



Optimasi Produktivitas Alat Angkut Berdasarkan Produksi Bijih Emas Pada Volumetric Loader Crushing Plant ¹

Optimizing the Productivity of Transport Equipment Based on Gold Ore Production at the Volumetric Loader Crushing Plant

Fahreza Nanda Pristanto^{a,2}, Muhammad Bayu Ardyansyah^a, Siti Aminah^b Haeruddin^b
Fanteri Aji Dharma Suparno^b

^a Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Pengangkutan merupakan proses yang sangat penting pada industri pertambangan. Kegiatan pengangkutan tidak hanya dilakukan pada *front* tambang, melainkan juga terdapat pengangkutan material hasil pengolahan seperti pengangkutan bijih emas dari *crushing plant* menuju area penimbunan. Alat berat yang digunakan pada proses tersebut dibagi menjadi dua yakni alat muat dan alat angkut. Alat muat yang digunakan berupa *volumetric loader*, sedangkan alat angkut yang digunakan yaitu berupa *medium dump truck* bermerk Iveco Astra HD9 dengan kapasitas *vessel* sebesar 40 ton. Kegiatan pemindahan ini tentunya membutuhkan penentuan jumlah alat angkut untuk mengimbangi produktivitas alat muat yang digunakan dengan menganalisis unit yang digunakan. Analisis produktivitas sangat diperlukan untuk mengetahui ketercapaian suatu produksi yang nantinya juga dipengaruhi oleh faktor keserasian antara alat muat dan alat angkut. Data yang digunakan pada analisis produktivitas diantaranya produksi bijih emas dari *crushing plant*, spesifikasi *dump truck*, waktu edar alat angkut, waktu hambatan, dan jam kerja yang didapat berdasarkan pengamatan di lapangan. Penentuan jumlah unit alat angkut untuk melayani produksi alat muat sudah dilakukan, tetapi kondisi di lapangan terkadang masih terjadi antrian alat angkut maupun alat muat yang menganggur. Hal ini menyebabkan ketidaktercapaian target produksi pemindahan bijih emas. Upaya peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan meningkatkan faktor ketersediaan alat unit *dump truck* dengan cara peremajaan alat, perbaikan geometri jalan hauling, dan peningkatan kemampuan operator dalam mengoperasikan unit. Hasil produktivitas yang didapatkan dengan mengasumsikan faktor hambatan dihilangkan terjadi peningkatan produktivitas sebesar 9,78% dibandingkan produktivitas aktual, dengan jumlah *dump truck* yang optimal berjumlah 11 unit, sehingga produktivitas dapat ditingkatkan dengan mengurangi waktu hambatan.

Kata kunci: pengangkutan, produktivitas, faktor keserasian, waktu hambatan

ABSTRACT

Hauling is a very important process in the mining industry. Transport activities are not only carried out at the mine front, but there is also the transport of processed materials such as transporting gold ore from the crushing plant to the dumping area. The heavy equipment used in this process is divided into two, namely loading equipment and transportation equipment. The loading equipment used is a volumetric loader, while the transportation equipment used is a medium dump truck branded Iveco Astra HD9 with a vessel capacity of 40 tons.. This moving activity certainly requires determining the number of transport equipment to balance the productivity of the loading equipment used by analyzing the units used. Productivity analysis is very necessary to determine the achievement of a production which will also be influenced by the match factor between loading equipment and transportation equipment. The data used in the productivity analysis include gold ore production from the crushing plant, dump truck specifications, transportation equipment circulation time,

¹ Info Artikel: Received: 16 Mei 2024, Revised: 14 Juni 2024, Accepted: 17 Juni 2024, Published: 21 Juni 2024

² E-mail: fahreza.nanda.2101@gmail.com

obstacle time, and working hours obtained based on observations in the field. Determining the number of transport equipment units to serve the production of loading equipment has been carried out, but conditions in the field sometimes still result in queues of transport equipment and idle loading equipment. This resulted in the production target of moving gold ore not being achieved. Factors in the field that can influence include unfavorable weather and climate, the need for mechanical equipment operators and equipment repairs during operating hours. This has an impact on reducing the level of production achievement. The productivity results obtained by assuming that the resistance factor is eliminated, there is an increase in productivity of 9.78% compared to actual productivity, with an optimal number of dump trucks totaling 11 units, so that productivity can be increased by reducing the resistance time.

Keywords: hauling, productivity, match factor, resistance time

PENDAHULUAN

Pemindahan tanah mekanis merupakan kegiatan di tambang yang berhubungan dengan proses penggalian (*digging, breaking, dan loosening*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*), penimbunan (*dumping*), tanah atau material lain menggunakan alat mekanis (alat berat) (Marais, 2022). Kegiatan pemindahan ini tentunya membutuhkan penentuan jumlah alat angkut untuk mengimbangi produktivitas alat muat yang digunakan dengan menganalisis unit yang digunakan (Basuki, 2020). Alat muat yang digunakan untuk pemuatan bijih dari *stockpile crushing plant* yaitu *volumetric loader crushing plant*.

Ketercapaian target produksi kegiatan penambangan, operasi pengangkutan memegang peranan yang sangat penting (Zuhriyansyah, 2020). Dari target produksi alat muat tersebut dibutuhkan beberapa unit alat angkut dengan jumlah yang sesuai untuk melayani produksi alat muat agar tidak ada unit yang menganggur. Penentuan jumlah unit alat angkut untuk melayani produksi alat muat sudah dilakukan, tetapi kondisi dilapangan terkadang masih terjadi antrian alat angkut maupun alat muat yang menganggur. Hal ini menyebabkan ketidaktercapaiannya target produksi pemindahan bijih.

Produksi alat muat dan alat angkut dapat dilihat dari kemampuan alat tersebut dalam penggunaannya di lapangan. Kondisi di lapangan sangat mempengaruhi ketercapaian produksi alat muat dan alat angkut (Zulkifli, 2020). Faktor-faktor di lapangan yang dapat mempengaruhi diantaranya cuaca dan iklim tidak menguntungkan yang akan memperlambat kerja unit, adanya keperluan operator alat mekanis serta reparasi alat saat jam operasi. Hal tersebut berdampak terhadap menurunnya tingkat ketercapaian produksi (Patihua, 2024).

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan ketidaktercapaian target produksi. Selain itu hasil penelitian ini dapat mengetahui optimalisasi produktivitas alat angkut untuk melayani produksi alat muat, sehingga jumlah alat angkut yang sesuai dapat ditentukan dengan mempertimbangkan kondisi dilapangan. Hasil yang didapat nantinya dapat dipergunakan untuk penyelesaian dari permasalahan mengenai produktivitas bijih atau pemindahan tanah mekanis.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan secara langsung selama 5 hari mulai dari tanggal 3-7 Januari 2024 pada salah satu pertambangan emas di Indonesia. Metode penelitian menggunakan jenis penelitian kuantitatif, dimana dilakukan pengamatan secara langsung dan wawancara dalam pengumpulan data. Data yang didapatkan yaitu produksi bijih emas dari *crushing plant*, spesifikasi *dump truck*, waktu edar alat angkut, waktu hambatan, dan jam kerja. Output data

yang didapat untuk mengetahui ketercapaian produktivitas alat angkut dalam melayani unit *hopper* pada *crushing plant* serta mengathau faktor yang menyebabkan ketidaktercapaian. Perhitungan produktivitas alat angkut menggunakan perangkat lunak *Ms. Office Excel*.

Efisiensi kerja merupakan nilai terhadap suatu pelaksanaan pekerjaan atau perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu tersedia yang dinyatakan dalam persen (%). Faktor ini dipengaruhi oleh kebutuhan dan keterampilan unit dalam mengoperasikan unit. Menurut Istiqamah (2020), efisiensi kerja dinyatakan dalam rumus Persamaan (1)

$$E = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \quad (1)$$

dengan, E = Efisiensi kerja (%), W_e = Waktu kerja efektif (s), W_t = Waktu kerja tersedia (s)

Produktivitas adalah nilai kemampuan alat angkut dalam mengangkut material dalam satuan ton/jam. Perhitungan produktivitas dengan menggunakan data waktu edar alat angkut dengan satuan detik disajikan dalam Persamaan (2)

$$\text{Produktivitas} = \frac{3600}{CT_a} \times K_v \quad (2)$$

dengan, CT_a = Waktu edar alat angkut (s), K_v = Kapasitas *vessel* (ton)

Menurut Aprilliana (2023), produktivitas alat angkut dapat ditambahkan faktor efisiensi kerja alat angkut dalam Persamaan (3).

$$\text{Produktivitas} = \frac{3600}{CT_a} \times K_v \times E \quad (3)$$

dengan, CT_a = Waktu edar alat angkut (s), K_v = Kapasitas *vessel* (ton), E = Efisiensi kerja (%)

Hasil produktivitas yang tercapai dapat juga ditinjau berdasarkan keserasian antara alat muat dan alat angkutnya. Faktor keserasian seringkali disebut *match factor* (Mahesa, 2021). Menurut PT Pama Persada (2005), perhitungan faktor keserasian dapat ditentukan menggunakan Persamaan (4).

$$MF = \frac{N \times n_a \times CT_{EXC}}{n_m \times CT_{DT}} \quad (4)$$

dengan, MF = *Match factor*, N = Jumlah pemuatan, n_a = Jumlah alat angkut, CT_{EXC} = Waktu edar *excavator*/alat muat (s), n_m = Jumlah alat muat, CT_{DT} = waktu edar *dump truck*/alat angkut (s)

Rumus perhitungan faktor keserasian dapat disesuaikan pada kondisi di lapangan, yang dimana alat muat yang digunakan berupa *volumetric loader* yang secara langsung mengisi bijih sebanyak 40 ton. Penyesuaian yang dilakukan yaitu dengan merubah faktor waktu edar menjadi perbandingan antara produktivitas alat angkut dan produktivitas alat muatnya. Persamaan yang telah disesuaikan pada kondisi di lapangan menggunakan Persamaan (5).

$$MF = \frac{P_a \times n_a}{P_m} \quad (5)$$

dengan, MF = *Match factor*, P_a = Produktivitas alat angkut (ton/jam), n_a = Jumlah alat angkut, P_m = Produktivitas alat muat (ton/jam)

Keserasian hubungan kerja antara alat muat dan alat angkut berdasarkan hasil perhitungan *match factor* dapat ditinjau keserasiannya pada Tabel 1.

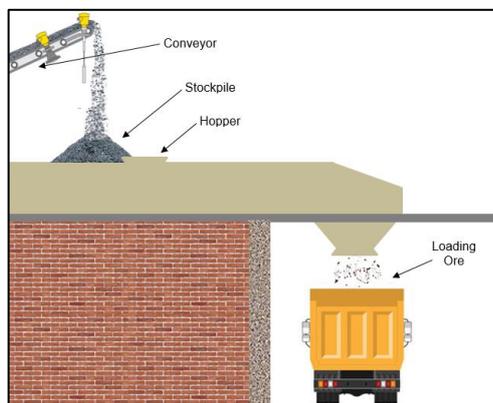
Tabel 1 Nilai faktor keserasian kerja alat muat dan alat gali (Istiqamah, 2020)

Nilai MF	Waktu Edar (s)
< 1	Kinerja alat muat yang lebih besar dibandingkan alat angkut, sehingga terjadi waktu tunggu alat muat untuk melayani alat angkut.
=1	Kinerja maksimal antara alat muat dan alat angkut, sehingga tidak terjadi waktu tunggu diantara keduanya.
>1	Kinerja alat angkut yang lebih besar dibandingkan alat muat, sehingga terjadi waktu tunggu alat angkut dalam melakukan pengisian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Ketercapaian Produktivitas Alat Angkut

Alat muat yang digunakan dalam pengisian menggunakan *volumetric loader* yang berada pada *crushing plant*. Cara kerja *volumetric loader* yakni terdapat *stockpile ore* yang terdapat dibagian atas yang nantinya akan dikeluarkan dan dibantu oleh unit *dozer* melewati *hopper* yang nantinya akan diisikan pada alat angkut. *Volumetric loader* akan mengeluarkan sebanyak 40 ton bijih emas pada setiap pengisian unit alat angkut. Jumlah unit alat muat berupa *volumetric loader* yang dimiliki tempat penelitian yakni sebanyak 2 unit, dengan masing-masing unit memiliki produktivitas sebesar 850 ton/jam. Produksi yang dihasilkan kedua unit *volumetric loader* yakni sebesar 1700 ton/jam dan nilai produksi tersebut ditetapkan perusahaan sebagai target produksi untuk kegiatan pemindahan bijih. Penentuan target produksi pemindahan bijih disesuaikan dengan kemampuan *crushing plant* dalam mengolah bijih dari bagian penambangan.



Gambar 1 Ilustrasi pengisian menggunakan *volumetric loader* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Alat angkut yang digunakan dalam proses pengangkutan bijih berjenis *medium dump truck* yang bermerk Iveco Astra HD9 dengan kapasitas *vessel* sebesar 40 ton. Waktu edar alat angkut diperhitungkan mulai dari waktu *loading*, *travel* isi, manuver *dumping*, *dumping*, *travel* kosong, sampai manuver *loading* (Efendi, 2022). Data waktu edar alat angkut menggunakan 3 sampel alat angkut dengan spesifikasi sama namun dengan operator yang

berbeda. Jarak *travel* alat angkut dari loading point menuju dUMPING yaitu 3 km dan ditempuh dengan kecepatan 40 km/jam sesuai dengan standart dari perusahaan. Waktu edar alat angkut dipengaruhi oleh geometri jalan *hauling*. Berdasarkan kondisi dilapangan waktu edar alat angkut diperoleh pada Tabel 2.

Tabel 2 Data waktu edar alat angkut

Unit	Waktu Edar (s)
DT 1	905,00
DT 2	917,17
DT 3	869,23

Produktivitas alat angkut sangat dipengaruhi oleh waktu hambatan dalam satu *shift* jam kerja. Waktu hambatan alat angkut pada penelitian kali ini diperoleh rata-rata dalam detik setiap jamnya. Waktu hambatan alat angkut pada penelitian kali ini seperti antri *dumping*, antri *loading* dan lainnya. Jenis hambatan yang lain yaitu seperti pengisian bahan bakar, pergantian ban, dan kebutuhan operator. Data waktu hambatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data hambatan alat angkut

Unit	Hambatan (s)		
	Antri Dumping	Antri Loading	Lainnya
DT 1	0,00	227,00	145,50
DT 2	0,00	11,00	0,00
DT 3	0,00	250,25	264,50

Efisiensi kerja alat angkut diperoleh dari data waktu kerja efektif dan waktu kerja tersedia. Waktu kerja efektif adalah total waktu kerja bersih, sedangkan waktu kerja tersedia merupakan waktu kerja bersih ditambah waktu hambatan kerja. Data efisiensi kerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Efisiensi kerja berdasarkan hambatan

Unit	Waktu Kerja (s)	Hambatan (s)	EF (%)
DT 1	905,00	124,17	87,93
DT 2	917,17	3,67	99,60
DT 3	869,23	171,58	83,51

Produktivitas alat angkut pada pengangkutan bijih ditentukan berdasarkan kemampuan alat angkut dalam melayani produksi alat muat per jam. Faktor lain seperti waktu hambatan, waktu edar dan kemampuan operator dalam mengoperasikan unit juga mempengaruhi ketercapaian produktivitas alat angkut. Hal itu sesuai dengan data yang diperoleh dari setiap unit dengan operator yang berbeda. Hasil produktivitas alat angkut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Produktivitas alat angkut

Unit	Waktu Edar (s)	Kv (ton)	Produktivitas (ton/jam)
------	----------------	----------	-------------------------

DT 1	905,00	40,00	139,92
DT 2	917,17	40,00	156,38
DT 3	869,23	40,00	138,35

Analisis Ketercapaian Produktivitas Alat Angkut

Ketercapaian produktivitas alat angkut dalam melayani produksi *volumetric loader crushing plant* dapat ditentukan berdasarkan jumlah unit alat angkut yang dioperasikan. Alat angkut yang dioperasikan selama melakukan penelitian yaitu 12 unit, tetapi pada beberapa rentang waktu dalam satu sift kerja jumlah tersebut menurun hingga rata-rata 9 unit dikarenakan mengalami *breakdown*.

Tabel 6 Ketercapaian produktivitas alat angkut

Produktivitas rata-rata (ton/jam)	Target	Jumlah DT				
		9	10	11	12	13
144,88	1700,00	1303,96	1448,84	1593,73	1738,61	1883,49

Hasil perhitungan ketercapaian produktivitas alat angkut untuk melayani produksi *volumetric loader* berdasarkan jumlah unit yang dioperasikan menunjukkan bahwa jika menggunakan rata-rata 9 unit sesuai kondisi aktual tidak tercapai. Produktivitas dapat tercapai jika unit yang dioperasikan secara konstan berjumlah 12 unit.

Upaya Optimasi Produktivitas Alat Angkut

Ketidaktercapaian produktivitas alat angkut dalam melayani produksi *volumetric loader crushing plant* dapat diperbaiki dengan menyesuaikan beberapa parameter yang mempengaruhi. Waktu hambatan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan ketidaktercapaian tersebut. Hasil produktivitas aktual dapat dioptimalkan dengan mengasumsikan faktor hambatan dihilangkan. Waktu hambatan dapat dikurangi dengan cara meningkatkan kemampuan operator dalam mengoperasikan unit melalui pelatihan. Jadwal pengisian bahan bakar dan pergantian ban juga dapat dibuat untuk mengurangi antrian saat pengisian bahan bakar dan pergantian ban.

Hasil tersebut menunjukkan terjadi peningkatan produktivitas sebesar 9,78% dari produktivitas aktual. Produktivitas tersebut belum tercapai jika masih menggunakan 9 unit sesuai kondisi aktual. Produktivitas dapat tercapai jika unit yang dioperasikan secara konstan berjumlah 11 unit (Tabel 7).

Tabel 7 Ketercapaian produktivitas alat angkut dengan menghilangkan hambatan

Produktivitas rata-rata (ton/jam)	Target	Jumlah DT				
		9	10	11	12	13
160,59	1700,00	1445,35	1605,95	1766,55	1927,14	2087,74

Produktivitas alat angkut yang masih tidak tercapai setelah dilakukan pengurangan waktu hambatan mengartikan bahwa ketersediaan alat yang rendah. Ketersediaan alat yang rendah

disebabkan oleh seringnya unit alat angkut mengalami breakdown. Kerusakan alat tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- a. Alat angkut yang sudah berumur 5 tahun menjadi penyebab depresiasi alat. Depresiasi alat merupakan penurunan nilai suatu alat disebabkan adanya kerusakan dan pengurangan harga (Wulandari, 2020).
- b. Geometri jalan hauling yang kurang sesuai dengan ketentuan. Dimensi jalan tambang pada salah satu tikungan terdapat yang melebihi ketentuan yakni pada kemiringan jalan sebesar 14%. Menurut Kementerian ESDM RI (2018), kemiringan maksimal jalan tambang yaitu 12%.
- c. Kemampuan operator dalam mengoperasikan unit. Ketrampilan dalam mengemudi sangat mempengaruhi seperti dalam mengoperasikan transmisi yang kurang tepat pada kecepatan tertentu, serta gaya berkendara juga mempengaruhi.

Penentuan Faktor Keserasian

Faktor keserasian (*match factor*) antara alat angkut *dump truck* dengan alat muat *volumetric loader* perlu ditentukan agar tidak terjadi alat mengantri maupun menganggur. Nilai *match factor* tersebut diperoleh dengan membandingkan nilai produktivitas alat muat (P_m) yang sebesar 1700 ton/jam dengan produktivitas alat angkut aktual (P_a). Nilai *match factor* yang didapatkan pada kondisi aktual nantinya akan dibandingkan dengan hasil pada kondisi produktivitas alat angkut yang telah menghilangkan nilai hambatannya.

Hasil perhitungan faktor keserasian menggunakan produktivitas alat muat dan produktivitas alat angkut aktual dengan mengansumsikan beberapa jumlah unit alat angkut yang dioperasikan diperoleh seperti pada Tabel 8. Alat angkut yang dioperasikan 9 unit sesuai kondisi aktual menunjukkan bahwa nilai *match factor* masih dibawah satu.

Tabel 8 Analisis faktor keserasian (*match factor*) alat muat dan alat angkut aktual

Pa (ton/jam)	Pm (ton/jam)	MF berdasarkan jumlah DT				
		9	10	11	12	13
144,88	1700	0,77	0,85	0,94	1,02	1,11

Berdasarkan teori apabila nilai *match factor* dibawah satu maka alat muat akan menunggu alat angkut. Hal ini menyebabkan produktivitas yang tidak tercapai dan sesuai dengan hasil pada analisis ketercapaian yang dimana akan tercapai pada jumlah unit secara konstan berjumlah 12 unit.

Hasil perhitungan faktor keserasian menggunakan produktivitas alat muat dan produktivitas alat angkut aktual yang telah menghilangkan nilai hambatan dengan mengansumsikan beberapa jumlah unit alat angkut yang dioperasikan diperoleh seperti pada tabel 8. Alat angkut yang dioperasikan 9 unit sesuai kondisi aktual menunjukkan bahwa nilai *match factor* masih dibawah satu.

Tabel 9 Analisis faktor keserasian (*match factor*) alat muat dan alat angkut tanpa hambatan

Pa (ton/jam)	Pm (ton/jam)	Match Factor berdasarkan jumlah DT				
		9	10	11	12	13
160,59	1700	0,85	0,94	1,04	1,12	1,23

Berdasarkan teori apabila nilai *match factor* dibawah satu maka alat muat akan menunggu alat angkut. Hal ini menyebabkan produktivitas yang tidak tercapai dan sesuai dengan hasil pada analisis ketercapaian yang dimana akan tercapai pada jumlah unit secara konstan berjumlah 11 unit. Hal ini dapat disimpulkan bahwa produktivitas dapat tercapai dikarenakan produksi alat muat dapat terus dilayani oleh alat angkut dalam satu *shift* kerja.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah dari analisis perhitungan produksi aktual alat angkut *dump truck* Iveco Astra HD9 sebesar 1303,96 ton/jam untuk melayani produksi alat muat *volumetric loader* sebesar 1700 ton/jam tidak tercapai. Hal ini dikarenakan tingginya waktu hambatan yang disebabkan oleh kemampuan operator dalam mengoperasikan unit, jadwal pengisian bahan bakar dan ganti ban yang tidak teratur, serta kebutuhan operator. Ketercapaian produktivitas alat angkut dalam melayani alat muat dapat dicapai dengan cara mengurangi waktu hambatan dan penambahn jumlah unit yang beroperasi. Waktu hambatan setelah dikurangi dari 9 unit yang beroperasi menunjukkan nilai produktivitas yang belum tercapai yaitu sebesar 1445,35 ton/jam. Nilai produktivitas dapat tercapai di angka 1766,55 ton/jam dengan perkiraan nilai *match factor* 1,04 jika unit alat angkut yang beroperasi secara konstan sebanyak 11 unit. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan faktor ketersediaan alat unit *dump truck* dengan cara peremajaan alat, perbaikan geometri jalan *hauling*, dan peningkatan kemampuan operator dalam mengoperasikan unit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilliana, Adiwarmarman, M., Romadhon, I. A., dan Putra. (2023), "Analisis Produktivitas Alat Angkut Pada Kegiatan Pengangkutan Batubara Dari Temporary Stockpile Menuju Dump Hopper Di PT Rifansi Dwi Putra Site Banko Barat PT Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan". *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 1 (2), 106-112.
- Basuki, W., Oktavia, M., dan Elfistoni, A. (2020). "Perhitungan Kebutuhan Unit Dump Truck Berdasarkan Match Factor dan Teori Antrian Pada Penambangan Batubara Di PT Kamalindo Sompurna Kecamatan Pelawan Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi". *Mine Magazine*, 1 (2), 1-7.
- Efendi, W. T., dan Gusman, M. (2022), "Analisis Kinerja Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi 20.000 Ton/Bulan Pada Penambangan Batu Kapur Di PT. Anugrah Halaban Sepakat, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat". *Jurnal Bina Tambang*, 7 (2), 38-49.
- Istiqamah, D. A., dan Gusman, M. (2020). "Kajian Teknis Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Overburden Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional di PIT Barat PT Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto". *Jurnal Bina Tambang*, 5 (1), 61-73.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik* (Keputusan Menteri ESDM 1827 K/30/MEM/2018). Jakarta.
- Mahesa, R. T., Octova A., dan Mingsi, Y. A. (2021). "Keserasian Alat Gali Muat dan Alat Angkut Dalam Meningkatkan Produktivitas Pengupasan Overburden Pada Pit Utara PT. Bara Prima Pratama Jobsite Batu Ampar, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau". *Jurnal Bina Tambang*, 6 (5), 124-130.

- Marais, M., I. (2022). "Pengoptimalan Pemindahan Tanah Mekanis Dengan Sistem Multi Channel Single Phase Pada Proyek Pembangunan Retail Indomaret Kalimantan Selatan". *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 11 (2), 108-115.
- Patihua, A., Fanani, Y., dan Yuwanto, S. H. (2024). Analisis Faktor Cuaca Terhadap Kinerja Sistem Backhoe and Truck Atas Pertimbangan K3 Pada Operasi Penambangan PIT-E PT Bukit Asam Tbk. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, 2 Maret 2024, 1-10.
- PT Pama Persada. (2005). *Manual Handbook Draft Productivity Dump Truck*. PT Pama Persada, Jakarta.
- Wulandari, N. W., Muhammad, A., dan Raudhati, E. (2020). "Studi Kelayakan Investasi Operasional Alat Berat PT. Permata Agung Dewata Di Kota Jambi". *Jurnal Talenta Sipil*, 5 (1), 9-17.
- Zuhriyansyah, Wijaya R. A. E., dan Pangacella, B. P. (2020). "Optimalisasi Produksi Pada Penambangan Batubara Di PT Natural Artha Resources Simpang Niam". *Mining Insight*, 1 (2), 233-244.
- Zulkifli. (2020). "Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Batu Andesit pada PT. Niat Karya di Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa Besar Provinsi Nusa Tenggara Barat". *Jurnal Ulul Albab*, 24 (1), 46-52.