



## Kajian Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Efisiensi Produksi Batubara di Block A PT. Daya Bara Nusantara<sup>1</sup>

*Study on Production of Loading and Hauling Equipment to Get the Efficiency of Coal Production Activities in Block A PT. Daya Bara Nusantara.*

Gilang Asra Bilhadi <sup>a, 2</sup>, Edy Nursanto <sup>a, 2</sup>, Gunawan Nusanto <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Jl.Padjaran (SWK 104), Condong catur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55283.

### ABSTRAK

PT. Daya Bara Nusantara merupakan perusahaan batubara KBPC Group terletak di Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Sistem pertambangan Batubara yaitu tambang terbuka dengan menggunakan *system Back Filling* dengan sinkronisasi alat mekanis untuk operasi penambangan dalam mencapai sasaran produksi yaitu 6.000 ton/bulan. Alat mekanis pembongkaran dan pemuatan yaitu *Excavator Doosan 500LCV*. Alat angkut untuk operasi, yaitu truk Hino500 CWB340. Lokasi penelitian pada *Block A* yang diangkut di *Stockpile*. Permasalahan belum tercapainya target produksi 6.000 ton/bulan. Berdasarkan data di lapangan, produksi masih 5.588,56 ton/bulan. Kemampuan produksi alat gali muat 5.588,56 ton/bulan dan alat angkut 6.341,76 ton/bulan. Efisiensi kerja alat gali muat 59,42 %, sedangkan efisiensi kerja untuk alat angkut yaitu 58,5 %. Peningkatan produksi penambangan batubara dilakukan dengan cara, yaitu pertama meningkatkan efisiensi kerja alat. Peningkatan efisiensi kerja alat gali muat 67,9 % dan efisiensi kerja alat angkut 66,67 %. Produksi alat gali muat meningkat 6.386,12 ton/bulan dan produksi alat angkut 6.570,4 ton/bulan. Cara kedua adalah melakukan pengurangan jumlah unit alat angkut. Pada kegiatan penambangan yang sebelumnya menggunakan 11 unit alat angkut menjadi 10 unit. Setelah pengurangan jumlah unit alat angkut, produksi yang dihasilkan dari penambangan batubara meningkat 6.570,4 ton/bulan, dengan *match factor* yaitu 1.

*Kata Kunci : produksi, efisiensi kerja, faktor keserasian*

### ABSTRACT

PT Daya Bara Nusantara is the coal company of KBPC Group, which is located in Bungo Regency, Jambi Province. The coal mining system is an open pit backfilling method with a combination of mechanical equipment to carry out mining activities to achieve a production rate of 6,000 tons per month. The mechanical equipment used in the excavation and loading activities is the Doosan 500LCV Excavator. The transportation used is a Hino500 CWB340 truck. The location is in Block A, which is transported for the purpose of stock pile transportation. The problem is not achieving the production target of 6,000 tons per month. Based on field data, production is currently at 5,588.56 tons per month. Based on the results of the study, the production capacity of the digging tool is 5,588.56 tons per month, and the conveyance capacity is 6,341.76 tons per month. The work efficiency is 59.42%, while the work efficiency for conveyance is 58.5%. Two ways were performed to increase the production of coal stripping. The first is to increase the efficiency of the tool. The increase in the work efficiency of the loading and unloading equipment is 67.9%, and the work efficiency of the hauling equipment is 66.67%. Production of digging and unloading increased to 6,386.12 tons per month, and conveyance production increased to 6,570.4 tons per month. The second is to reduce conveyance units. A mining operation that previously used 11 units was changed to 10 units of conveyance. After reducing the

<sup>1</sup> Info Artikel: Received: 16 Juni 2023, Accepted: 1 Agustus 2023

<sup>2</sup> Corresponding author: Edy Nursanto, [edynursanto@upnyk.ac.id](mailto:edynursanto@upnyk.ac.id)

number of conveyance units, production from coal mining increased to 6,570.4 tons per month, with a match factor of 1.

*Keywords: production, work efficiency, match factor*

## **PENDAHULUAN**

Kegiatan penambangan selalu memiliki target produksi yang tinggi sehingga efisiensi kerja menjadi faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Beberapa penelitian lain telah dilaksanakan dalam rangka melakukan analisis produksi alat gali muat dan alat angkut pada proses penambangan (Muzaffar dan Saldy, 2023, Pratama dan Octova, 2021, Ardianti dan Prabowo, 2020).

PT. Daya Bara Nusantara merupakan salah satu perusahaan batubara yang dimiliki oleh KBPC Group yang terletak di Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Kegiatan penambangan dilaksanakan pada tahun 2011, sedangkan tahun 2012 bulan Juli dan tahun 2013 bulan Januari operasi penambangan berhenti. Penambangan dilanjutkan kembali pada bulan Januari tahun 2020. Sistem penambangan di perusahaan ini adalah tambang terbuka dengan metode *Back Filling*.

Penambangan batubara dengan kombinasi antara alat gali muat dan alat angkut yaitu 1 unit *Excavator Doosan 500LCV* yang melayani 11 unit truk Hino500 CWB340. Kombinasi ini mempunyai sasaran produksi sebesar 6,000 ton/bulan. Material dari proses penambangan diangkut menuju *Stockpile* untuk dilakukan *crushing* (Hustrulid and Kuchta, 1995, Dey, Mandal, Bhar, 2017).

Permasalahan yang timbul adalah tidak tercapainya sasaran produksi sebesar 6,000 ton/bulan dengan rata-rata produksi aktual pada bulan September-Oktober sebesar 5,588.56 ton/bulan. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan perhitungan bahwa tidak tercapainya sasaran produksi disebabkan oleh rendahnya waktu efektif kerja, yaitu hambatan kerja, sehingga efisiensi kerja mengalami penurunan. Dengan adanya permasalahan ini dan belum adanya penelitian pada lokasi ini, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis alat muat dan alat angkut untuk mencapai efisiensi produksi batubara. Upaya yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan waktu kerja efektif dengan mengurangi hambatan kerja yang ditekan dan meningkatkan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut.

## **METODE PENELITIAN**

Metode pengambilan data pada penelitian ini meliputi dua pendekatan utama, yaitu pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder.

### **1. Pengambilan data primer**

Metode ini melibatkan pengamatan langsung terhadap kegiatan yang terjadi di lapangan serta pencarian informasi pendukung yang relevan dengan permasalahan penelitian. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengumpulkan data secara langsung dari sumbernya.

### **2. Pengambilan data sekunder**

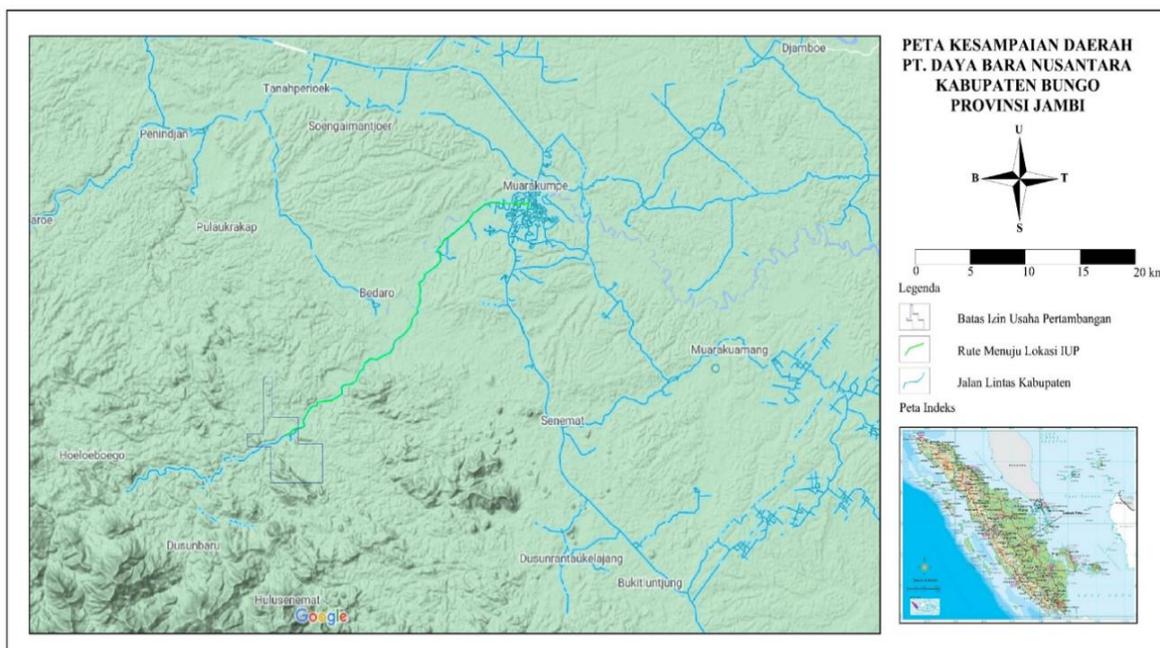
Metode ini melibatkan penggunaan data yang sudah ada sebelumnya, seperti studi kepustakaan. Pengambilan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari literatur, laporan, atau catatan yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

Urutan kerja penelitian terdiri dari tahapan berikut:

- a. Studi literatur: Dalam memulai penelitian ini, langkah awal yang diambil adalah mencari referensi yang relevan dengan topik yang sedang diteliti. Untuk melakukan studi literatur, dilakukan pencarian bahan pustaka yang dapat memberikan dukungan bagi pelaksanaan penelitian. Sumber literatur yang digunakan meliputi buku, paper serta sumber lain yang terkait dengan permasalahan yang akan diteliti di lapangan.
- b. Pengambilan data sekunder: Untuk mendukung penelitian ini, dilakukan pengambilan data sekunder yang meliputi beberapa hal, seperti data tentang keadaan geologi umum di daerah penelitian, data curah hujan dan klimatologi, peta IUP (Izin Usaha Pertambangan), serta data lain yang relevan dengan penelitian.
- c. Pengolahan dan analisis data: Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dengan melakukan perhitungan secara teoritis. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data tersebut untuk mengidentifikasi faktor penyebab tidak tercapainya sasaran produksi yang menjadi fokus masalah penelitian.
- d. Penyelesaian masalah pada penelitian: Hasil analisis digunakan dari penelitian untuk menentukan alternatif penyelesaian yang diterapkan untuk memperbaiki kegiatan produksi. Alternatif ini merupakan penilaian berdasarkan data hasil penelitian di lapangan, sehingga dapat dijadikan sebagai kesimpulan untuk mendukung perbaikan.

### Lokasi Penelitian

PT. Daya Bara Nusantara (Dabara) merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang dimiliki oleh KBPC *Group* yang bergerak dibidang pertambangan Batubara yang memiliki luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) sebesar  $\pm 106$  Ha. PT. Daya Bara Nusantara terletak di Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi (**Gambar 1**).



**Gambar 1** Peta Kesampaian Daerah

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kegiatan penambangan batubara dilakukan dengan menggunakan kombinasi antara alat mekanis berupa *Excavator* dengan *Dump Truck*. Alat mekanis yang digunakan, yaitu 1 unit *Excavator* Doosan 500LCV dan 11 unit *Dump Truck* Hino 500 CWB340. Kombinasi antara alat muat dan alat angkut dalam mencapai produksi material tambang sangat ideal di dalam kegiatan penambangan.

### **Kondisi Tempat Kerja**

Kondisi tempat kerja di lapangan pada musim penghujan, jalan menjadi becek dan licin di lapangan, sedangkan pada musim kemarau kondisi jalan sangat berdebu pada saat dilalui oleh *Dump Truck* (DT) atau mobil pengawas yang melintas di jalan tersebut. Kondisi jalan yang becek dan berdebu menyebabkan operasi di lapangan menjadi terganggu. Oleh karena itu untuk mengurangi kendala tersebut, pada musim hujan jalan harus dilakukan perawatan, perbaikan dan pemadatan dengan menggunakan menggunakan alat berat yaitu, *grader* dan *bulldozer*. Penyiraman jalan dilakukan pada musim kemarau supaya debu tidak beterbangan dengan alat *Water Truck*. Hal ini dilakukan setiap hari supaya jalan tambang tidak berdebu pada saat dilalui *dump truck* dan juga kendaraan lain yang melintas. Tempat kerja berada pada ketinggian 90-120 meter di atas permukaan laut pada area tersebut, sedangkan kedalaman penggalian batubara, yaitu 5-15 meter.

### **Kapasitas Alat Mekanis**

Penambangan batubara di pit Block A menggunakan alat dengan kombinasi dari *Excavator* Doosan 500LCV dengan kapasitas *bucket* 2,4 m<sup>3</sup> dan *Dump Truck* Hino500 CWB 340 dengan kapasitas bak 25 ton. Waktu edar alat muat hasil pengamatan sebesar 152,73 detik. Waktu edar alat angkut dihitung dan merupakan gabungan dari waktu diisi muatan, waktu mengangkat muatan, waktu menunggu bermuatan, waktu mengatur posisi untuk menumpahkan muatan, waktu kembali kosong, waktu menunggu kondisi bak kosong, waktu mengatur posisi diisi muatan. Berdasarkan perhitungan, diperoleh waktu edar alat angkut sebesar 10.203,01 detik. Kegiatan penambangan di PT. Daya Bara Nusantara dilakukan dengan cara *back filling method*, yaitu dengan cara mengupas lapisan batubara yang tebalnya berkisar 4-5 m dan setelah itu dilakukan kegiatan pemuatan dengan menggunakan kombinasi alat muat dan alat angkut.

Pola pemuatan yang diterapkan di lapangan pada saat operasi adalah *top loading*, yaitu *Excavator* melakukan pemuatan dengan menempatkan di atas jenjang, sedangkan alat angkut *Dump Truck* berada di bawah *Excavator*. Hal ini merupakan metode pemuatan yang sangat memudahkan bagi alat muat untuk mengisi material tambang ke dalam bak *Dump Truck*. Di samping itu penggunaan biaya bahan bakar menjadi lebih efisien (**Gambar 2**).



**Gambar 2** Pola Pemuatan *Top Loading*

Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan *Dump Truck* adalah paralel dengan penempatan tunggal truk, yang berarti *Dump Truck* ditempatkan untuk dimuat di depan area kerja. *Dump Truck* berikutnya menunggu hingga *Dump Truck* pertama telah dimuat penuh sebelum bergerak. Setelah *Truck* pertama pergi, *Truck* berikutnya akan ditempatkan di depan area kerja untuk dimuat, dan pola ini berlanjut seperti yang terlihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3** Pola Pemuatan Parallel Cut with the Single Spotting of Trucks

### **Jalan Angkut Tambang**

Jalan angkut tambang harus dibuat supaya kondisinya kering dan kuat untuk dilintasi alat berat. Kondisi jalan angkut akan mempengaruhi kinerja ban peralatan mekanis yang bekerja (Peurifoy, 1988, Indonesianto, 2014). Jalan angkut dalam kondisi becek dan licin menyebabkan ban alat mekanis sering mengalami *slip*/tergelincir. Semakin baik kondisi jalan angkut, maka produksi alat angkut juga semakin besar. Geometri jalan angkut ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Geometri Jalan Angkut

Segmen	Panjang (m)	Beda Tinggi (m)	Grade Jalan (%)	Lebar Jalan (m)	Grade	Lebar	Keterangan
1	72	0	0,00	11	memenuhi	memenuhi	lurus
2	87	13	15	11	tidak memenuhi	memenuhi	lurus
3	49	6	12,29	10	tidak memenuhi	tidak memenuhi	tikungan
4	153	18	11,76	11	memenuhi	memenuhi	lurus
5	71	5	7,04	14	memenuhi	memenuhi	lurus
6	69	6	8,68	15	memenuhi	memenuhi	lurus
7	85	1	1,18	13	memenuhi	memenuhi	lurus
8	48	3	6,21	17	memenuhi	memenuhi	lurus
9	121	12	9,92	9	memenuhi	memenuhi	lurus
10	108	17	15,79	13	tidak memenuhi	memenuhi	lurus
11	96	5	5,24	11	memenuhi	memenuhi	lurus
12	81	6	7,38	18	memenuhi	memenuhi	tikungan
13	50	1	1,99	10	memenuhi	memenuhi	lurus
14	317	3	0,95	11	memenuhi	memenuhi	lurus
15	294	6	2,04	12	memenuhi	memenuhi	lurus
16	249	8	3,21	11	memenuhi	memenuhi	lurus
17	174	4	2,30	11	memenuhi	memenuhi	lurus
18	453	3	0,66	12	memenuhi	memenuhi	lurus

Kemiringan jalan angkut atau *grade* pada lokasi penambangan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut terutama pada saat mengangkut material tambang atau komoditas tambang dalam mengatasi tanjakan di jalan angkut tambang. Jalan angkut pada tambang dibagi menjadi 18 segmen yang berkaitan dengan kemiringan jalan. Hal ini untuk mempermudah perhitungan kemiringan jalan pada segmen tersebut. Kemiringan jalan yang terbesar yaitu 15,79 % pada segmen 10 yang tidak memenuhi standar kemiringan yang disarankan.

Berdasarkan pengamatan bahwa dimensi lebar jalan angkut yang paling minimum untuk dua jalur 9 m. Berdasarkan spesifikasi lebar jalan angkut pada jalan lurus untuk 2 jalur pengangkutan yaitu 8,75 meter, sehingga lebar jalan angkut pada jalan lurus di *Block A* sudah memenuhi persyaratan. Jalan angkut yang lebarnya lebih kecil dari 8,75 meter tidak sesuai yang dipersyaratkan, maka kinerja alat angkut tidak bisa optimal sehingga berpengaruh terhadap waktu edar alat angkut menjadi lebih besar. Pengamatan yang dilakukan di lapangan, lebar jalan angkut tambang sudah memenuhi syarat sesuai dengan lebar alat angkut berdasarkan spesifikasinya.

**Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)**

Pengamatan dan pengujian di lapangan telah dilakukan dan memberikan hasil yaitu, material terongkar (*loose*) mempunyai densitas adalah 0,814 ton/m<sup>3</sup>, sedangkan densitas material aslinya (*bank*) sebesar 1,1 ton/m<sup>3</sup>, sehingga faktor pengembangannya (*SF*) adalah 0,74. Densitas merupakan perbandingan antara berat material dengan volumenya (Hawkes, 2004).

**Nilai *Bucket Fill Factor* (*BFF*)**

Nilai faktor pengisian *bucket* disebut *bucket fill factor*. *Bucket fill factor* ini merupakan perbandingan antara volume material tambang yang dapat ditampung oleh *bucket* terhadap volume *bucket* secara teoritis (Prodjosumarto, 1996).

**Tabel 2** Nilai Faktor Pengisian Mangkok

No.	Berat Muatan Alat Angkut (Ton)	Jumlah pengisian Bucket	Densitas Loose (ton/m <sup>3</sup> )	Volume sesungguhnya (m <sup>3</sup> )	Volume Teoritis (m <sup>3</sup> )	BFF (%)
1	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
2	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
3	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
4	15	7	0,814	2,6	2,4	109,69%
5	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
6	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
7	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
8	15	7	0,814	2,6	2,4	109,69%
9	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
10	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%
11	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
12	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%
13	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
14	15	7	0,814	2,6	2,4	109,69%
15	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
16	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%
17	15	7	0,814	2,6	2,4	109,69%
18	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
19	15	7	0,814	2,6	2,4	109,69%
20	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
21	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
22	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%
23	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
24	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%
25	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
26	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
27	14	7	0,814	2,5	2,4	102,38%
28	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
29	12	7	0,814	2,1	2,4	87,75%
30	13	7	0,814	2,3	2,4	95,06%

No.	Berat Muatan Alat Angkut (Ton)	Jumlah pengisian Bucket	Densitas Loose (ton/m <sup>3</sup> )	Volume sesungguhnya (m <sup>3</sup> )	Volume Teoritis (m <sup>3</sup> )	BFF (%)
Jumlah	399	210	24,42	70	72	2917,69%
Mean	13,3	7	0,814	2,33	2,4	97,26%

Berdasarkan data yang diambil, maka diperoleh faktor pengisian mangkok (*bucket fill factor*) rata-rata yang dapat dilihat pada **Tabel 2** sebesar 97,26 %.

### Efisiensi kerja

Waktu kerja operasional tambang yaitu, jam 08:00 WIB – 16:00 WIB, sehingga jam kerjanya 8 jam/hari dengan waktu istirahat 1 jam. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada **Tabel 3 - 4**, total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari oleh alat muat *Excavator Doosan 500LCV* sebesar 106,5 menit, sedangkan waktu hambatan yang dapat dihindari sebesar 63,7 menit. Alat angkut yang digunakan yaitu, merek Hino500 CWB340 mempunyai total waktu hambatan yang tidak dapat dihindari sebesar 110,3 menit dan jumlah waktu hambatan yang dapat dihindari sebesar 64 menit.

**Tabel 3** Hambatan kerja *Excavator Doosan 500LCV*

Hambatan dapat dihindari	Waktu (menit)
Keterlambatan awal kerja	13
Berhenti bekerja lebih awal	12,2
Istirahat lebih awal	5,8
Istirahat lama	7
Keperluan <i>operator</i>	13
Persiapan Kerja	12,7
Total waktu	63,7
Hambatan yang tidak dapat dihindari	Waktu (menit)
Hujan dan pengeringan jalan	84
Kerusakan peralatan alat	10
Pindah lokasi kerja	12,5
Total waktu	106,5

**Tabel 4** Hambatan kerja *Dump Truck Hino500 CWB340*

Hambatan dapat dihindari	Waktu (menit)
Keterlambatan awal kerja	16,2
Berhenti bekerja lebih awal	11,7
Istirahat terlalu cepat	6,3
Istirahat lama	10,3
Keperluan <i>operator</i>	7,8
Persiapan Kerja	11,7
Total waktu	64
Hambatan tidak dapat dihindari	

	Waktu (menit)
Hujan dan pengeringan jalan	89,7
Kerusakan alat	14,5
Pindah lokasi kerja	6,2
Total waktu	110,3

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu bekerja dengan waktu total yang disediakan. Efisiensi kerja alat dapat digunakan untuk menilai kinerja alat dalam pelaksanaan suatu pekerjaan. Efisiensi kerja untuk *Excavator Doosan 500LCV* dan alat angkut *Hino500 CWB340* masing-masing adalah 59,42% dan 58,5 %.

### Produksi Alat

Kemampuan produksi alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan dapat dilihat pada produksi alat tersebut. Target produksi penambangan batubara yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 6.000 ton/bulan, sedangkan produksi alat mekanis secara teoritis mencapai 5.588,56 ton/bulan.

### Keserasian Alat Kerja (*Match Factor*)

Hubungan kerja antara alat muat dan alat angkut harus sesuai supaya didapatkan keserasian. Faktor keserasian alat muat dan alat angkut didasarkan pada produksi alat muat dan produksi alat angkut, yang dinyatakan dalam *Match Factor* (MF). Keselarasan dapat dicapai jika produksi alat penggali setara dengan produksi alat pengangkut, sehingga rasio efisiensi produksi antara alat pengangkut dan alat penggali memiliki nilai 1. Untuk menghitung faktor kesesuaian (*Match Factor*, MF), dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$MF = \frac{Na \times n \times CTm}{Nm \times CTa}$$

Keterangan :

MF = Nilai keserasian (*Match Factor*)

Na = Jumlah alat angkut yang dipakai *travel*, unit

CTm = *Cycle Time* pemuatan pada produksi, menit

Nm = Jumlah alat muat yang dipakai untuk pengisian pak bak truk, unit

CTa = *Cycle Time* pengangkutan ke *dumping point*, menit

n = Jumlah pengisian atau curah *bucket* ke alat pengangkut

Berdasarkan data pengamatan *cycle time* alat angkut dan alat muat yang digunakan pada proses produksi, maka nilai *match factor* sebagai berikut (Sagar dan Pranay, 2015):

$$MF = \frac{Na \times n \times CTm}{Nm \times CTa} \quad Na= 11 \text{ unit, } Nm= 1 \text{ unit, } n= 7$$

CTm = 152,73 detik

CTa = 10.203,01 detik

$$MF = \frac{11 \times 7 \times 152,73}{1 \times 10.203,01} = 1,15$$

Nilai  $MF > 1$ , mempunyai arti bahwa alat gali muat beroperasi atau bekerja 100 %, sedangkan alat angkut beroperasi atau bekerja kurang dari 100 %, hal ini disebabkan produksi alat angkut lebih besar dari produksi alat muat, sehingga terjadi antrian alat angkut untuk dilakukan pengisian material atau komoditas tambang berikutnya.

Hasil yang diharapkan adalah unjuk kerja alat muat dan alat angkut beroperasi secara optimal sehingga faktor keserasian alat gali muat dan alat angkut mendekati faktor keserasian operasi kerja ( $MF=1$  atau dengan nilai keserasian mendekati 1. Oleh karena itu di dalam siklus produksi untuk mendapatkan nilai  $MF$  mendekati 1, maka dilakukan penambahan atau pengurangan alat angkut. Pada kondisi ini dilakukan penambahan alat angkut, sehingga nilai  $MF$  menjadi 1,04.

$$N_a = 10 \text{ unit}$$

$$N_m = 1 \text{ unit}$$

$$CT_m = 152,73 \text{ detik}$$

$$CT_a = 10,203.01 \text{ detik}$$

$$n = 7$$

$$MF = \frac{10 \times 7 \times 152,73}{1 \times 10.203,01} = 1,04$$

### Perbaikan Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan penilaian atas kinerja dalam menjalankan tugas operasi di lapangan atau perbandingan antara waktu yang digunakan untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Dalam pengukurannya, efisiensi kerja diungkapkan dalam bentuk persentase (%).

Hambatan selama jam kerja akan mengakibatkan waktu kerja efektif semakin kecil. Hambatan-hambatan pada jam kerja antara lain hambatan yang bisa dihindari dan hambatan yang tidak bisa dihindari. Hambatan tersebut dapat mengurangi waktu kerja efektif. Rumus persamaan waktu kerja efektif sebagai berikut (Pasch dan Uludag 2018).

$$W_{ke} = W_{kt} - W_{ht}$$

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{W_{ke}}{W_{kt}} \times 100\%$$

Keterangan:

$W_{ke}$  = waktu kerja efektif dalam produksi, menit

$W_{kt}$  = waktu kerja tersedia dalam *shift* kerja, menit

$W_{ht}$  = waktu hambatan operasi produksi, menit

Perbaikan efisiensi kerja dapat dilakukan dengan cara mereduksi waktu hambatan kerja yang dapat dihindari dengan menggunakan waktu modulus (Aunuddin, 2005) pada saat pengamatan di bawah waktu rata-rata. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5** Hambatan Kerja Alat Muat Sebelum dan Setelah Peningkatan Efisiensi Kerja

Hambatan yang dapat dihindari	Waktu (menit)	
	Sebelum	Sesudah
Keterlambatan kerja	13	4,5
Berhenti bekerja lebih awal	12,2	5,2
Istirahat lebih cepat	5,8	4,2
Istirahat lama	7	4,2
Keperluan <i>operator</i>	13	4,7
Persiapan dalam bekerja	12,7	5,7
Total waktu	63,7	28,3
Hambatan yang tidak dapat dihindari	Waktu (menit)	
	Sebelum	Sesudah
Hujan dan menunggu kering jalan	84	84
Kerusakan alat produksi	10	10
Pindah lokasi kerja	12,5	12,5
Total waktu	106,5	106,5

Suatu upaya tindakan yang diambil untuk meningkatkan produksi dari peralatan penggali dan pengangkut adalah dengan meningkatkan efisiensi kerja. Semakin tinggi tingkat efisiensi kerja, maka produksi juga akan meningkat (Hartman, 1987) seperti ditunjukkan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6** Hambatan Alat Angkut Sebelum dan Sesudah Peningkatan Efisiensi Kerja

Hambatan yang dapat dihindari	Waktu (menit)	
	Sebelum	Sesudah
Keterlambatan awal	16,2	5,3
Berhenti bekerja lebih awal	11,7	5,5
Istirahat terlalu cepat	6,3	4,5
Istirahat terlalu lama	10,3	4,2
Keperluan <i>operator</i>	7,8	4,7
Persiapan Kerja	11,7	5,5
Total waktu	64	29,7
Hambatan yang tidak dapat dihindari	Waktu (menit)	
	Sebelum	Sesudah
Hujan dan pengeringan jalan	89,7	89,7
Kerusakan alat	14,5	14,5
Pindah lokasi kerja	6,2	6,2
Total waktu	110,3	110,3

1. Efisiensi Kerja *Excavator* Doosan 500LCV.

Waktu kerja yang efektif adalah jumlah waktu yang tersedia dalam satu hari setelah mengurangi waktu yang tidak produktif. Hal ini berdasarkan data dalam Tabel 5 di atas, maka:

$$\begin{aligned} W_{ke} &= W_{kt} - W_{ht} \\ &= 420 \text{ menit} - (63,7 + 106,5) \text{ menit} \\ &= 249,8 \text{ menit} = 4,16 \text{ jam} \end{aligned}$$

Sehingga perhitungan efisiensi kerja *Excavator Doosan 500LCV*, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi kerja} &= ( \text{Waktu kerja produktif} / \text{Waktu kerja yang tersedia} ) \times 100 \% \\ &= ( 4,16 / 7 ) \times 100 \% \\ &= 59,42 \% \end{aligned}$$

## 2. Efisiensi Kerja *Truck Hino 500 CWB340*

Waktu kerja yang efektif adalah durasi kerja yang dapat digunakan dalam satu hari setelah mengurangi waktu yang tidak produktif. Ini didasarkan pada data yang tercantum dalam Tabel 6 di atas, oleh karena itu dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_{ke} &= W_{kt} - W_{ht} \\ &= 420 \text{ menit} - (64,0 + 110,3) \text{ menit} \\ &= 245,7 \text{ menit} = 4,09 \text{ jam} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung efisiensi kerja *Truck Hino 500 CWB340*, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi kerja} &= ( \text{Waktu kerja produktif} / \text{Waktu kerja yang tersedia} ) \times 100 \% \\ &= ( 4,09 / 7 ) \times 100 \% \\ &= 58,5 \% \end{aligned}$$

Efisiensi kerja pada alat gali muat *Excavator Doosan 500LCV* adalah 59,42%, sedangkan efisiensi kerja untuk alat angkut *Hino500 CWB340* sebesar 58,5%. Efisiensi kerja yang rendah disebabkan oleh hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindari dalam proses produksi, seperti cuaca buruk seperti hujan atau kerusakan pada peralatan dan pindah lokasi kerja. Peningkatan efisiensi kerja dengan cara menekan hambatan-hambatan yang dapat dihindari, sehingga produksi bisa tercapai.

### **Produksi Setelah Peningkatan Efisiensi Kerja dan *Match Factor***

Peningkatan efisiensi kerja dilakukan dengan cara mengurangi hambatan-hambatan yang dapat dihindari pada alat gali muat dan alat angkut pada proses produksi (Fisonga dan Mutambo, 2017). Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7** Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sesudah Peningkatan Efisiensi Kerja

	Alat Muat	Alat Angkut
Ek	67,9%	66,67%
Bff	97,26%	97,26%
Jumlah alat	1	10
Produksi	6.386,12	6.570,40

Setelah meningkatkan efisiensi kerja dan pengurangan alat angkut seperti pada **Tabel 8**, produksi alat angkut meningkat dari 6.341,76 ton/bulan menjadi 6.570,4 ton/bulan.

**Tabel 8** Produksi Alat Angkut Sebelum dan Sesudah Pengurangan Jumlah Unit Alat Angkut

	Sebelum	Sesudah
Ek	58,5%	66,67%
Bff	97,26%	97,26%
Jumlah alat	11	10
MF	1.15	1.04
Produksi	6,341.76	6,570.40

Perbandingan antara produksi alat gali muat dan alat angkut setelah dilakukan upaya untuk meningkatkan produksi penambangan batubara di *Pit Block A* dapat dilihat pada **Tabel 9**.

**Tabel 9** Perbandingan Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Setelah Perbaikan

Produksi	Alat Gali Muat	Alat Angkut
Produksi sebelum perbaikan (ton/bulan)	5.588,56	6.341,76
Produksi setelah perbaikan (ton/bulan)	6.386,12	6.570,40
Waktu Edar (detik)	152,73	10.203,01

Pada **Tabel 9** di atas dapat dilihat bahwa perbandingan antara produksi alat penggali dan alat pengangkut sebelum dan setelah perbaikan tidak memiliki perbedaan signifikan dikarenakan keselarasan dalam operasional antara keduanya setelah pengurangan jumlah unit alat angkut sudah mendekati 1 yaitu  $MF=1.04$ , sehingga produksi antara alat gali muat dan alat angkut tidak berbeda jauh.

Faktor keserasian itu sendiri memberikan indikasi produktivitas dari peralatan gali muat dan peralatan angkut. Rasio ini digunakan untuk menyesuaikan tingkat kedatangan truk dengan tingkat layanan alat gali muat. Rasio ini tidak tergantung pada kapasitas peralatan, tetapi dihitung berdasarkan pada waktu pemuatan dalam waktu siklus truk, sehingga menghilangkan faktor-faktor potensial yang mempengaruhi produktivitas.

Kombinasi kerja antara alat gali muat dan alat angkut diusahakan harus mempunyai efisiensi yang tinggi, sehingga efisiensi merupakan indikator yang digunakan secara khusus untuk mengacu pada kemampuan truk dan alat gali muat untuk bekerja dengan kapasitas maksimal. Sewaktu rasio faktor keserasian digunakan untuk menentukan keserasian sebuah *fleet* yang dipilih, perlu dipertimbangkan bahwa *fleet* dengan biaya minimum belum tentu merupakan *fleet* yang paling produktif atau efisien. Nilai suatu faktor keserasian sebesar 1.0 tidak dapat dianggap sebagai nilai yang ideal dalam keselarasan pada kombinasi produksi antara alat gali muat dan alat angkut di industri pertambangan, dan hal ini dapat diartikan bahwa *fleet* antara alat gali muat dan alat angkut mempunyai produktivitas maksimal. Hal ini menyatakan bahwa alat penggali atau alat gali muat yang beroperasi dengan kapasitas 50% mungkin jauh lebih efisien untuk dioperasikan di lapangan daripada alat gali muat lain yang beroperasi dengan kapasitas 100% pada keadaan yang sama.

Suatu faktor keserasian yang mempunyai nilai di bawah 1,0 menunjukkan bahwa alat gali muat tidak bekerja sesuai dengan kapasitasnya, sedangkan faktor keserasian tinggi dengan nilai lebih besar 1,0 menunjukkan bahwa *fleet* truk menunggu atau antri untuk diisi material tambang pada pengangkutan berikutnya karena lebih cepat datang pada saat kembali kosong

dari *dumping point*. Sebagai contoh, faktor keserasian tinggi menunjukkan adanya penggunaan truk berlebih. Dalam hal ini, penggali bekerja dengan efisiensi 100%, sementara truk harus mengantri menunggu untuk diisi material tambang (Ram Prasad, 2015).

Rasio di bawah 1.0 menunjukkan bahwa alat gali muat dapat melayani lebih cepat pada truk yang datang. Sebagai contoh, faktor keserasian dengan nilai rendah di bawah 1,0 berhubungan dengan efisiensi keseluruhan *fleet* alat gali muat rendah, yaitu 50%, sedangkan efisiensi truk adalah 100%. Pada keadaan ini dapat dinyatakan bahwa alat angkut tidak memenuhi standar karena jumlahnya kurang dalam siklus produksi, sehingga alat gali muat bekerja menunggu datangnya alat angkut (Ram Prasad, 2015).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil telaahan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakmencapaian target produksi batubara. Salah satunya adalah tingginya grade jalan angkut pada segmen jalan angkut 2, 3, dan 9 yang mengakibatkan peningkatan *cycle time* pada alat angkut. *Cycle time* yang dihasilkan oleh alat muat sebesar 152,73 detik, sementara *cycle time* alat angkut mencapai 10.203,01 detik. Efisiensi operasi kerja dari alat gali muat dan alat angkut cukup rendah, yaitu masing-masing 59,42% dan 58,5%.

Untuk meningkatkan produksi, strategi yang digunakan adalah meningkatkan efisiensi kerja alat dengan cara mengurangi waktu hambatan yang dapat dihindari pada saat operasi produksi di lapangan. Setelah dilakukan peningkatan efisiensi kerja, diperoleh efisiensi kerja alat muat sebesar 67,9%, sedangkan efisiensi kerja alat angkut mencapai 66,67%. Peningkatan efisiensi kerja ini berdampak pada peningkatan produksi alat gali muat menjadi 6.386,12 ton/bulan, dan produktivitas dari suatu alat angkut menjadi 6.570,4 ton/bulan. Selain itu, dengan mengurangi jumlah unit alat angkut Hino500 CWB340 menjadi 10 unit, produksi yang dihasilkan oleh alat angkut sudah mencapai target produksi yang ditetapkan, yaitu 6.570,4 ton/bulan.

Perhitungan dan pengamatan di lapangan memberikan beberapa saran antara lain, pengawasan terhadap waktu kerja yang telah ditetapkan diterapkan dengan penuh disiplin bagi operator untuk mencegah hambatan-hambatan yang terjadi selama beroperasi bekerja di lapangan, sehingga telah mengikuti sesuai dengan peraturan. Waktu kerja efektif sesuai yang diharapkan, karena mempengaruhi kemampuan produksi alat mekanis (*Excavator – Truck*) yang dioperasikan. Pengurangan alat angkut untuk meningkatkan keserasian kerja, sehingga kerja alat angkut menjadi lebih optimal dan efektif. Perbaikan jalan angkut harus dilakukan untuk memenuhi standar lebar dan *grade*-nya agar supaya waktu edar alat angkut menjadi turun.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- 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.
- Aunuddin. (2005). *Statistika: Rancangan dan Analisis Data*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.

- Dey, S., Mandal, S.K., Bhar. C. (2017). *Analysis of Factors, Which Influence the Cycle Time of Dumpers of Open Cast Coal Mines to Improve Production*. AMSE JOURNALS-AMSE IIETA publication-2017-Series: Modelling C; Vol. 78.
- Fisonga, M. & mutambo, V. (2017). *Optimization of The Fleet Per Shovel Productivity Insurface Mining: Case Study of Chilanga Cement. Lusaka Zambia*. Cogent Engineering Research Article. 4: 1386852.
- Hawkes, S. J. (2004). *The Concept of Density*. Journal of Chemical Education Vol.81 No.1.
- Hartman, H. L. (1987). *Introductory Mining Engineer*. A Wiley-Interscience Publication. Alabama.
- Hustrulid, W. & Kuchta, M. (1995). *Open Pit Mine Planning and Design: Vol. 1-Fundamentals*. AA Balkema. Netherland.
- Indonesianto, Y. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Muzaffar, M. D., & Saldy, T. G. (2023). *Analisis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut dengan Menggunakan Metode Match Factor dan Teori Antrian untuk Memenuhi Target Produksi Batubara 48.000 Ton/Bulan di Gunung Selan PT Putra Maga Nanditama Bengkulu Utara*. Bina Tambang, 8(1), 55-62.
- Pasch, O. & Uludag, S. (2018). *Optimization of the Load-and-Haul Operation at An Opencast Colliery*. The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy Vol. 118.
- Pratama, I., & Octova, A. (2021). *Optimalisasi Produksi Alat Angkut Dump Truck Scania Patria x Pro Model TV45 Berdasarkan Analisis Masalah Fishbone pada Aktivitas Penambangan Batubara di Seam A Site Rantau PT. Kalimantan Prima Persada, Kecamatan Tapin Utara, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan*. Bina Tambang, 6(1), 132-144.
- Peurifoy, R. L., Ledbetter, W. B., (1988), *Perencanaan, Peralatan dan Metode Konstruksi*, Jilid 1. Terjemahan Djoko Martono Ir., *Constuction Planning Equipment and Methods*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Prodjosumarto, P. (1995). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung : Jurusan Teknik Pertambangan, ITB Bandung.
- Ram Prasad, C.(2015). *Optimization of Load-Haul-Dump Mining System By OEE And Match Factor for Surface Mining*. International Journal of Applied Engineering and Technology, pp. 96-102.
- Sagar, R. M. & Pranay, R. K. (2015). *Comparative Study of Factors Affecting Productivity and Cycle Time of Different Excavators and Their Bucket Size*. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication Volume: 3 Issue: 12.