

# Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Pada Penambangan Batukapur di Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang

Heksali Preduanda<sup>1,\*</sup>, and Ansosry<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*heksalipreduanda678@gmail.com

\*osh5161@ft.unp.ac.id

**Abstract.** This study aimed to calculate the actual productivity of mechanical devices, to get an effort to improve work efficiency to achieve the planned production target, to get the transportation equipment needed to reduce waiting time by using queuing theory calculations in 242 Area limestone mining (Tajarang) PT. Semen Padang. The mining system was done by the quarry method which was of type side hill type with a production target in 2019 of 5,196,699 tons with an average production target of 1,200 tons per hour. The equipment used consists of 1 unit excavator Hitachi EX2500-6 and 5 units of Komatsu HD 785-7 dump truck. The actual productivity of the two devices was able to produce 1,174.85 tons/hour and 975.55 tons/hour respectively. By improving the effective working time, work efficiency could be increased to 86% and made improvements to the composition of the equipment obtained productivity results 1 unit excavator of Hitachi EX2500-6 able to reach the number 1,443.38 tons/hour and 4 units of Komatsu HD dump truck transported 785-7 of 1,362.72 tons/hour. The results of this study mean that the effective time of work and the harmony of work of actual mechanical devices has not been maximized.

**Keywords:** Productivity, Work Efficiency, Match Factor, Excavator, Dump Truck.

## 1. Pendahuluan

PT. Semen Padang merupakan perusahaan semen tertua di Indonesia yang didirikan pada 18 Maret 1910. Perusahaan ini melakukan penambangan *Limestone*, *Silica*, *Clay* dan *Basalt*<sup>[1]</sup>. *Limestone* atau batukapur sendiri merupakan material pembuatan semen yang berasal dari pelapukan kerak bumi. PT. Semen Padang Memiliki 3 Area Penambangan yang terdiri dari Area Eksisting, Area Pit Limit, dan Area Tajarang. Adapun kegiatan penambangan pada Area Tajarang ini meliputi *profiling* (penandaan titik bor), *drilling* (pemboran), *blasting* (peledakan), *loading* dan *hauling* (pemuatan dan pengangkutan), *dumping* (penumpahan), *conveying*, untuk kemudian diolah pada LSC VI (*Limestone Crusher VI*).

Penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang dilakukan dengan metode *quarry* yang bertipe *side hill type*. Berdasarkan pengamatan, target produksi tahun 2019 sebesar 5.196.699 ton. Bila ditetapkan satu bulan 30 hari kerja, rata-rata waktu efektif kerja yang

direncanakan tiap harinya sebesar 12 jam, diperoleh target produksi perjamnya sebesar 1.200 ton.

Pencapaian target sebesar 1200 ton/jam, perusahaan menggunakan 1 unit alat gali muat *Hitachi EX2500-6* dan 5 unit alat angkut *Komatsu HD 785-7*. Saat beroperasi ditemukan dua bentuk faktor yang mengakibatkan turunnya produktivitas alat angkut tersebut. Faktor pertama ditemukannya ketidakserasan antara alat gali muat dan alat angkut menyebabkan timbulnya waktu tunggu alat angkut pada saat pemuatan. Faktor kedua rendahnya waktu kerja efektif aktual alat yang diakibatkan terjadinya hambatan yang tidak terencana.

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang digunakan untuk melakukan kegiatan operasi penambangan. Efisiensi kerja akan menjadi besar apabila waktu kerja efektif semakin mendekati jumlah waktu yang tersedia. Tinggi rendahnya waktu kerja efektif di pengaruhi oleh besarnya hambatan yang terjadi pada saat operasi. Hambatan yang terjadi dapat berupa hambatan yang telah direncanakan maupun

hambatan yang tidak direncanakan.

Hambatan yang direncanakan adalah hambatan pada waktu jam kerja yang menyebabkan hilangnya waktu kerja dikarenakan kegiatan rutin yang sudah direncanakan atau sudah diperhitungkan untuk tidak menghambat pencapaian produksi. Hambatan yang tidak direncanakan adalah penyimpangan terhadap waktu kerja yang dijadwalkan, biasanya terjadi akibat kelalaian maupun kesalahan teknis pada saat beroperasi. Hambatan ini menyebabkan semakin berkurangnya waktu kerja effektif yang mengakibatkan rendahnya effisiensi kerja untuk mencapai rencana target produksi<sup>[2]</sup>.

Selain waktu kerja effektif, keserasian kerja alat mekanis memberi berpengaruh terhadap pencapaian produksi, yang berdampak terhadap mobilitas alat mekanis dalam melakukan pekerjaan. Keserasian kerja yang dimaksud adalah keserasian kerja secara bersama antara alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai kinerja optimal. Keserasian kerja alat mekanis ini bertujuan untuk meminimalisir waktu tunggu tanpa rencana pada saat beroperasi<sup>[3]</sup>.

Bertitik tolak dari penjelasan yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah suatu upaya untuk: (1) Memperoleh angka produksitivitas kerja 1 unit alat gali muat dan 5 unit alat angkut di penambangan batukapur Area 242 (Tajarang), (2) Mendapatkan upaya peningkatan waktu effektif kerja untuk mencapai target produksi pada penambangan batukapur di Area 242 (Tajarang), (3) Mendapatkan kebutuhan alat mekanis yang diperlukan untuk mengurangi waktu tunggu dengan menggunakan perhitungan teori antrian pada penambangan batukapur di Area 242 (Tajarang).

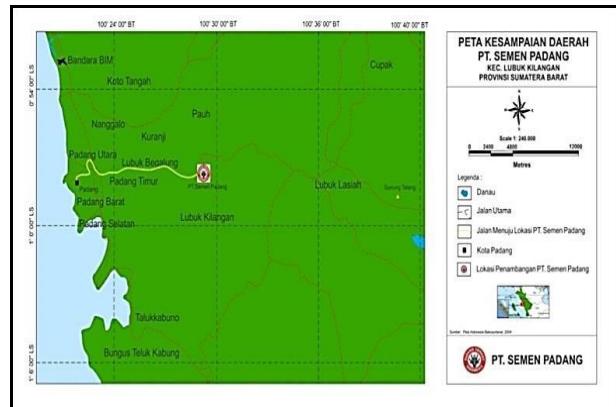
## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih terletak di Nagari Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Indarung, Padang, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi ini berada lebih kurang 15 Km di sebelah Timur Kota Padang seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada  $0^{\circ}38'30''$  LS sampai  $0^{\circ}50'30''$  LS dan  $101^{\circ}15'30''$  BT sampai  $101^{\circ}40'30''$  BT.

Daerah penelitian terletak di jalan utama yang menghubungkan kota Padang dan kota Solok. Lokasi penelitian dapat dicapai dari kota Padang lewat jalan darat beraspal dengan kendaraan roda empat sampai di lokasi kantor operasi tambang. Lokasi penambangan batukapur berada di Bukit Karang Putih yang terletak di Desa Karang Putih. Lokasi penambangan batukapur dapat diakses melalui jalan yang telah dibeton dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat. Batas daerah lokasi penambangan PT. Semen Padang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1<sup>[4]</sup>.

**Tabel 1.** Batas Daerah Lokasi Penambangan PT. Semen Padang

a	Batas Sebelah Utara	Kecamatan Pauh
b	Batas Sebelah Selatan	Kecamatan Lubuk Kilangan
c	Batas Sebelah Barat	Kota Padang
d	Batas Sebelah Timur	Kabupaten Solok



**Gambar 1.** Peta Kesampaian Daerah Penambangan Batukapur PT. Semen Padang

PT. Semen Padang memiliki 3 Area penambangan yang terdiri dari Area 242 (Tajarang), Area Pit Limit, dan Area Eksisting seperti diperlihatkan pada gambar 2. Pengambilan data dilakukan pada Area 242 (Tajarang) yang terletak pada ketinggian lebih kurang 700 – 600 Mdpl.



**Gambar 2.** Area Penambangan Batu Karang Putih PT. Semen Padang

## 3. Metodologi Penelitian

Waktu dan jadwal kegiatan penelitian dilakukan dari tanggal 10 Desember 2018 s/d 18 Januari 2019. Lokasi penelitian berada di Bukit Tajarang, Karang Putih, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah

metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan<sup>[5]</sup>.

### 3.2. Teknik Pengumpulan Data

#### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan pencarian bahan pustaka terhadap masalah yang akan dibahas meliputi studi tentang analisis mengenai produksi penambangan melalui berbagai percobaan, buku-buku, jurnal atau laporan studi yang sudah ada.

#### 3.2.2 Pengambilan Data

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan dua metoda pengambilan data. Pertama melakukan pengambilan data primer yang langsung berasal dari lokasi penelitian, berupa data waktu edar persiklus excavator dan waktu edar persiklus alat angkut untuk pengangkutan batukapur di Area 242 (Tajarang) serta waktu kerja effektif aktual operasi penambangan. Metoda ke dua pengambilan data sekunder yang berasal dari literatur dan pihak perusahaan, meliputi data target produksi, jam jalan aktual alat mekanis, spesifikasi alat mekanis, jumlah alat mekanis, dan peta lokasi penambangan. Kedua metoda tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah dalam upaya mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian.

#### 3.2.3 Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah menggunakan beberapa teori yang dijadikan acuan dalam menganalisis proses penambangan.

#### 3.2.4 Pembahasan

Pembahasan penelitian ini berupa kemampuan produktivitas alat aktual, upaya peningkatan waktu kerja effektif alat mekanis, dan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk pencapaian target produksi.

#### 3.2.5 Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan akhir dari kegiatan penelitian dengan melakukan penyusunan laporan berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengamatan, analisis data, dan pembahasan.

### 3.3 Teknik Analisis Data

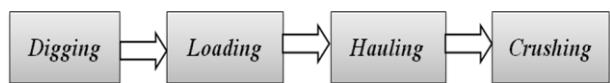
Analisis data dilakukan dengan teknik menggabungkan antara teori dan data lapangan, sehingga di dapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah data yang diperlukan diperoleh, kemudian dianalisa menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada literatur guna menyelesaikan permasalahan yang terjadi<sup>[5]</sup>.

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 4.1 Desain Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang

#### 4.1.1 Analisa Kerja

Operasi penambangan batukapur pada Area 242 (Tajarang) dimulai dari kegiatan menggali (*digging*) material untuk dimuat (*loading*) pada alat angkut yang dilakukan oleh alat gali muat. Setelah alat angkut terisi penuh, dilakukan pengangkutan (*hauling*) batukapur menuju lokasi penumpahan (*dumping*) pada *Limestone Crusher* VI untuk diremukkan (*Crushing*) guna mendapatkan ukuran material yang diinginkan, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Kegiatan Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang).

#### 4.1.2 Alat Mekanis

Proses penambangan batukapur pada Area 242 (Tajarang) menggunakan 1 unit alat gali muat *Excavator Hitachi EX2500-6* dengan kapasitas *bucket* sebesar 15 m<sup>3</sup> dan 5 alat angkut *Dump Truck Komatsu HD 785-7* dengan kapasitas *vessel* masing-masingnya sebesar 60 m<sup>3</sup>, seperti terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** *Excavator Hitachi EX 2500-6* dan *Dump Truck Komatsu HD 785-7*

#### 4.1.3 Ketersediaan Alat Mekanis

Sebelum melakukan perhitungan produktivitas alat mekanis untuk mencapai target produksi penambangan batukapur Area 242 (Tajarang), perlu diketahui terlebih dahulu ketersediaan dari alat mekanis untuk beroperasi yang dapat dianalisa berdasarkan jam jalan aktual alat mekanis<sup>[6]</sup>. Berdasarkan alat mekanis yang akan digunakan didapat jam jalan aktual alat seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jam Jalan Aktual Alat Mekanis

Alat	Repair Hours (Jam)	Working Hours (Jam)	Standby Hours (Jam)
Excavator Hitachi EX 2500-6	837,7	2405	4773,3
Dump Truck Komatsu HD 785-7	1376,5	4179	2460,5

Hasil analisa pengolahan data diperoleh faktor ketersediaan alat mekanis yang menunjukkan kesiapan operasi alat mekanis tersebut pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Ketersediaan Alat Mekanis

Alat	MA %	PA %	UA %
Excavator Hitachi EX 2500-6	74,2	89,6	33,5
Dump Truck Komatsu HD 785-7	75,2	82,8	62,9

Berdasarkan Tabel 3, diketahui alat gali muat *excavator* *Hitachi EX 2500-6* dan alat angkut *dump truck* *Komatsu HD 785-7* mempunyai kondisi mesin dan kondisi fisik alat yang baik, namun kondisi pengelolaan dan penggunaannya buruk dan perlu dimaksimalkan.

#### 4.1.4 Pola Pemuatan Batukapur

Pemuatan Batukapur menggunakan dua pola, *top loading* dan *single back up*. Pola *top loading* merupakan sebuah pola pemuatan berdasarkan kedudukan alat, yaitu *excavator* melakukan pemuatan dengan menempatkan alat *excavator* di atas jenjang dan *dump truck* berada di bawah. Pola pemuatan *single back up* berdasarkan jumlah penempatan *dump truck* memposisikan unit pada *loading point* untuk dimuat oleh *excavator*, sedangkan *dump truck* yang kedua menunggu *dump truck* pertama selesai melakukan pemuatan hingga penuh, begitu juga untuk *dump truck* selanjutnya<sup>[6]</sup>. Kedua pola tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Pemuatan Batukapur Area 242 (Tajarang)

#### 4.1.4 Kondisi Jalan Angkut

Proses pengangkutan batukapur dilakukan dari *front* penggalian batukapur Area 242 (Tajarang) menuju

*Limestone Crusher VI* yang terletak pada ketinggian lebih kurang 700 – 600 Mdpl dengan jarak lebih kurang 1.400 meter, yang kondisinya dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kondisi Jalan Angkut Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang)

Segmen	Beda Tinggi (Mdpl)	Jarak (Meter)	Grade (%)
A – B	-11,0	105,6	-10
B – C	-14,2	97,8	-15
C – D	-12,6	106,4	-12
D – E	-11,4	93,8	-11
E – F	-13,4	96,7	-14
F – G	-14,2	95,8	-14
G – H	-13,0	98,6	-12
H – I	-11,9	88,1	-15
I – J	-17,3	119,5	-16
J – K	-12,9	108,9	-13
K – L	-10,3	82,9	-12
L – M	-14,5	101,8	-14
M – N	-10,8	112,3	-11
N – O	-12,9	97,3	-11
O – P	-13,0	89,2	-13
P – Q	-12,5	116,1	-13
Q – R	-7,0	96,1	-10
R – S	-7,2	93,4	-5

Data Tabel 4 memperlihatkan kondisi jalan *front* penggalian batukapur Area 242 (Tajarang) menuju *Limestone Crusher VI* belum begitu baik. Hal ini dikarenakan masih banyaknya *grade* jalan pada beberapa segmen yang belum mencapai angka ideal untuk dilalui oleh alat angkut *dump truck* sebesar 8 – 10 %<sup>[7]</sup>.

## 4.2 Produktivitas Alat Mekanis Aktual

### 4.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Mekanis Aktual

#### 4.2.1.1 Waktu Kerja Effektif

Waktu Kerja Effektif adalah jumlah waktu sesungguhnya yang digunakan untuk melakukan operasi penambangan batukapur pada Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang. Waktu kerja effektif didapatkan dari waktu kerja rata-rata yang tersedia pada setiap *shift* sebesar 7,5 jam atau 450 menit/shift dikurangi dengan waktu hambatan yang terjadi saat operasi penambangan. Kondisi aktual di lapangan tidak semua waktu kerja yang telah direncanakan oleh perusahaan dapat dimanfaatkan secara optimal<sup>[2]</sup>.

Berdasarkan pengamatan waktu hambatan yang ditemukan di lapangan, maka waktu kerja effektif alat aktual pada aktivitas penambangan batukapur di Area 242 (Tajarang) dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Waktu Kerja Efektif Alat Mekanis Aktual Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang)

Jam Kerja	Jam Efektif (menit)	Jam Hambatan (menit)	Keterangan
7.00 – 7.30	0	30	Keterlambatan Operasi
7.30 – 8.00	0	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengisian Bahan Bakar</li> <li>• Pengecekan Alat</li> <li>• Safety Talk</li> <li>• Persiapan Operator</li> </ul>
8.00 – 11.45	225	0	Operasi Penambangan
11.45 – 12.00	0	15	Istirahat dipercepat dikarenakan persiapan operator untuk menuju kantor penambangan untuk makan siang, dikarenakan makan siang tidak disediakan oleh perusahaan.
12.00 – 13.00	0	60	ISHOMA
13.00 – 13.15	0	15	Operator belum mulai bekerja dikarenakan dibutuhkan waktu persiapan untuk kembali ke lokasi kerja.
13.15 – 14.50	95	0	Operasi Penambangan
14.50 – 15.00	0	10	Berhenti bekerja lebih awal untuk persiapan pergantian shift dan sholat ashar.
<b>Total</b>	<b>315</b>		

#### 4.2.1.2 Effisiensi Kerja

Sebelum melakukan analisa terhadap kemampuan produktivitas alat mekanis, perlu dilakukan perhitungan effisiensi kerja alat mekanis yang dapat dihitung dengan rumus berikut ini:<sup>[2]</sup>

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kerja Effektif Alat} &= 315 \text{ menit/shift} \\ \text{Waktu Tersedia} &= 450 \text{ menit/shift} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EU} &= \frac{\text{Waktu Kerja Effektif}}{\text{Waktu Tersedia}} \times 100\% \\ \text{EU} &= \frac{315 \text{ menit/shift}}{450 \text{ menit/shift}} \times 100\% \\ \text{EU} &= 70\% = 0,7 \end{aligned} \quad (1)$$

Dari hasil efisiensi kerja alat mekanis yang didapat menunjukkan kemampuan produktivitas alat mekanis dalam 60 menit atau 1 jam kerja sebesar 70%. Data ini memberikan interpretasi bahwa kemampuan produktivitas alat mekanis belum maksimal dan dapat ditingkatkan lagi.

#### 4.2.1.3 Swell Factor (SF)

*Swell factor* menunjukkan nilai perubahan berupa penambahan ataupun pengurangan volume material (Batukapur) yang telah digali<sup>[6]</sup>. Perbandingan antara *density bank* dengan *density loose* batukapur di Area 242 (Tajarang) sebesar 2,63 ton/m<sup>3</sup> (*density bank*) dan 1,55 ton/m<sup>3</sup> (*density loose*).

Berdasarkan data tersebut, didapatkan nilai *swell factor* material batukapur di Area 242 (Tajarang) dengan menggunakan rumus berikut:<sup>[6]</sup>

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\text{Density Loose} \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Density In situ} \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right)} \times 100\% \\ SF &= \frac{1,55 \text{ ton/m}^3}{2,63 \text{ ton/m}^3} \times 100\% \\ SF &= 59\% = 0,59 \end{aligned} \quad (2)$$

#### 4.2.1.4 Bucket Fill Factor (k)

Nilai Bucket Fill Factor pada penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) dengan besaran nilai 0,8 atau 80% dari kapasitas bucket, dikarenakan material berbentuk kerikil dan bongkahan yang sulit untuk digali tetapi mampu dimuat oleh bucket alat gali muat hingga kondisi hampir munjung<sup>[2]</sup>.

#### 4.2.1.5 Jumlah Pengisian Bucket (n)

Jumlah Pengisian Bucket merupakan jumlah siklus pemuat material (Batukapur) oleh alat gali muat untuk mengisi vessel alat angkut hingga terisi penuh<sup>[2]</sup>.

Berdasarkan pengamatan penulis dilapangan, jumlah pengisian bucket alat gali muat untuk mengisi vessel alat angkut hingga penuh rata – rata sebanyak 5 kali pengisian.

#### 4.2.1.6 Waktu Edar Alat Mekanis (Cycle Time)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan alat berat untuk menyelesaikan suatu proses gerakan: mulai dari gerakan awal hingga akhir dan kembali keawal<sup>[2]</sup>. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan perhitungan, terdapat waktu tunggu alat angkut (*delay*) yang disebabkan oleh jumlah alat angkut yang melebihi kemampuan pelayanan dari alat gali muat, sehingga menyebabkan bertambahnya waktu edar (*cycle time*) alat angkut. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan perhitungan, didapatkan waktu edar aktual alat mekanis, dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Waktu Edar Alat Mekanis Aktual

Alat	Waktu Siklus (detik)	Delay (detik)	Waktu Siklus aktual (detik)
Excavator Hitachi EX2500-6	39,94	0	39,94
Dump Truck Komatsu HD 785-7	846,09	356,40	1.202,49

#### 4.2.2 Kemampuan Produktivitas Alat Mekanis Aktual

Berdasarkan hasil analisa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Rekapitulasi Data Aktual Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Jenis Alat	Jumlah Alat (unit)	Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	Bucket Fill Factor (%)	Effisiensi Kerja (%)	Waktu Siklus Aktual (detik)
Excavator Hitachi EX2500-6	1	15	80	70	39,94
Dump Truck Komatsu HD 785-7	5	15	80	70	1.202,49

##### 4.2.2.1 Kemampuan Produktivitas Alat Gali Muat Aktual

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh besar produktifitas aktual 1 unit alat gali muat *excavator Hitachi EX2500-6* dengan menggunakan analisa berikut:<sup>[2]</sup>

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm} \quad (3)$$

$$Q = \frac{(q_1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(15 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \text{ detik} \times 0,7}{39,94 \text{ detik}}$$

$$Q = 757,14 \text{ bcm/jam}$$

$$Q = 757,14 \text{ bcm/jam} \times SF \times Db$$

$$Q = 757,14 \text{ bcm/jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$Q = 1,174,85 \text{ ton/jam}$$

##### 4.2.2.2 Kemampuan Produktivitas Alat Angkut Aktual

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh besar produktifitas aktual 5 unit alat angkut *dump truck Komatsu HD 785-7* dengan menggunakan analisa berikut:<sup>[2]</sup>

$$P = \frac{C \times 3600 \times EU}{CTm} \quad (4)$$

$$P = \frac{(n \times q_1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$P = \frac{(5 \times 15 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \text{ detik} \times 0,7}{1.202,49 \text{ detik}}$$

$$P = 125,74 \text{ bcm/jam}$$

$$P = 125,74 \text{ bcm/jam} \times Sf \times Db$$

$$P = 125,74 \text{ bcm/jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$P = 195,11 \text{ ton/jam}$$

$$P = 195,11 \text{ ton/jam} \times 5 \text{ unit}$$

$$P = 975,55 \text{ ton/jam}$$

Berdasarkan analisa, produktivitas aktual alat mekanis belum mampu mencapai target produksi yang direncanakan sebesar 1.200 ton/jam. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Produktivitas Aktual Alat Mekanis Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang)

Jenis Alat	Produktivitas (ton/jam)	Target Produksi (ton/jam)	Persentase Ketercapaian (%)
Excavator Hitachi EX 2500-6	1.174,85	1.200	97,9
Dump Truck Komatsu HD 785-7	975,55	1.200	81,3

#### 4.3 Keserasian Kerja Alat Mekanis Aktual (Match Factor)

Keserasian kerja alat mekanis dapat dianalisa berdasarkan data waktu edar alat mekanis (cycle time) jumlah dari masing-masing alat yang bekerja, dan banyak siklus pengisian oleh alat gali muat untuk mengisi alat angkut hingga penuh. Nilai keserasian kerja alat mekanis dianalisa dengan rumus sebagai berikut:<sup>[8]</sup>

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah alat angkut (Na)} &= 5 \text{ unit} \\ \text{Jumlah alat gali muat (Nm)} &= 1 \text{ Unit} \\ \text{Banyak pengisian (n)} &= 5 \\ \text{Waktu edar alat gali muat (Ctm)} &= 39,94 \text{ detik} \\ \text{Waktu edar alat angkut (Cta)} &= 846,09 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$MF = \frac{Na \times (n \times Ctm)}{Nm \times Cta} \quad (5)$$

$$MF = \frac{5 \text{ unit} \times (5 \times 39,94 \text{ detik})}{1 \text{ unit} \times 846,09 \text{ detik}}$$

$$MF = 1,18$$

Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis aktual lebih dari 1, berarti faktor kerja alat gali muat sudah mampu mencapai 100% sedangkan faktor kerja alat angkut belum mampu mencapai 100%. kemampuan alat angkut belum mampu dilayani oleh alat gali muat yang menyebabkan terjadinya waktu tunggu (antrian) pada alat angkut<sup>[8]</sup>.

#### 4.4 Rencana Perbaikan Produktivitas Alat Mekanis

##### 4.4.1 Perbaikan Waktu Kerja Efektif Alat Mekanis

Menurut pengamatan dan analisa yang telah dilakukan, operasi penambangan pada saat ini belum mampu untuk mencapai waktu kerja efektif yang telah direncanakan. Rendahnya waktu kerja efektif menyebabkan effisiensi

kerja alat pun juga ikut rendah. Hal ini disebabkan oleh adanya hambatan-hambatan yang tidak direncakan<sup>[2]</sup>.

Upaya peningkatan waktu kerja efektif alat dapat dilakukan dengan cara meminimalisir dan menghilangkan hambatan yang tidak direncanakan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Kemungkinan Penambahan Waktu Kerja Effektif

Hambatan yang diperbaiki	Menit/Shift		
	Sebelum ditekan	Sesudah ditekan	Penambahan waktu kerja effektif
Keterlambatan operasi	30	0	30
Berhenti bekerja sebelum istirahat	15	0	15
Mulai berkerja lebih lama setelah istirahat	20	0	20
Berhenti bekerja sebelum jadwal pulang	10	5	5
<b>Total waktu</b>			<b>70</b>

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kerja Effektif} &= 315 \text{ menit/shift} + 70 \text{ menit/shift} \\ &= 385 \text{ menit/shift} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Effisiensi Kerja Setelah Perbaikan

Berdasarkan perbaikan waktu kerja effektif seperti terlihat pada Tabel 9, diperoleh effisiensi kerja penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) dengan analisa berikut:<sup>[2]</sup>

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kerja Efektif Alat} &= 385 \text{ menit/shift} \\ \text{Waktu Tersedia} &= 450 \text{ menit/shift} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EU} &= \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Tersedia}} \times 100\% \\ &= \frac{385 \text{ menit/shift}}{450 \text{ menit/shift}} \times 100\% \\ \text{EU} &= 86\% = 0,86 \end{aligned} \quad (6)$$

#### 4.4.3 Analisis Kebutuhan Alat Angkut

Analisa kebutuhan alat mekanis bertujuan untuk memperbaiki keserasian kerja (MF=1) antara 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX2500-6 dan 5 unit alat angkut dump truck Komatsu HD 785-7 yang bekerja pada penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) guna melihat berapa unit alat angkut yang mampu dilayani oleh 1 unit alat gali muat. Analisis kebutuhan alat angkut ini dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi teori antrian<sup>[9]</sup>.

#### 4.4.3.1 Penentuan Model Antrian

Berdasarkan pengamatan dilapangan barisan antrian termasuk ukuran kedatangan secara terbatas dan hanya dilayani oleh 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX2500-6. Sistem ini merupakan pelayanan tunggal (*single server*) dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani (*FCFS = first come first service*)<sup>[9]</sup>.

#### 4.4.3.2 Keadaan Sistem Pelayanan

Keadaan sistem pelayanan ditentukan oleh jumlah dan keadaan antrian alat angkut sebagai pelanggan yang terdiri dari 4 tahap sebagai berikut:

Tahap 1

merupakan tahap pelayanan alat gali-muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh.

Tahap 2

merupakan tahap pelayanan sendiri yaitu tahap dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkut material menuju Limestone Crusher VI.

Tahap 3

merupakan tahap alat angkut menumpahkan material di Limestone Crusher VI.

Tahap 4

merupakan tahap pelayanan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan kembali ke front loading.

#### 4.4.3.3 Simulasi Teori Antrian

##### 4.4.3.3.1 Penentuan Tingkat Pelayanan

###### 4.4.3.3.1.1 Tahap 1 (T1)

$$\begin{aligned} T1 &= \text{Waktu Penempatan} + \text{Waktu Pengisian} \\ &= 5,04 \text{ menit} + (0,67 \text{ menit} \times 5 \text{ bucket excavator}) \\ &= 8,39 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{1}{8,39 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \\ &= 7,15 \text{ truk/jam} = 8 \text{ truk/jam} \end{aligned} \quad (7)$$

###### 4.4.3.3.1.2 Tahap 2 (T2)

$$\begin{aligned} T2 &= \text{Waktu perjalanan alat angkut bermuatan} \\ &= 5,72 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \frac{1}{5,72 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \\ &= 10,48 \text{ truk/jam} = 11 \text{ truk/jam} \end{aligned} \quad (8)$$

###### 4.4.3.3.1.3 Tahap 3 (T3)

$$\begin{aligned} T3 &= \text{waktu dumping} \\ &= 0,51 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_3 &= \frac{1}{0,51 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \\ &= 117,65 \text{ truk/jam} = 118 \text{ truk/jam} \end{aligned} \quad (9)$$

#### 4.4.3.3.1.4 Tahap 4 (T4)

$$\begin{aligned}
 T4 &= \text{waktu perjalanan alat angkut tidak bermuatan} \\
 &= 3,47 \text{ menit/truk} \\
 &\quad \underline{1} \\
 \mu_4 &= \underline{3,47 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (10) \\
 &= 17,29 \text{ truk/jam} = 18 \text{ truk/jam}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3.3.2 Probabilitas Keadaan Antrian

Jumlah alat angkut (N) yang dilayani oleh 1 unit excavator Hitachi EX2500-6 adalah 5 unit dump truck Komatsu HD 785-7 dengan 4 tahap antrian (M). Banyaknya kemungkinan keadaan antrian adalah:<sup>[9]</sup>

$$\frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} = \frac{(5+4-1)!}{(4-1)!(5)!} = 56 \text{ keadaan} \quad (11)$$

Penghitungan koefisien tiap keadaan sistem, untuk koefisien  $P(0,0,0,5)$  digunakan rumus:<sup>[9]</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien } P(0,0,0,5) &= \frac{\mu_1^{(N-n_1)} \mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} \mu_4^{n_4}}{8^{(5-n)}} \quad (12) \\
 \text{Koefisien } P(0,0,0,5) &= \frac{0! 11^0 118^0 5! 18^5}{8^5} \\
 \text{Koefisien } P(0,0,0,5) &= \frac{(1)(1)(1)(120)(1.889.568)}{32.768} \\
 \text{Koefisien } P(0,0,0,5) &= (226.748.160) \\
 \text{Koefisien } P(0,0,0,5) &= \underline{\mathbf{0,0001445}}
 \end{aligned}$$

Cara ini digunakan untuk setiap koefisien keadaan sistem hingga keadaan  $P(2,1,1,1)$ . Pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa koefisien  $P(5,0,0,0)$  bernilai 1 sehingga menjadi dasar untuk menghitung probabilitas masing-masing keadaan sistem. Jumlah koefisien seluruh keadaan sistem 3,4429033 maka untuk probabilitas keadaan adalah sebagai berikut:<sup>[9]</sup>

$$\frac{1}{3,4429033} = \underline{\mathbf{0,2904525}} \quad (13)$$

Sehingga probabilitas tiap keadaan sistem yang berada pada Tabel 10 dapat dihitung seperti contoh dibawah ini:<sup>[9]</sup>

$$\begin{aligned}
 P(0,0,0,5) &= \text{koefisien } P(0,0,0,5) \times P(5,0,0,0) \\
 P(0,0,0,5) &= 0,0001445 \times 0,2904525 \\
 P(0,0,0,5) &= \underline{\mathbf{0,000420}}
 \end{aligned} \quad (14)$$

Berdasarkan analisa tersebut didapat probabilitas keadaan sistem yang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Probabilitas Keadaan

Nomor Keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	5	0,0001445	0,0000420
2	0	0	5	0	0,0000014	0,0000004
3	0	5	0	0	0,0016955	0,0004925
4	5	0	0	0	1,0000000	0,2904525
5	0	0	1	4	0,0001102	0,0000320
6	0	1	0	4	0,0011824	0,0003434
7	1	0	0	4	0,0016258	0,0004722
8	0	1	4	0	0,0000154	0,0000045
9	1	0	4	0	0,0000211	0,0000061
10	0	0	4	1	0,0000094	0,0000027
11	1	4	0	0	0,0116368	0,0033857
12	0	4	1	0	0,0007903	0,0002295
13	0	4	0	1	0,0051808	0,0015048
14	4	1	0	0	0,7272727	0,2112382
15	4	0	1	0	0,0677966	0,0196917
16	4	0	0	1	0,4444444	0,1290900
17	0	0	2	3	0,0000673	0,0000195
18	0	2	0	3	0,0038696	0,0011239
19	2	0	0	3	0,0146319	0,0042499
20	0	2	3	0	0,0000824	0,0000029
21	2	0	3	0	0,0003116	0,0000905
22	0	0	3	2	0,0000308	0,0000089
23	2	3	0	0	0,0641122	0,0186215
24	0	3	2	0	0,0002947	0,0000856
25	0	3	0	2	0,0063321	0,0018392
26	3	2	0	0	0,2644628	0,0768139
27	3	0	2	0	0,0045964	0,0013350
28	3	0	0	2	0,0987654	0,0286867
29	0	1	1	3	0,0007215	0,0002095
30	1	0	1	3	0,0009920	0,0002881
31	1	1	0	3	0,0106414	0,0030908
32	1	1	3	0	0,0002266	0,0000658
33	1	0	3	1	0,0001385	0,0000402
34	0	1	3	1	0,0001007	0,0000293
35	1	3	1	0	0,0043466	0,0012625
36	0	3	1	1	0,0019318	0,0005611
37	1	3	1	0	0,0043466	0,0012625
38	3	1	1	0	0,0493066	0,0143212
39	3	1	0	1	0,3232323	0,0938836
40	3	0	1	1	0,0301318	0,0087519
41	0	2	2	1	0,0005403	0,0001569
42	2	0	2	1	0,0020428	0,0005933
43	2	2	0	1	0,1175390	0,0341395
44	2	2	1	0	0,0179297	0,0052077
45	0	2	1	2	0,0017708	0,0005143
46	2	2	1	0	0,0179297	0,0052077
47	2	1	2	0	0,0033428	0,0009709
48	2	1	0	2	0,0718294	0,0208630
49	0	1	2	2	0,0003302	0,0000959
50	1	2	2	0	0,0012156	0,0003531
51	1	2	0	2	0,0261198	0,0075866
52	1	0	2	2	0,0004540	0,0001319
53	1	1	1	2	0,0048698	0,0014144
54	1	1	2	1	0,0014857	0,0004315
55	1	2	1	1	0,0079687	0,0023145
56	2	1	1	1	0,0219141	0,0063650
Total				3,4429033	0,9999999	

#### 4.4.3.3.3 Perhitungan $Lq1$ , $Lq3$ , $\eta$ , $\Theta$ , $Wq1$ dan $Wq3$

##### 4.4.3.3.3.1 $Lq1$

Merupakan antrian alat angkut saat akan dimuat oleh alat gali muat dengan syarat  $n1 > 1^{[10]}$ .

$$Lq1 = (1 \times \sum(\text{Probabilitas keadaan } 19, 21, 23, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 56)) + (2 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 26, 27, 28, 38, 39, 40)) + (3 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 14, 15, 16)) + (4 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 4)) \quad (15)$$

$$Lq1 = 2,7857636 \text{ truk} = 3 \text{ truk}$$

##### 4.4.3.3.3.2 $Lq3$

Merupakan Antrian Alat angkut saat akan menumpahkan material ke crusher dengan syarat  $n3 > 1^{[10]}$ .

$$Lq3 = (1 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 17, 24, 27, 41, 42, 47, 49, 50, 52, 54)) + (2 \times \sum(\text{Probabilitas keadaan } 20, 21, 22, 32, 33, 34)) + (3 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 8, 9, 10)) + (4 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 2)) \quad (16)$$

$$Lq3 = 0,0037616 \text{ truk} = 1 \text{ truk}$$

##### 4.4.3.3.3.3 $\eta$

Merupakan tingkat kesibukan pelayanan dari sebuah sistem. Pelayanan sistem hanya terjadi pada tahap 1, maka tingkat kesibukan pelayanan sistem sama dengan tingkat kesibukan pelayanan pada tahap 1 yang dapat dianalisa dengan syarat  $n1=0^{[10]}$ .

$$\eta = \eta_1 = 1 - \sum(\text{probabilitas keadaan } 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 29, 34, 36, 41, 45, 49) \quad (17)$$

##### 4.4.3.3.3.4 $\Theta$

Merupakan jumlah pelanggan yang dapat dilayani pada pelayanan sistem. Pada tahap 1 tingkat pelanggan yang dapat dilayani dapat dianalisa sebagai berikut:  $^{[10]}$

$$\Theta = \eta_1 \times \mu_1 = 0,9926800 \times 7 \text{ truk/jam} \quad (18)$$

$$\Theta = 7,9414403 \text{ truk/jam} = 8 \text{ truk/jam}$$

##### 4.4.3.3.3.5 $Wq1$

Merupakan waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat pengisian maetrial batukapur di *front loading* dianalisa sebagai berikut:  $^{[10]}$

$$Wq1 = \frac{Lq1}{\Theta} = \frac{2,7857636 \text{ truk}}{7,9414403 \text{ truk/jam}} = 0,3507882 \text{ jam} \quad (19)$$

$$Wq1 = 21,04 \text{ menit}$$

##### 4.4.3.3.6 $Wq3$

Merupakan waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat penumpahan maetrial batukapur di Limestone Crusher VI yang dapat dianalisa sebagai berikut:  $^{[10]}$

$$Wq3 = \frac{\frac{Lq3}{\Theta}}{0,003639 \text{ truk}} = \frac{0,003639 \text{ truk}}{6,9693706 \text{ truk/jam}} \quad (20)$$

$$Wq3 = 0,0004737 \text{ jam} = 0,028422 \text{ menit}$$

#### 4.4.3.3.4 Waktu Edar Alat Angkut

Berdasarkan simulasi teori antrian, dapat dianalisa waktu siklus alat angkut sebagai pelanggan dalam sistem pelayanan dengan rumus berikut:  $^{[10]}$

$$\begin{aligned} CT &= \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} + Wq1 + Wq3 \quad (21) \\ &= \frac{1}{8} + \frac{1}{11} + \frac{1}{118} + \frac{1}{17} + 0,3507882 \text{ jam} + \\ &0,0004737 \text{ jam} \\ CT &= 0,6312011 \text{ jam} = 37,87 \text{ menit} \end{aligned}$$

#### 4.4.3.3.5 Tingkat Kedatangan Pelanggan

Tingkat kedatangan pelanggan menunjukkan rata-rata kedatangan pelanggan perjam untuk dilayani oleh pelayanan sistem. Tingkat kedatangan setiap pelanggan perjam dapat di analisa dengan rumus berikut:  $^{[10]}$

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_1 = \frac{\frac{1}{CT}}{1} = \frac{1}{0,6312011 \text{ jam/truk}} \quad (22) \\ \lambda &= 1,58 \text{ truk/jam} = 2 \text{ truk/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan tingkat kedatangan pelanggan perjam, dapat diketahui jumlah ideal pelanggan yang mampu untuk dilayani oleh sistem pelayanan perjam dengan analisa sebagai berikut:  $^{[10]}$

$$\begin{aligned} N &= \frac{\lambda}{\mu_1} = \frac{1}{8 \text{ truck/jam}} = 2 \text{ truck/jam} \quad (23) \\ N &= 4 \text{ unit} \end{aligned}$$

Hasil analisa tersebut memperlihatkan bahwa 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX2500-6 sebagai sebuah sistem pelayanan idealnya mampu untuk melayani 4 unit dump truck Komatsu HD 785-7.

#### 4.4.4 Keserasian Alat Mekanis Setelah Perbaikan

Setelah diketahui bahwa 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX2500-6 mampu melayani 4 unit dump truck Komatsu HD 785-7, maka keserasian kerja yang didapat adalah sebagai berikut:<sup>[8]</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat angkut (Na)} &= 4 \text{ unit} \\
 \text{Jumlah alat gali muat (Nm)} &= 1 \text{ Unit} \\
 \text{Banyak pengisian (n)} &= 5 \\
 \text{Waktu edar alat gali muat (Ctm)} &= 39,94 \text{ detik} \\
 \text{Waktu edar alat angkut (Cta)} &= 846,09 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MF} &= \frac{\text{Na} \times (\text{n} \times \text{Ctm})}{\text{Nm} \times \text{Cta}} \\
 &= \frac{4 \text{ unit} \times (5 \times 39,94 \text{ detik})}{1 \text{ unit} \times 846,09 \text{ detik}} \\
 \text{MF} &= 0,94
 \end{aligned} \tag{24}$$

Berdasarkan analisa keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut setelah perbaikan, didapat perbandingan keserasian kerja seperti pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Perbandingan Keserasian Kerja Alat Gali Muat

Kondisi	Hasil	MF=1	Selisih
Aktual	1,18	1	0,18
Perbaikan	0,94	1	0,06

Data Tabel 11 dapat dilihat bahwa selisih perbandingan keserasian kerja setelah perbaikan lebih kecil. Ini menunjukkan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut setelah perbaikan sudah hampir mendekati kondisi ideal kerja alat gali muat dan alat angkut mendekati 100% dan tidak ada waktu tunggu lagi bagi kedua alat mekanis tersebut<sup>[8]</sup>.

#### 4.4.5 Kemampuan Alat Mekanis Setelah Perbaikan

Berdasarkan hasil analisa perbaikan faktor yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Rekapitulasi Data Perbaikan Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Jenis Alat	Jumlah Alat (unit)	Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	Bucket Fill Factor (%)	Effisiensi Kerja (%)	Waktu Siklus Perbaikan (detik)
Excavator Hitachi EX2500-6	1	15	80	86	39,94
Dump Truck Komatsu HD 785-7	4	15	80	86	846,09

#### 4.4.5.1 Kemampuan Alat Gali Muat Setelah Perbaikan

Berdasarkan Tabel 12, maka dapat diperoleh besar produktivitas setelah perbaikan 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX2500-6 dengan menggunakan analisa berikut:<sup>[2]</sup>

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times \text{EU}}{\text{CTm}} \\
 Q &= \frac{(q_1 \times k) \times 3600 \times \text{EU}}{\text{CTm}} \\
 Q &= \frac{(15 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \text{ detik} \times 0,86}{39,94 \text{ detik}} \\
 Q &= 930,19 \text{ bcm/jam} \\
 Q &= 930,19 \text{ bcm/jam} \times \text{SF} \times \text{Db} \\
 Q &= 930,19 \text{ bcm/jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm} \\
 Q &= 1.443,38 \text{ ton/jam}
 \end{aligned} \tag{25}$$

#### 4.4.5.2 Kemampuan Alat Angkut Setelah Perbaikan

Berdasarkan Tabel 13, diperoleh besar produktivitas setelah perbaikan 4 unit alat angkut dump truck Komatsu HD 785-7 dengan menggunakan analisa berikut:<sup>[2]</sup>

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{C} \times 3600 \times \text{EU}}{\text{CTm}} \\
 P &= \frac{(n \times q_1 \times k) \times 3600 \times \text{EU}}{\text{CTm}} \\
 P &= \frac{(5 \times 15 \text{ m}^3 \times 0,8) \times 3600 \text{ detik} \times 0,86}{846,09 \text{ detik}} \\
 P &= 219,55 \text{ bcm/jam} \\
 P &= 219,55 \text{ bcm/jam} \times \text{Sf} \times \text{Db} \\
 P &= 219,55 \text{ bcm/jam} \times 0,59 \times 2,63 \text{ ton/bcm} \\
 P &= 340,68 \text{ ton/jam} \\
 P &= 340,68 \text{ ton/jam} \times 4 \text{ unit} \\
 P &= 1.362,72 \text{ ton/jam}
 \end{aligned} \tag{26}$$

Berdasarkan analisa perbaikan faktor yang membengaruhi produktivitas alat mekanis, maka dapat dilihat perbandingan produktivitas dalam mencapai target produksi 1.200 ton/jam pada penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Rekapitulasi Produktivitas Alat Mekanis Penambangan Batukapur Area 242 (Tajarang) Setelah Perbaikan

Jenis Alat	Produktivitas Aktual (ton/jam)	Produktivitas Perbaikan (ton/jam)	Target Produksi (ton/jam)
Excavator Hitachi EX 2500-6	1.174,85	1.443,38	1.200
Dump Truck Komatsu HD 785-7	975,55	1.362,72	1.200

Data Tabel 13, dapat dilihat kemampuan produktivitas 1 unit alat gali muat excavator Hitachi EX 2500-6 dan 4 unit alat angkut dump truck Komatsu HD

785-7 sudah mampu mencapai target produksi 1.200 ton/jam pada penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Kemampuan produktivitas aktual 1 unit alat gali muat *excavator Hitachi EX2500-6* dan 5 unit alat angkut *dump truck Komatsu HD 785-7* di penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) adalah 1.174,85 ton/jam dan 975,55 ton/jam yang menunjukkan produktivitas kedua alat mekanis belum mampu mencapai target produksi perusahaan sebesar 1.200 ton/jam yang diakibatkan oleh rendahnya waktu kerja effektif dan terjadinya ketidaksesuaian kerja alat mekanis.
2. Upaya peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan menambahkan waktu kerja effektif kedua alat mekanis dengan meminimalisir waktu hambatan yang tidak direncanakan oleh perusahaan sehingga effisiensi kerja kedua alat mekanis tersebut mampu mencapai angka 86% perjamnya.
3. Setelah dilakukannya analisa kebutuhan alat dengan menggunakan perhitungan teori antrian didapatkan jumlah alat angkut *dump truck Komatsu HD 785-7* yang mampu dilayani oleh 1 unit alat gali muat *excavator Hitachi EX2500-6* sebanyak 4 unit agar tidak terjadinya waktu tunggu pada alat angkut tersebut sehingga didapatkan peningkatan kemampuan produktivitas aktual 1 unit alat gali muat *excavator Hitachi EX2500-6* dan 5 unit alat angkut *dump truck Komatsu HD 785-7* di penambangan batukapur Area 242 (Tajarang) adalah 1.443,38 ton/jam dan 1.362,72 ton/jam yang menunjukkan produktivitas kedua alat mekanis sudah mampu mencapai target produksi perusahaan sebesar 1.200 ton/jam.

### 5.2 Saran

1. Diperlukan disiplin kerja untuk mengurangi hambatan yang tidak direncanakan guna mengoptimalkan operasional penambangan, seperti penerapan sanksi bagi keterlambatan kerja, sistem penggajian yang memotivasi karyawan, penyediaan makan siang agar waktu yang dipakai untuk istirahat dapat diminimkan, karena dapat berdampak kepada waktu efektif kerja pada operasional penambangan untuk mencapai target produksi.
2. Berdasarkan analisa keserasian kerja (match factor) alat mekanis aktual sebesar 1,18 ( $MF > 1$ ) dan kesiapan kerja alat mekanis, perusahaan perlu mengkaji kembali kebutuhan alat yang diperlukan dan keserasian kerja alat dalam satu *fleet* untuk mencapai produktivitas yang maksimal.

## Daftar Pustaka

- [1] Rifki, I., & Anaperta, Y. M. (2018). Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Clay Area 242 PT. Semen Padang. *Bina Tambang*, 3(3).
- [2] Rochmanhadi, I. (1992). Kapasitas dan produksi alat-alat berat. *Badan Penerbit Pekerjaan Umum. YBPPU. Jakarta*.
- [3] Febrianto, A. (2016). *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan* (Doctoral dissertation, UPN "Veteran" Yogyakarta).
- [4] Herlita, P., & Murad, M. (2018). Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Soil di Area 242 Dengan Penerapan Metoda Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi Clay 3000 Ton/hari. *Bina Tambang*, 3(3), 1310-1319.
- [5] Sugiyono, C. M. M., & Skripsi, T. (2013). Disertasi.
- [6] Indonesianto, Y. (2005). Pemindahan Tanah Mekanis. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta*.
- [7] Nasrul, F. F., & Ansosry, A. (2019). Evaluasi Pengaruh Geometri Hauling Road Batubara Terhadap Produksi Dump Truck Iveco 380 Trakker Dari Pit Sari Menuju Stockpile PT. Adimitra Baratama Nusantara, Sangasanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 4(1), 114-123.
- [8] Prasmono, A. V., & Hasibuan, S. Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat dalam Rangka Produktifitas dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur. *Operations Excellence*, 10(1), 1-16.
- [9] Elvionita, D. R., Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M. (2018). Kajian Sistem Kerja Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Dengan Penerapan Metoda Antrian Di Pit Taman Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Bina Tambang*, 3(2), 819-834.
- [10] Safitri, Y., & Murad, M. (2018). Analisis Manajemen Fleet Pada Kegiatan Produksi Batu Andesit Dalam Penerapan Metoda Antrian di PT Koto Alam Sejahtera, Kabupaten Lima Puluh Kota. *Bina Tambang*, 3(4), 1482-1491.