga 20 meter dan kepadatan lalu lintas yang tergolong rendah hingga sedang. Jalan berbatu dan kerikil dapat meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga meningkatkan potensi jalan yang berdebu, sehingga diperlukan penyiraman untuk mengurangi debu. Selain itu, jalan yang keras dan kurang rata dapat mempengaruhi umur ban HD dan meningkatkan risiko kecelakaan.

Suhu dan iklim di area tambang juga berperan penting, dengan suhu harian rata-rata berkisar antara 22°C hingga 33°C dan suhu malam rata-rata antara 20°C hingga 25°C. Curah hujan bulanan bervariasi antara 80 mm hingga 650 mm, dengan dua musim utama, yaitu musim hujan (November - Maret) dan musim kemarau (April - Oktober). Kelembaban udara berkisar antara 56% hingga 76%. Suhu yang tinggi dapat mempengaruhi performa mesin, memerlukan sistem pendinginan ekstra, sementara curah hujan tinggi meningkatkan risiko jalan menjadi becek dan licin.

Faktor lingkungan lainnya meliputi ketinggian lokasi tambang yang berada di antara 50 hingga 350 meter di atas permukaan laut, dengan kondisi vegetasi berupa hutan lebat yang dapat mengurangi visibilitas. Ketinggian tempat ini dapat mempengaruhi tekanan udara dan performa mesin. Polusi udara yang berkisar antara rendah hingga sedang dapat mempercepat keausan komponen mesin. Tambahan lagi, faktor

sosial seperti jarak pemukiman terdekat yang berjarak sekitar 4 km dan kondisi geologis berupa batugamping juga berperan dalam menentukan kondisi kerja dan keselamatan di lokasi tambang. Secara keseluruhan, pemahaman mendalam mengenai kondisi lingkungan kerja ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja di area tambang PT Semen Bosowa Maros.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh kondisi operasional terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar pada alat berat Heavy Duty Komatsu HD 465 di PT Semen Bosowa Maros, dapat disimpulkan bahwa kondisi operasional yang paling umum meliputi berbagai variabel seperti durasi operasional harian, beban angkut, dan kondisi lingkungan kerja. Heavy Duty Komatsu HD 465 beroperasi rata-rata selama 14 jam per hari, dengan jarak tempuh harian sekitar 88,2 km. Dalam sebulan, alat berat ini beroperasi selama 336 jam dan menempuh jarak sekitar 2.117 km, sedangkan dalam setahun, operasionalnya mencapai 4.032 jam dengan jarak tempuh 25.404 km. Kinerja operasional menunjukkan bahwa alat berat ini mampu mengangkut rata-rata 3.150 ton material per hari, dengan total material yang diangkut mencapai 75.600 ton per bulan dan 907.200 ton per tahun. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar termasuk kondisi mesin, cara pengoperasian alat berat, beban angkut, dan kondisi lingkungan. Konsumsi bahan bakar harian unit HD Komatsu 465 tercatat sekitar 29,09 liter per jam atau 0,21 km per liter, dengan kondisi jalan yang berbatu, berkerikil, dan tidak rata menyebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi dan boros. Pengangkutan material yang melebihi batas aman kapasitas unit, yang hanya sebesar 55 ton, juga memperburuk efisiensi bahan bakar. Oleh karena itu, efisiensi bahan bakar dapat meningkat jika kontur jalan lebih rata dan keras, serta menjaga kapasitas angkut material sesuai spesifikasi unit.

Untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian dan efisiensi operasional, beberapa saran dapat diterapkan. Pertama, pastikan area loading, dumping point, dan jalan sudah siap sebelum kegiatan operasional dimulai. Kedua, maksimalkan pemeliharaan jalan dan alat support di area kerja, terutama setelah periode kemarau, untuk mengurangi debu dari jalan kerikil dan berbatuan. Ketiga, pemasangan rambu-rambu di area pertambangan sangat diperlukan agar operator dapat mengikuti jalur yang telah ditentukan dengan baik. Terakhir, perbaikan jalan yang bergelombang perlu dilakukan untuk memastikan permukaan jalan lebih rata dan mendukung efisiensi operasional alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Erliana, C. I., Huda, L. N., & Matondang, A. R. (2015). Perbaikan Metode Kerja Pengantongan Semen Menggunakan Peta Tangan Kiri Dan Kanan. *Spektrum Industri*, 13(2), 217.
- Erliana, C. I., Huda, L. N., & Matondang, A. R. (2015). Perbaikan Metode Kerja Pengantongan. Semen Menggunakan Peta Tangan Kiri dan Kanan.
- Heavy-Duty Truck Systems" by Sean Bennett tentang sistem-sistem yang terlibat dalam truk berat, termasuk mesin, transmisi, sistem kelistrikan, dan lain-lain.
- H. Emerson dan S. P. Hasibuan (1984;233-4), mengartikan efisiensi sebagai sebuah perbandingan yang terbaik antara masukan atau *input*, dan hasil yang muncul antara keuntungan dengan sumber-sumber yang dipergunakan atau *output*
- Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation" by James P. Womack and Daniel T. Jones menghilangkan pemborosan dan meningkatkan efisiensi operasional.
- Nurwaskito, A. (2015). Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut dalam Mencapai Target Produksi pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Maros provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 2(1).
- Puspita, D. (2020). *Analisis Penyebab Kerusakan Transmisi Dump Truck Komatsu HD 465-7R* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Yulia, V., & Murad, M. (2020). Pengaruh Jarak Angkut dan Grade Jalan Terhadap Biaya Operasional Alat Angkut dari Front Penambangan Menuju Dumping Area untuk Efisiensi Biaya Produksi pada Penambangan Batu Kapur Bulan Oktober 2019 di PT. Semen Padang. *Bina Tambang*, 5(2), 32-44.