Keserasian kerja alat gali muat *excavator volvo EC330 BLC* dan alat angkut *dump truck mercedes benz axor 2528 C* pada kegiatan *coal getting seam B*

Heri Prabowo^{1)*}, Heru Premana²⁾, Elita Amrina³⁾

¹² Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

³ Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Program Pascasarjana, Universitas Andalas

Heri.19782000@ft.unp.ac.id*

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

Perusahaan batubara mempunyai target produksi pengalihan batubara seam B sebesar 40.000 ton, sedangkan realisasi produksi dengan alat gali muat excavator Volvo EC330 BLC dan alat angkut dump truck Mercedes benz axor 2528 C hanya sebesar 35.474 ton atau 88% dari target produksi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi, batubara yang merupakan salah satu energi alternatif membuat kebutuhan akan batubara semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan batubara, Perusahaan harus mengoptimalkan kerja alat gali muat dan alat angkut dari proses pengambilan batubara. Sehingga butuh keserasian jumlah alat gali muat dan angkut agar alat yang tersedia dapat selalu bekerja dengan efektif dan efisien. Efisiensi kerja alat angkut sebelum perbaikan adalah 75.54 %. Setelah perbaikan menjadi 79.73 %. Perbandingan produktivitas alat gali muat dengan alat angkut sebelum perbaikan 37.829,12 Ton/bulan > 35.474.04 Ton/bulan. Agar alat gali dan alat angkut serasi maka MF = 1 dengan menambahkan 6 unit dump truck. Perbandingan produktivitas alat gali muat dengan alat angkut setelah perbaikan dalam satu bulan 47.466,00 Ton/bulan > 40.431,72 Ton/bulan.

Kata kunci: *Match Factor*, Produktivitas, Efisiensi kerja, *Coal getting*

ABSTRACT

The coal company has a production target of seam B coal digging of 40,000 tons, while production realization with the Volvo EC330 BLC excavator and the Mercedes benz axor 2528 C dump truck is only 35,474 tons or 88% of the production target. Along with the increasing need for energy, coal which is one of the alternative energy makes the need for coal increase. To meet the demand for coal, the Company must optimize the work of digging equipment and hauling equipment from the coal extraction process. So that the number of loading and hauling digging equipment is needed in harmony so that the available tools can always work effectively and efficiently. The work efficiency of the conveyance before repair was 75.54%. After repair it becomes 79.73%. Comparison of the productivity of loading and unloading equipment with transport equipment before repair 37,829.12 tons/month > 35,474.04 tons/month. So that the digging equipment and hauling equipment are compatible, MF = 1 by adding 6 units of dump trucks. Comparison of the productivity of loading and unloading equipment with hauling equipment after repairs in one month 47,466.00 tons/month > 40,431.72 tons/month.

Keywords: *Match Factor*, Productivity, Work efficiency, *Coal getting*

diunggah: Mei 2023, direvisi: Juni 2023, diterima: Juni 2023, dipublikasi: Juni 2023

Copyright (c) 2023 Heri Prabowo, Heru Premana, Elita Amrina

This is an open access article under the CC-BY license

PENDAHULUAN

Industri pertambangan melibatkan berbagai tahapan seperti penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, transportasi, dan penjualan mineral atau batubara (Sosantri et al., 2018). Pada saat proses penambangan batubara Perusahaan harus mengoptimalkan kerja alat gali muat dan alat angkut dari proses

pengambilan batubara agar maksimal. Oleh karena itu, butuh keserasian jumlah alat gali muat dan angkut agar alat yang tersedia dapat selalu bekerja dengan efektif dan efisien (Isgianda, F, Sumarya dan Prabowo, 2018). Sehingga tidak alat yang berhenti bekerja karena kelebihan atau kekurangan alat dari proses gali muat dan angkut. Salah satu metrik yang dapat digunakan untuk menentukan apakah kinerja (keberhasilan) peralatan pemindah tanah mekanik baik atau buruk adalah jumlah output yang dapat dicapai oleh alat tersebut. (Suwandi et al., 2022).

Efisiensi kerja diperoleh dengan membandingkan waktu yang hanya digunakan untuk memproduksi batubara dengan rencana jam kerja. Waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan untuk produksi atau waktu kerja bebas dikurangi waktu yang hilang karena hambatan. Dengan mengetahui hambatan yang dapat dihindari maupun hambatan yang tidak dapat dihindari, maka didapat waktu kerja efektif (Lanjaya et al., 2022).

Efisiensi tenaga kerja sangat mempengaruhi pencapaian produksi. Efisiensi kerja sangat tergantung pada motivasi dan kedisiplinan pengemudi, sedangkan produktivitas kerja tergantung pada kondisi tempat kerja, kondisi material yang akan ditambang dan dimuat, serta pengalaman operator itu sendiri (Ardianti & Prabowo, 2020). Produktivitas excavator dalam hal ini adalah *backhoe* dipengaruhi oleh kapasitas mangkuk (*bucket*), besarnya faktor isian mangkuk tergantung dari jenis material yang akan digali. Produktivitas dump truck sangat dipengaruhi oleh jumlah trip atau rute yang ditempuh oleh dump truck tersebut. Jumlah perjalanan dipengaruhi oleh waktu siklus pengangkutan dan efisiensi kerja (Lesmana & Waterman, 2019).

METODE

1. Kemampuan Produksi Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Salah satu tolok ukur yang dapat digunakan untuk menentukan baik buruknya hasil (keberhasilan) dengan peralatan pemindah tanah mekanik adalah kemampuan produksi alat gali muat dan alat angkut (Adinda & Yulhendra, 2019).

a. Efisiensi Kerja

Produktivitas dapat ditentukan dengan membandingkan waktu aktual yang dihabiskan untuk memproduksi batubara dengan waktu kerja yang semula dijadwalkan. Waktu yang digunakan untuk produksi atau tersedia untuk bekerja disebut sebagai waktu kerja efektif, sedangkan waktu yang hilang karena kemacetan akan dikurangi (Indra Anugrah Sidki, 2021). Hambatan ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian berikut:

- 1) Hambatan yang dapat dihindari/dikurangi
- 2) Hambatan yang diperlukan

Jika hambatan-hambatan tersebut diperhitungkan, maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$We = Wp - Wh \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :We merupakan waktu kerja efektif, (jam), Wp merupakan waktu untuk berproduksi / waktu yang tersedia, (jam), Wh merupakan waktu-waktu hambatan, (jam)

Tabel 1. Efisiensi kerja

Macam Alat	Tingkat Efisiensi Operator		
	Baik sekali	Sedang	Kurang Baik
Crawler Tractor	92 %	83 %	75 %
Ber-ban Karet	83 %	75 %	67 %

Sedangkan untuk menghitung efisiensi kerja digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{W_e}{W_p} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana E merupakan Efisiensi kerja, (%), W_e merupakan Waktu kerja efektif, (menit) dan W_p merupakan Waktu kerja produktif (menit).

b. Ketersediaan alat – alat tambang

1) *Mechanical Availability* (MA)

Merupakan angka yang menunjukkan kesiapan penggunaan suatu alat atau perlengkapan dalam kondisi tertentu, yang dinyatakan dalam persentase (Ardianti & Prabowo, 2020).

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- MA = *Mechanical Availability* (100%)
- W = Jumlah jam kerja (menit)
- R = Jumlah jam untuk perbaikan alat (menit)

2) *Use of Availability* (UA)

UA mengacu pada persentase waktu alat digunakan untuk tujuan yang dimaksudkan selama periode ketika tersedia untuk digunakan (Ardianti & Prabowo, 2020).

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- UA = *Use Of Availability* (100%)
- W = Jumlah jam kerja (menit)
- S = Jumlah jam suatu alat yang tidak rusak tapi tidak digunakan

3) *Physicall Availability* (PA)

Adalah tingkat ketersediaan alat berat yang diperlukan untuk kegiatan produksi sudah memperhitungkan hilangnya waktu karena sebab-sebab tertentu.

$$PA = \frac{W+S}{T} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- PA = *Physical Avaibility* (PA)
- W = Jumlah jam kerja (menit)
- R = Jumlah jam perbaikan
- T = Total jam kerja

4) *Effective Utilization* (EU)

Ini adalah pemanfaatan efektif (efisiensi kerja), yang menunjukkan berapa persen dari total waktu kerja yang tersedia dapat digunakan untuk kerja produktif.

$$MA = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :W merupakan jumlah jam kerja alat (*Working hours*), R merupakan jumlah jam perbaikan (*Repair hours*) dan S merupakan jumlah jam *standby* (*Stand by hours*)

c. Waktu Edar Alat Gali dan Muat

Waktu siklus peralatan penggalian dan pemuatan adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus penggalian dan pemuatan batubara (Ardianti & Prabowo, 2020). Waktu siklus kerja bisa dikalkulasikan dengan memakai rumus berikut:

$$Cm = (A + B + C + D) \times Jp \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- Cm = *Cycle time* alat muat (menit)
- A = Waktu pengisian/penggalian (detik)
- B = Waktu ayunan bermuatan (detik)
- C = Waktu menumpahkan isi (detik)
- D = Waktu ayunan kosong (detik)
- Jp = Jumlah pengisi dalam satu tangki

d. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut adalah waktu yang dibutuhkan dalam satu siklus pekerjaan pengangkutan batubara.

Waktu edar (*cycle time*) alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ca = A + B + C + D + E + F + G + H \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- Ca = waktu siklus pengangkutan (menit)
- A = Waktu tunggu pengisian (detik)
- B = Waktu mengatur posisi pengisian (detik)
- C = Waktu pemuatan (detik)
- D = Waktu angkut material (detik)
- E = Waktu tunggu *dumping* (detik)
- F = Waktu mengatur posisi *dumping* (detik)
- G = Waktu *dumping* (detik)
- H = Waktu pengangkutan kosong (detik)

e. Swell Factor

Swell factor (faktor pengembangan) merupakan pengembangan volume suatu material setelah digali (Sandeir, E dan Prabowo, 2018). Keadaan awal bahan alam adalah padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga jarak antar partikel bahan alam yang terisi udara atau air sangat kecil. Ketika bahan di alam dipecah, pemuaian volumetrik (ekspansi) terjadi koefisien ekspansi(Putra & Kasim, 2018).

Tabel 2. Bobot isi dan faktor pengembangan dari berbagai material

<u>Macam Material</u>	<u>Bobot Isi Ib/Cu yd in-situ</u>	<u>Swell factor</u>
<u>Bauksit</u>	2700 - 4325	0.075
<u>Tanah Liat, Kering</u>	2300	0.85
<u>Tanah Liat, Basah</u>	2800 - 3000	0.82 – 0.80
<u>Antrasit</u>	2200	0.74
<u>Batubara bituminus</u>	1900	0.74
<u>Bijih Tembaga</u>	3800	0.74
<u>Tanah Biasa, Kering</u>	2800	0.85
<u>Tanah Biasa, Basah</u>	3370	0.85
<u>Tanah Biasa, bercampur pasir dan kerikil</u>	3100	0.9
<u>Kerikil Kering</u>	3250	0.89
<u>Kerikil Basah</u>	3600	0.88
<u>Granit, pecah – pecah</u>	4500	0.67 – 0.56
<u>Hematit, pecah – pecah</u>	6500 – 8700	0.45
<u>Bijih Besi, pecah – pecah</u>	3600 – 5500	0.45
<u>Batu Kapur, pecah – pecah</u>	2500 – 4200	0.60 – 0.57
<u>Lumpur</u>	2160 – 2970	0.83
<u>Lumpur, sudah ditekan</u>	2970 – 3510	0.83
<u>Pasir, Kering</u>	2200 – 3250	0.89
<u>Pasir, Basah</u>	3300 – 3600	0.88
<u>Serpih</u>	3000	0.75
<u>Batu Sabak</u>	4590 – 4860	0.77

f. Produktivitas Alat Gali-Muat

Sebuah ekskavator adalah mesin besar dengan kemampuan menggali, mengisi, dan memecah (*breaking*). Ekskavator menggunakan hidraulik sebagai sistem propulsinya, yang merupakan perangkat yang berfungsi karena tekanan hidraulis ada pada mesin saat digunakan. Kemampuan produktivitas alat gali muat merupakan besarnya produktivitas yang terpenuhi secara real berdasarkan kondisi yang dapat dicapai (Indra Anugrah Sidki, 2021).

Produktivitas excavator dalam hal ini adalah *backhoe* yang dipengaruhi oleh kapasitas mangkuk (*bucket*), Besar kecilnya faktor isi mangkok tergantung dari jenis bahan yang akan digali (Adinda & Yulhendra, 2019). Ada pun material yang ditemukan dilapangan adalah batuan, maka nilai dari *Bucket Fill Factor* yang digunakan antara 0.80- 0.60. dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter *factor* pengisian *bucket*

<u>NO</u>	<u>Jenis Pekerjaan</u>	<u>Kondisi Muatan</u>	<u>Faktor <i>Bucket</i></u>
1	Ringan	Penggalian dan pemuatan material yang digali dari gudang dan penimbunan atau ekskavator lain yang tidak memerlukan tenaga gali dan dapat dimuat.	1.0 – 0.80
2	Sedang	Menggali dan memuat dari timbunan, kondisi tanah sulit untuk digali dan dikeruk, tetapi muatan yang hampir penuh dimungkinkan.	0.80 – 0.60

NO	Jenis Pekerjaan	Kondisi Muatan	Faktor <i>Bucket</i>
3	Agak Sulit	Penggalian dan pemuatan batu pecah, tanah liat keras, pasir dan kerikil yang telah dikumpulkan hampir tidak dapat mengisi ember.	0.60 – 0.50
4	Sulit	Bebatuan besar berbentuk tidak beraturan dengan banyak rongga di tengahnya.	0.50 – 0.40

Faktor pengisian (*fill factor*), waktu edar (*cycle time*), dan faktor koreksi. Faktor koreksi yang berpengaruh disini adalah efisiensi kerja alat. Untuk menghitung produktivitas *backhoe* digunakan persamaan berikut ini:

$$Pm = \frac{60}{Cm} \times Hm \times FFm \times SF \times Pi, \text{ (ton/jam) } \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

- Pm = kapasitas produksi alat muat (ton/jam)
- Cm = Waktu siklus (Ton / jam)
- H = Kapasitas *Bucket* (LCM)
- FFm = Faktor isi (%)
- Em = Effisiensi kerja (%)
- Sf = *Swell Factor*
- Pi = *Densitas*

2. Produktivitas Alat Angkut

Setiap jenis bahan logam, apakah memiliki nilai komersial atau non-ekonomi, dapat diangkut menggunakan peralatan transportasi. *Dump truck* sering digunakan karena mereka lebih dapat beradaptasi dan dapat membawa berbagai komoditas dengan beban yang berbeda.

Salah satu tugas pengangkutan material adalah mengangkut. Peralatan transportasi digunakan untuk memindahkan batubara ke gudang sementara menggerakkan bahan yang berlebihan ke tempat pembuangan OB. Jumlah perjalanan atau trek yang dapat dicapai oleh truk memiliki dampak yang signifikan pada seberapa produktif truk tersebut.

Banyaknya trip ini dipengaruhi oleh waktu edar dan efisiensi kerja dari alat angkut tersebut (Lesmana & Waterman, 2019). Untuk menghitung produktivitas dari alat angkut (*dump truck*) digunakan persamaan berikut :

$$Pa = \frac{(Ea \times 60) \times (np \times Hm \times FFm) \times SF \times Pi}{2a}, \text{ ton/jam } \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- P = Kapasitas produksi alat angkut, (ton/jam)
- E₁ = Effisiensi kerja (%)
- np = banyak muatan per muatan
- Hm = Kapasitas *Bucket* (LCM)
- FFm = Faktor isian (%)
- SF = *Swell Factor*
- C₁ = Waktu siklus pengangkutan (menit)
- Pi = *Densitas*

3. Faktor Keserasian Alat (*Match Factor*)

Untuk memastikan kelancaran operasi penambangan, penting untuk memastikan adanya koordinasi yang harmonis antara alat muat dan alat angkut (Ramadhani et al.,

2022). Persamaan digunakan untuk menentukan kesesuaian excavator pemuatan dan peralatan transportasi :

$$MF = \frac{Na \times Ltm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

MF = faktor kinerja

Na = Jumlah alat angkut yang dipakai

Nm = Jumlah alat muat yang dipakai

Ltm = Waktu pemuatan tiap alat angkut yang besarnya sama dengan jumlah pemuatan dikalikan waktu edar (*Cycle Time*) alat muat (menit)

Cta = waktu siklus pengangkutan (menit)

Keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut berpengaruh terhadap faktor kerja, bila hasil kerja didapatkan:

- a. $MF < 1$ Berarti persentase kerja dari alat gali muat tidak mencapai 100 %, sedangkan persentase kerja dari alat angkut dapat mencapai 100 %, sehingga terdapat waktu tunggu yang terjadi bagi alat gali untuk menunggu alat angkut yang belum datang.
- b. $MF = 1$ Berarti persentase kinerja kedua alat dapat mencapai 100% sehingga tidak ada waktu tunggu yang terjadi. Keadaan ini sangat jarang terjadi langsung dilapangan dalam waktu yang lama
- c. $MF > 1$ Berarti persentase kerja alat angkut kurang 100% sedangkan persentase kerja alat muat dapat mencapai 100% sehingga adanya waktu tunggu yang terjadi untuk alat angkut. Situasi seperti ini apabila terjadi 2 antrian alat angkut sangatlah tidak efektif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi kerja

Efisiensi kerja merupakan waktu kerja yang secara *actual* digunakan sebagai waktu operasi. Besarnya efisiensi kerja dapat diketahui dengan menghitung selisih waktu produktif kerja terhadap waktu hambatan. Efisiensi waktu kerja alat gali muat sebelum perbaikan dapat dilihat tabel 4.

Tabel 4. Efisiensi waktu kerja alat gali muat sebelum perbaikan

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
Hari Kerja				
1	1. Jumlah Hari		30	
	2. Jumlah Hari Libur		2	
	3. <i>Change Shift</i>	4		
	Total Hari Kerja		28	
Jam Kerja Tersedia				
2	4. Jumlah Shift perhari	2		
	5. Jumlah Jam Kerja pershift	9		18
	Total Jam Kerja Tersedia (A)			504
Jam Istirahat dan Shalat Jumat				
3	Shalat Jumat (1 Jam / n)	2		2
	Istirahat (1 Jam / hari)	2	28	56
	Total Jam Istirahat dan Shalat Jumat (B)			58
4	Total Waktu Produktif C = (A- B)			446

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
A. Hambatan Yang Tidak Dapat Dihindari				
	▪ Pengarahan <i>Safety</i> (30 menit / n) Setiap Senin	8		4
	▪ P2H (5 Menit/shift)	56		4.66
	▪ <i>Maintanace Alat</i> (perbulan)			20
5	▪ Hujan (1.36 Jam / hari)	28		38.08
	▪ Pengisian BBM (10 menit /shift)	56		9.33
B. Hambatan Yang Bisa Dihindari				
	▪ Kebutuhan Operator (15 Menit / <i>shift</i>)	56		14
	▪ Persiapan Jam Masuk dan Pulang (5Menit/shift)	56		4.66
Total Waktu Hambatan (D)				94.73
Waktu Efektif				
6	Total Waktu Efektif / Bulan $E = (C-D)$			351.27
	Total Waktu Efektif / hari			12.54
7	Efisiensi Kerja			78.76

Jadi efisiensi kerja alat gali muat sebelum perbaikan adalah 78.76 %

Efisiensi waktu kerja alat gali muat setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Efisiensi waktu kerja alat gali muat setelah perbaikan

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
1	Hari Kerja			
	1. Jumlah hari		30	
	2. Jumlah hari libur		2	
	3. Change shift	4		
	Total hari kerja		28	
2	Jam Kerja Tersedia			
	4. Jumlah shift perhari	2		
	5. Jumlah jam kerja pershift	9		18
	Total jam kerja tersedia (A)			504
3	Jam Istirahat dan Shalat Jumat			
	Shalat Jumat (1 Jam / n)	2		2
	Istirahat (1 Jam / hari)	2	28	56
	Total jam istirahat dan Shalat Jumat (B)			58
4	Total Waktu Produktif $C = (A- B)$			446
5	A. Hambatan yang tidak dapat dihindari			
	▪ Pengarahan <i>Safety</i> (30 menit / n) Setiap Senin	8		4
	▪ P2H (5 Menit/shift)	56		4.66
	▪ <i>Maintanance alat</i> (perbulan)			20
	▪ Hujan (1.36 Jam / hari)	28		38.08
	▪ Pengisian BBM (10 menit /shift)	56		9.33
	Total Waktu Hambatan (D)			76.07

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
6	Waktu Efektif			
	Total waktu efektif / Bulan			369.93
	$E = (C - D)$			
	Total waktu efektif / hari			13.21
7	Efisiensi Kerja			82.94

Jadi efisiensi kerja alat gali muat sebelum perbaikan adalah 82.94 %.

Efisiensi Alat Angkut

Efisiensi waktu kerja alat angkut sebelum perbaikan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Efisiensi waktu kerja alat angkut sebelum perbaikan

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
1	Hari Kerja			
	1. Jumlah hari		30	
	2. Jumlah hari libur		2	
	3. Change shift	4		
	Total hari kerja		28	
2	Jam Kerja Tersedia			
	4. Jumlah shift perhari	2		
	5. Jumlah jam kerja pershift	9		18
	Total jam kerja tersedia (A)			504
3	Jam Istirahat dan Shalat Jumat			
	Shalat Jumat (1 Jam / n)	2		2
	Istirahat (1 Jam / hari)	2	28	56
	Total jam istirahat dan Shalat Jumat (B)			58
4	Total Waktu Produktif C = (A- B)			446
5	A. Hambatan yang tidak dapat dihindari			
	▪ Pengarahan Safety (30 menit / n) Setiap Senin	8		4
	▪ P2H (5 Menit/shift)	56		4.66
	▪ Maintanance alat (perbulan)			15
	▪ Hujan (1.36 Jam / hari)	28		38.08
	▪ Slippery (0,69 Jam / hari)	28		19.32
	▪ Pengisian BBM (10 menit /shift)	56		9.33
	B. Hambatan yang bisa dihindari			
	▪ Kebutuhan operator (15 Menit /shift)	56		14
	▪ Persiapan jam masuk dan pulang (5 Menit/shift)	56		4.66
	Total waktu hambatan (D)			109.05
6	Waktu Efektif			
	Total waktu efektif / bulan			336.95
	$E = (C - D)$			
	Total waktu efektif / hari			12.03
7	Efisiensi kerja			75.54

Jadi efisiensi kerja alat angkut sebelum perbaikan adalah 75.54 %

Efisiensi waktu kerja alat angkut setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Efisiensi waktu kerja alat angkut setelah perbaikan

No	Keterangan	n	Hari	Waktu (Jam)
1	Hari Kerja			
	1. Jumlah hari		30	
	2. Jumlah hari libur		2	
	3. Change shift	4		
	Total hari kerja		28	
2	Jam Kerja Tersedia			
	4. Jumlah shift perhari	2		
	5. Jumlah jam kerja pershift	9		18
	Total jam kerja tersedia (A)			504
3	Jam istirahat dan Shalat Jumat			
	Shalat Jumat (1 Jam / n)	2		2
	Istirahat (1 Jam / hari)	2	28	56
	Total jam istirahat dan Shalat Jumat (B)			58
4	Total Waktu Produktif C = (A– B)			446
5	A. Hambatan yang tidak dapat dihindari			
	▪ Pengarahan safety (30 menit / n) Setiap Senin	8		4
	▪ P2H (5 Menit/shift)	56		4.66
	▪ Maintanace alat (perbulan)			15
	▪ Hujan (1.36 Jam / hari)	28		38.08
	▪ Slippery (0,69 Jam / hari)	28		19.32
	▪ Pengisian BBM (10 menit /shift)	56		9.33
	Total Waktu Hambatan (D)			90.39
6	Waktu Efektif			
	Total waktu efektif/bulan E = (C–D)			355.61
	Total waktu efektif/hari			12.70
7	Efisiensi Kerja			79.73

Jadi efisiensi kerja alat angkut setelah perbaikan adalah 79.73 %

Waktu edar alat angkut dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Waktu edar alat angkut

	Waktu	Detik	Menit
Waktu Tunggu Loading	(A)	351.06	5.85
Manuver Loading	(B)	44.58	0.74
Loading	(C)	472.19	7.87
Hauling Isi	(D)	2669.18	44.49
Waktu Tunggu Dumping	(E)	0	0

	Waktu	Detik	Menit
Manuver Dumping	(F)	54.54	0.91
Dumping	(G)	50.88	0.85
Hauling Kosong	(H)	2529.89	42.11
Total		6169.08	102.82

Produksi Alat Gali Muat

Produktifitas alat gali muat 1 excavator bisa dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Produktifitas alat gali muat 1 excavator

Produktifitas Alat Gali Muat	Jumlah
Kemampuan produksi sebelum perbaikan	114.69 Ton/jam
Produktivitas alat dalam sebulan sebelum perbaikan	37.829,12 Ton/bulan
Kemampuan produksi setelah perbaikan	120.78 Ton/jam
Produktivitas alat dalam sebulan setelah diperbaiki	47.466,00 Ton/bulan

Produksi Alat Angkut

Produktifitas alat angkut 9 Dump Truk bisa dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. produktifitas alat angkut 9 dump truk

Produktifitas Alat Angkut	Jumlah
Produktivitas alat angkut dalam waktu satu jam sebelum diperbaiki	64.53 Ton/jam
Produktivitas alat dalam sebulan sebelum perbaikan	21.284,48 Ton/bulan
Produktivitas alat angkut dalam satu hari setelah perbaikan	68.22 Ton/jam
Produktivitas alat angkut dalam sebulan setelah diperbaiki	24.258,92 Ton/bulan

Keserasian Alat Gali dan Alat Muat

Perhitungan keserasian alat gali muat dan alat angkut:

$$MF = \frac{Na \times Ltm}{Nm \times Cta}$$

$$MF = \frac{9 \times 6.72}{1 \times 102.82}$$

$$MF = \frac{60.48}{102.82}$$

$$MF = 0.58$$

$MF < 1$, Kemampuan produksi alat muat lebih besar dari pada kemampuan alat angkut, sehingga ada waktu bagi alat muat. Agar alat gali dan alat angkut serasi maka $MF = 1$ dengan persamaan sebagai berikut:

- Faktor Keserasian alat (MF) : 1
- Banyak Bucket (n) = 16
- Waktu Edar alat muat (Ltm) = 6.72
- Jumlah Alat muat (Nm) = 1
- Waktu edar alat angkut = 102.82

$$MF = \frac{Na \times Ltm}{Nm \times Cta}$$

$$1 = \frac{Na \times 6.72}{1 \times 102.82}$$

$$1 = \frac{Na \times 6.72}{102.82}$$

$$Na = \frac{102.82}{6.72}$$

$$Na = 15,3$$

MF = 1 harus membutuhkan 15 Alat Angkut, alat angkut yang tersedia 9 unit sehingga perlu ditambah 6 unit lagi untuk mendapatkan MF = 1.

Tabel 10. Produktifitas alat angkut 15 dump truk

Produktifitas Alat Angkut	Jumlah
Produktivitas alat angkut dalam waktu satu jam sebelum diperbaiki	1.266,93 ton/hari
Produktivitas alat dalam sebulan sebelum perbaikan	35.474.04 Ton/bulan
Produktivitas alat angkut dalam satu hari setelah perbaikan	1.443,99 ton/hari
Produktivitas alat gali muat dalam sebulan setelah diperbaiki	40.431,72 Ton/bulan

Perbandingan produktivitas alat gali muat dengan alat angkut sebelum perbaikan dalam satu bulan adalah Produktivitas Alat gali muat > Produktivitas alat angkut 37.829,12 Ton/bulan > 35.474.04 Ton/bulan. Sedangkan perbandingan produktivitas alat gali muat dengan alat angkut setelah perbaikan dalam satu bulan adalah Produktivitas alat gali muat > Produktivitas alat angkut 47.466,00 Ton/bulan > 40.431,72 Ton/bulan

SIMPULAN

Waktu kerja produktif sebesar 15.92 jam/hari dan waktu kerja efektif yaitu sebesar 11.85 jam/hari. Maka didapat efisiensi kerja alat gali muat sebelum perbaikan 78.76% dan setelah perbaikan 82.94%. Efisiensi alat angkut sebelum perbaikan 75.54% dan setelah perbaikan 79.73%. Kemampuan produksi 1 unit alat gali muat batubara dengan menggunakan *excavator Volvo tipe EC 330 Blc* sebelum perbaikan sebesar 114.69 Ton/jam dan setelah perbaikan sebesar 120.78 ton/jam.

Kemampuan produksi 9 unit alat angkut batubara dengan menggunakan mercedes benz axor 2528 C sebelum perbaikan sebesar 64.53 ton/jam dan setelah perbaikan sebesar 68.22 ton/jam. Hasil perbandingan produktivitas alat gali muat dengan alat angkut adalah Produktivitas Alat Gali Muat > Produktivitas Alat Angkut yaitu 47.466,00 Ton/bulan > 40.431,72 Ton/bulan.

Penelitian ini belum membahas terkait pengaruh umur alat berat, kemampuan dan semangat operator terhadap hasil produksi batubara. Hal ini bisa menjadi saran untuk penelitian pengembangan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, & Yulhendra, D. (2019). Studi Optimasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Metode Linear Programming Pada Perolehan Produksi Overburden PT . Surya Global Makmur Jobsite Pemusiran, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2), 238–249.
- Alifa, A., Gusman, M., & Prabowo, H. (2018). Optimalisasi alat Gali Muat dan Alat Angkut Terhadap Produksi Batubara dengan Metode kapasitas Produksi dan Metode Teori antrian pada Pit Taman Periode Oktober 2016 Unit Penambangan Tanjung Enim PT. Bukit Asam (PERSERO) Tbk. *Bina Tambang*, 3(2), 807-818
- Ardianti, N. A., & Prabowo, H. (2020). Estimasi Biaya dan Evaluasi Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Terhadap Efisiensi Penambangan Batubara pada Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Sawahlunto. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2), 22–31.
- Indra Anugrah Sidki. (2021). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut terhadap Pencapaian Target Produksi 33.792 LCM per Bulan pada Kegiatan Penambangan Andesit di PT XYZ Kecamatan Bojonegara, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, 1(1), 18–29.
- Isgianda, F, Sumarya dan Prabowo, H. (2018). Evaluasi Biaya Dan Kebutuhan Alat Angkut Dan Alat Muat Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden) Pit B PT . Bina Bara Sejahtera Kecamatan Ulok Kupai , Kabupaten. *Jurnal Bina Tambang*, 3(3), 1255–1261.
- Lanjaya, B., Wardana, N. K., & Putra, B. P. (2022). *Pengambilan Data Cycle Time Menggunakan Aplikasi Seconds Count Pada Kajian Produktivitas Alat Gali Muat PT . X*. 22-31.
- Lesmana, D. M. M., & Waterman, W. (2019). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat pada Tambang Batu Gamping di PT. SEMEN TONASA Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 495–500.
- Putra, J., & Kasim, T. (2018). Optimasi Kesesuaian Alat Gali-Muat dengan Alat Angkut untuk Mengatur Fuel Ratio dalam Menghemat Pemakaian Fuel pada Pengupasan Overburden di Pit Jebak 1 PT. Nan Riang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1397–1408.
- Ramadhani, A. D., Mustofa, A., & Melati, S. (2022). Optimalisasi fuel ratio alat gali muat dan alat angkut PT Borneo Alam Semesta. *Jurnal Himasapta*, 7(3), 157-168.
- Sandeir, E dan Prabowo, H. (2018). Evaluasi Kebutuhan dan Estimasi Biaya Alat Muat Kobelco 380 dan Hitachi 350 Dengan Alat Angkut Scania P360 dan Mercedes Actroz 4043. *Bina Tambang*, 3(3), 1091–1100.
- Sosantri, B. J., Yulhendra, D., & Prabowo, H. (2018). Optimalisasi Peralatan Tambang dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (OEE) di Pit 1 Penambangan Batubara Banko Barat PT Bukit Asam (Persero Terbuka) Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, 3 (2), 1–20.
- Suwandi, E., Annisa, A., & Putri, K. S. (2022). Evaluasi produktivitas alat gali muat untuk material overburden di CV Gunung Sambung. *Jurnal Himasapta*, 7(2), 97-116.