

# Analisis Biaya Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut Menggunakan Teori Antrean di Pt Harfia Graha Perkasa, Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan

Nataniel Deo Pune<sup>1</sup>, Aryanti Virtanti Anas<sup>\*1</sup>, Rini Novrianti Sutardjo Tui<sup>1</sup>, Rizki Amalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

\*E-mail: aryantiv@unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112022.01

## Abstrak

PT Harfia Graha Perkasa merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi material konstruksi. Material konstruksi yang digunakan dikelola sendiri oleh perusahaan dengan menggunakan *stone crusher* yang terletak di Desa Bontojai, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Produk yang dihasilkan berupa debu batu, *split 1/2"*, dan *split 2/3"*. Proses produksi menggunakan satu unit alat gali muat Kobelco SK-200 yang melayani tujuh unit alat angkut yaitu Hino 500 dan Mitsubishi Fuso 220PS. Pada area *loading point* dan *dumping point*, sering terjadi antrean alat angkut yang menunggu untuk dilayani. Dampak terjadinya antrean yaitu berkurangnya waktu kerja efektif sehingga memengaruhi biaya konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan jumlah alat angkut yang dibutuhkan menggunakan Teori Antrean dan menghitung biaya bahan bakar alat angkut. Data menunjukkan bahwa total waktu edar aktual alat angkut 55,2 menit dan waktu kerja efektif 1,84 jam/hari serta biaya konsumsi bahan bakar Hino 500 Rp433.836,00/bulan dan Mitsubishi Fuso 220PS Rp385.632,00/bulan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan Teori Antrean alat angkut dapat dikurangi menjadi empat unit. Perbaikan waktu hambatan termasuk waktu antrean menyebabkan waktu edar menjadi 16,8 menit dan waktu kerja efektif menjadi 7,25 jam/hari sehingga total biaya konsumsi bahan bakar dalam satu bulan untuk Hino 500 sebesar Rp6.115.883,00 dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar Rp1.349.712,00.

## Abstract

**Analysis of Fuel Consumption Costs for Hauler Using Queuing Theory at PT Harfia Graha Perkasa, Gowa Regency South Sulawesi Province.** PT Harfia Graha Perkasa is a company engaged in producing construction materials. The self-regulated production utilizes a stone crusher. The production is located in Bontojai Village, Parangloe District, Gowa Regency, South Sulawesi Province. The products produced are ash, split 1/2' and split 2/3'. The production process uses one unit of Kobelco SK-200 loader, which serves seven units of the hauler. The haulers consist of Hino 500 and Mitsubishi Fuso 220PS. At the loading and dumping point areas, the haulers often have to queue to be served. The queuing leads to decreasing effective working time, and it affects the cost of fuel consumption. This study aims (1) to determine the amount of transportation equipment needed using the queuing theory and (2) to calculate the fuel cost of the haulers. The actual cycle time of the hauler is 55.2 minutes, and the effective working time of the hauler is 1.84 hours/day. The fuel consumption of the Hino 500 is IDR433,836.00/month, and for the Mitsubishi Fuso 220PS is IDR385,632.00/month. The analysis indicates that the hauler should be reduced to four units. Reducing the number of haulers would improve the delay time, including queuing time. Therefore, the cycle time becomes 16.8 minutes, and the effective working time of the hauler becomes 7.25 hours/day. The cost of fuel consumption in one month for the Hino 500 would be IDR6,115.883.00 and for the Mitsubishi Fuso 220PS would be IDR1,349,712.00.

**Kata Kunci:** Teori antrean, waktu edar, biaya konsumsi bahan bakar, efisiensi kerja, alat angkut

## 1. Pendahuluan

PT Harfia Graha Perkasa merupakan perusahaan yang menyediakan jasa pembangunan konstruksi meliputi konstruksi jalan, jembatan, gedung, dan konstruksi bangunan air. *Stone crusher* merupakan alat untuk mereduksi ukuran bahan galian tambang yang berukuran bongkah menjadi ukuran lebih kecil yang diinginkan. Pada area *loading point*

sering terjadi antrean alat angkut untuk dilayani oleh alat muat demikian juga pada area *dumping point* karena menunggu giliran untuk melakukan penumpahan material ke *hopper*. Dampak dari terjadinya antrean terus menerus yaitu berkurangnya waktu kerja efektif sehingga efisiensi kerja juga akan menurun [1].

Antrean yang terjadi pada area *loading point* dan *dumping point* dapat dianalisis menggunakan Teori Antrean. Teori Antrean

dapat digunakan untuk membuat keputusan berapa jumlah alat angkut dan alat muat yang serasi [2]. Tujuan penggunaan Teori Antrean adalah menciptakan sistem antrean yang dapat mengatasi pelayanan yang fluktuatif secara acak dan menjaga keseimbangan antara biaya pelayanan dan biaya menunggu [3]. Oleh karena itu fokus penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah kebutuhan alat angkut yang diperlukan dalam kegiatan peremukan batuan pada *crusher* 03 dengan menggunakan Teori Antrean dan untuk mengetahui biaya bahan bakar alat angkut.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Alat Gali Muat

Alat gali muat atau *excavator* merupakan alat yang digunakan untuk menggali material dan akan memuatnya ke dalam alat angkut. Kegiatan alat gali muat dimulai dari menggali material, mengayun saat bermuatan, menumpahkan material ke dalam *bucket* alat angkut, dan mengayun tanpa muatan yang dilakukan secara terus-menerus. Waktu yang diperlukan alat gali muat untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai kembali disebut waktu edar (*cycle time*) alat gali muat [4]. Persamaan untuk menghitung waktu edar alat gali muat adalah [5]:

$$Cycle\ time = DgT + SLT + DpT + SET \quad (1)$$

dimana,

- DgT = Waktu penggalian (detik)
- SLT = Waktu ayun bermuatan (detik)
- DpT = Waktu penumpahan material (detik)
- SET = Waktu ayun tidak bermuatan (detik)

### 2.2. Alat Angkut

Alat angkut adalah rangkaian alat berat yang digunakan untuk memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain. Waktu edar alat angkut dimulai dari manuver ke *loading point*, pengisian material, mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point*, manuver ke *dumping point* (*hopper*), dan kembali ke *loading point* [6]. Persamaan untuk menghitung waktu edar alat angkut adalah [7]:

$$CT = LT + HLT + SDT + DT + RT + SLM \quad (2)$$

dimana,

- LT = Waktu pemuatan material (detik)
- HLT = Waktu pergi bermuatan (detik)
- SDT = Waktu manuver sebelum menumpah (detik)
- DT = Waktu menumpahkan material (detik)
- RT = Waktu kembali tanpa muatan (detik)
- SLM = Waktu manuver untuk diisi kembali

### 2.3. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara waktu yang digunakan untuk bekerja dengan waktu kerja yang tersedia [8]. Waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan untuk kegiatan operasional diluar waktu hambatan (waktu *delay*, waktu *standby*, waktu *repair*) [9]. Efisiensi kerja akan mempengaruhi kemampuan produksi suatu alat [10]. Efisiensi kerja dibutuhkan untuk memaksimalkan produktivitas dalam mencapai target produksi [9] yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 [11]:

$$Eff = \frac{We}{T} \times 100\% \quad (3)$$

dimana,

- Eff = Efisiensi kerja
- We = Waktu kerja efektif (detik)
- T = Waktu tersedia (detik)

### 2.4. Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut

Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penggunaan alat angkut adalah bahan bakar. Biaya operasional penambangan kurang lebih 60% digunakan untuk penggunaan bahan bakar solar [12]. Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar harus seefisien mungkin agar dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan perusahaan namun target produksi dapat tercapai [13].

### 2.5. Teori Antrean

Teori Antrean merupakan ilmu yang mempelajari tentang garis tunggu, panjang antrean, dan sifat-sifat antrean. Teori ini dapat memberikan analisa jumlah mesin yang tepat yang dapat digunakan di tambang sehingga kebutuhan produksi dapat dipenuhi dengan penggunaan alat angkut dan alat muat yang efisien [14]. Teori Antrean dapat digunakan untuk memprediksi biaya pemuatan dan

pengangkutan minimum serta jumlah truk yang optimal untuk digunakan [15].

Tahap-tahap untuk menghitung jumlah alat angkut yang mampu dilayani alat muat menggunakan teori antrean adalah:

1. Menentukan tingkat pelayanan

Tingkat pelayanan pada masing-masing tahap untuk melayani alat angkut dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$\mu_n = \frac{1}{T_{p_n}} \tag{4}$$

dimana,

$\mu_n$  = tingkat pelayanan pada tahap ke-n dalam siklus (unit/jam)

$T_{p_n}$  = jumlah waktu pelayanan pada tahap ke-n dalam siklus (menit)

2. Menghitung probabilitas keadaan antrean

Jumlah kemungkinan keadaan antrean dihitung menggunakan Persamaan 5 [16]:

$$\left(\frac{K+M-1}{K}\right) = \frac{(K+M-1)!}{(M-1)!K!} \tag{5}$$

Setelah mengetahui jumlah kemungkinan antrean maka probabilitas keadaan antrean dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini [15]:

$$P(n_1, n_2, n_3, \dots, n_n) = \frac{\mu_1^{K-n_1}}{n_2! \mu_2^{n_2} n_3! \mu_3^{n_3} \dots n_n! \mu_n^{n_n}} P(n, 0, 0, \dots, 0) \tag{6}$$

dimana,

K = jumlah alat angkut (unit)

M = jumlah tahap dalam siklus

$n_n$  = tahap ke-n dalam siklus

$P(n_1, n_2, n_3, \dots, n_n)$  = probabilitas keadaan antrean

3. Menghitung rata-rata jumlah alat angkut yang menunggu dalam antrean

Persamaan untuk menghitung rata-rata jumlah alat angkut yang menunggu dalam antrean yaitu [15]:

$$Lq_i = \left\{ 1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan antrean } n_i > 1) \right\} + \left\{ 2 \times \sum (\text{probabilitas keadaan antrean } n_i > 2) \right\} + \dots + \left\{ K-1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan antrean } n_i > K) \right\} \tag{7}$$

dimana,

$Lq_i$  = rata-rata alat angkut yang menunggu pada tahap ke-n (unit)

$n_i$  = tahap ke-n dalam siklus

K = jumlah tahap dalam siklus

4. Menghitung waktu tunggu alat angkut dalam antrean

Tingkat kesibukan alat muat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini [15]:

$$\eta_1 = \{1 - \sum P(0, n_2, n_3, \dots, n_n)\} \times 100\% \tag{8}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah alat angkut yang dapat dilayani pada tahap ini adalah:

$$\theta_1 = \eta_1 \mu_1 \tag{9}$$

Untuk tahap-tahap selanjutnya diasumsikan bahwa jumlah alat muat yang dapat dilayani sama dengan pada tahap pertama. Rumus untuk menghitung rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrean pada tahap ke-n adalah:

$$Wq_n = \frac{Lq_n}{\theta} \tag{10}$$

dimana,

$\eta_1$  = tingkat kesibukan alat muat (%)

$P(0, n_2, n_3, \dots, n_n)$  = probabilitas keadaan antrean

$\theta$  = jumlah alat angkut yang dapat dilayani pada setiap tahap (unit/jam)

$\mu_1$  = tingkat pelayanan pada tahap pertama dalam siklus (unit/jam)

$Lq_n$  = rata-rata alat angkut yang menunggu pada tahap ke-n (unit)

$Wq_n$  = rata-rata waktu tunggu alat angkut pada tahap ke-n (jam)

5. Menghitung waktu edar dan tingkat kedatangan alat angkut

Berdasarkan penerapan teori antrean maka waktu edar alat angkut setiap siklus adalah [16]:

$$CT_t = \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \dots + \frac{1}{\mu_n} + \sum Wq_n \right) \tag{11}$$

Tingkat kedatangan tiap unit dalam satu jam adalah:

$$\lambda = \frac{1}{CT_t} \times 60 \tag{12}$$

Waktu edar alat angkut tanpa waktu antre adalah:

$$CT_{\text{tanpa antri}} = \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \dots + \frac{1}{\mu_n} \right) \tag{13}$$

Tingkat kedatangan tiap unit dalam satu jam adalah:

$$\lambda_{\text{tanpa antri}} = \frac{1}{CT_{\text{tanpa antri}}} \times 60 \tag{14}$$

dimana,

$CT_t$  = waktu edar alat angkut (jam)

$\mu_n$  = tingkat pelayanan pada tahap ke-n dalam siklus (unit/jam)

$Wq_n$  = rata-rata waktu tunggu alat angkut pada tahap ke-n (jam)

$\lambda$  = tingkat kedatangan tiap unit dalam waktu satu jam (unit/jam)

Data yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan 14 digunakan untuk menghitung jumlah alat angkut yang mampu dilayani alat muat tanpa waktu antrean dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\text{Jumlah alat angkut yang dapat dilayani} = \frac{\mu_1}{\lambda_{\text{tanpa antri}}} \quad (15)$$

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Waktu edar alat gali muat dan alat angkut
- Waktu hambatan aktual
- Jumlah alat gali muat dan alat angkut yang beroperasi di lapangan
- Waktu operasional
- Konsumsi bahan bakar alat angkut
- Harga bahan bakar (solar)
- Waktu kerja efektif

#### 3.2. Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah dengan tahap sebagai berikut:

- Menghitung waktu edar (*cycle time*) alat angkut dan alat gali muat menggunakan Persamaan 1.
- Menghitung jumlah alat angkut berdasarkan teori antrean menggunakan Persamaan 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15.
- Menghitung efisiensi kerja menggunakan Persamaan 3.
- Menghitung jumlah biaya konsumsi bahan bakar alat angkut.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Waktu Edar Alat Angkut

Satu siklus alat angkut terdiri dari empat tahap yaitu; pelayanan pemuatan material di *loading point*, pengangkutan material dari

*loading point* ke lokasi *dumping point* yaitu *hopper*, pelayanan di *hopper*, dan kembalinya alat angkut dari *hopper* menuju ke lokasi *loading point*. Rata-rata waktu edar alat angkut disajikan pada Tabel 1.

Rata-rata waktu edar alat angkut adalah sebesar 3.316,89 detik dan terdapat waktu tunggu sebesar 2.302 detik.

**Tabel 1. Rata-rata waktu edar alat angkut**

No	Proses	Durasi (detik)
1	Manuver di <i>loading point</i>	25,04
2	Pengisian material	244,13
3	Pengangkutan bermuatan	101,94
4	Manuver di <i>dumping point</i>	50,60
5	Menumpah ke <i>hopper</i>	545,62
6	Kembali ke <i>loading point</i>	47,55
7	Waktu tunggu	2.302,00
Rata-rata waktu edar		3.316,89

#### 4.2. Waktu Edar Alat Gali Muat

Satu siklus alat muat terdiri dari empat tahap yaitu; penggalian material, mengayun bermuatan, menumpahkan material ke dalam bak alat angkut, dan *bucket* alat muat mengayun kosong kembali ke posisi awal.

Rata-rata waktu edar alat muat disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rata-rata waktu edar alat muat**

No	Proses	Durasi (detik)
1	Penggalian	11,19
2	Mengayun bermuatan	4,38
3	Penumpahan material	3,57
4	Mengayun kosong	3,92
Rata-rata waktu edar		23,06

Rata-rata waktu edar alat muat adalah 23,06 detik.

#### 4.3. Jumlah Alat Angkut Berdasarkan Teori Antrean

Data yang dibutuhkan untuk menghitung kebutuhan jumlah alat angkut adalah waktu edar alat angkut.

- Menentukan tingkat pelayanan  
Penentuan tingkat pelayanan menggunakan Persamaan 4 dengan hasil sebagai berikut:
  - Tahap 1  
Waktu pelayanan pada tahap pertama adalah 4,49 menit sehingga dalam satu jam ada 13 unit yang dapat dilayani.

- b) Tahap 2  
Waktu pelayanan pada tahap kedua adalah 1,70 menit sehingga dalam satu jam ada 35 unit yang dapat dilayani.
- c) Tahap 3  
Waktu pelayanan pada tahap ketiga adalah 9,94 menit sehingga dalam satu jam dapat melayani 6 unit.
- d) Tahap 4  
Waktu pelayanan pada tahap keempat yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 0,79 menit sehingga dalam satu jam ada 76 unit yang dapat dilayani.

2. Probabilitas keadaan antrean

Probabilitas keadaan antrean yang terjadi dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 5. Pada penelitian ini terdapat empat tahap dan tujuh alat angkut sehingga ada 120 kemungkinan yang dapat terjadi. Selanjutnya menghitung probabilitas masing-masing keadaan menggunakan Persamaan 6. Jumlah koefisien dari 120 kemungkinan adalah 952,6405596, sehingga probabilitas keadaan P (7,0,0,0) adalah:

$$P(7,0,0,0) = \frac{1}{952,6405596} = 0,001049714$$

$$P(3,2,2,0) = 0,351868422 \times 0,001049714 = 0,000369361$$

3. Perhitungan Lq<sub>1</sub>, Lq<sub>3</sub>, Wq<sub>1</sub>, dan Wq<sub>3</sub>

Lq<sub>1</sub> dan Lq<sub>3</sub> merupakan nilai dari jumlah alat angkut yang menunggu dalam tahap 1 dan tahap 3, sedangkan Wq<sub>1</sub> dan Wq<sub>3</sub> adalah nilai dari waktu tunggu alat angkut dalam antrean pada tahap 1 dan tahap 3.

1) Rata-rata jumlah alat angkut yang menunggu dalam antrean dihitung menggunakan Persamaan 7.

a) Tahap 1

Pada tahap ini tidak terdapat alat angkut yang menunggu pada *loading point*.

b) Tahap 3

Pada tahap ini terdapat empat unit alat angkut yang menunggu pada saat menumpahkan material ke *hopper*.

2) Rata-rata waktu tunggu alat angkut dalam antrean dihitung menggunakan Persamaan 10.

a) Tahap 1

Rata-rata waktu menunggu alat angkut dalam antrean saat di *loading point* adalah 1,540 menit.

b) Tahap 3

Rata-rata waktu menunggu alat angkut dalam antrean saat di *hopper* adalah 26,948 menit.

4. Waktu edar dan tingkat kedatangan alat angkut

Waktu edar alat angkut untuk setiap siklus (ritase) berdasarkan Teori Antrean dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$CT_t = \left( \frac{1}{13,37} + \frac{1}{35,31} + \frac{1}{6,04} + \frac{1}{75,71} + 1,540 + 26,948 \right)$$

$$CT_t = 0,756 \text{ jam}$$

$$CT_t = 45,403 \text{ menit}$$

Perhitungan tingkat kedatangan tiap unit dalam satu jam dihitung menggunakan Persamaan 12.

$$\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda = \frac{1}{CT_t} \times 60$$

$$\lambda = \frac{1}{45,403} \times 60$$

$$\lambda = 1,321 \approx 1 \text{ alat angkut/jam}$$

Waktu edar alat angkut tanpa waktu antri dihitung menggunakan Persamaan 13.

$$CT_{\text{tanpa antri}} = \left( \frac{1}{13,37} + \frac{1}{35,31} + \frac{1}{6,04} + \frac{1}{75,71} \right)$$

$$CT_{\text{tanpa antri}} = 0,281 \text{ jam} = 16,914 \text{ menit}$$

$$\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_{\text{tanpa antri}} = \frac{1}{CT_{\text{tanpa antri}}} \times 60 \text{ alat/jam}$$

$$\lambda_{\text{tanpa antri}} = \frac{1}{16,91483} \times 60 \text{ alat/jam}$$

$$\lambda_{\text{tanpa antri}} = 3,547182 \approx 1 = 4 \text{ alat angkut/jam}$$

Hasil perhitungan waktu edar alat angkut tanpa waktu tunggu dalam satu siklus adalah 16,914 menit, sehingga tingkat kedatangan alat angkut dalam satu jam baik di *loading point* maupun di *hopper* adalah 4 unit per jam, sehingga jumlah alat angkut yang dibutuhkan sesuai dengan tingkat pelayanan alat muat adalah empat unit.

4.4. Efisiensi Kerja

Waktu kerja efektif aktual alat angkut dihitung menggunakan data total waktu hambatan sebesar 22.190 detik dan waktu



operasional sebesar 28.800 detik, sehingga diperoleh waktu kerja efektif 6.610 detik. Hasil perhitungan menggunakan Persamaan 3 menunjukkan efisiensi kerja yang diperoleh sebesar 22,95%.

Efisiensi kerja dapat ditingkatkan dengan mengurangi waktu hambatan yaitu waktu *standby*. Hasil perbaikan waktu hambatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Total waktu hambatan setelah perbaikan adalah 2.700 detik, sehingga waktu kerja efektif alat menjadi 26.100 detik. Hal tersebut mengakibatkan efisiensi kerja yang diperoleh meningkat dari 22,95% menjadi 90,63%.

**Tabel 3. Waktu hambatan setelah perbaikan**

No	Keterangan	Waktu (Detik)
1	Waktu <i>delay</i> Mengisi bahan bakar	900
2	Pindah tempat kerja	900
3	Mengantri di <i>loading point</i>	-
4	Mengantri di <i>dumping point</i>	-
5	Waktu <i>standby</i> Terlambat masuk kerja	-
6	Berhenti kerja sebelum istirahat	-
7	Terlambat bekerja setelah istirahat	-
8	Berhenti bekerja sebelum waktu pulang	-
9	Waktu <i>repair</i> Pemanasan alat	900

Total	2.700
-------	-------

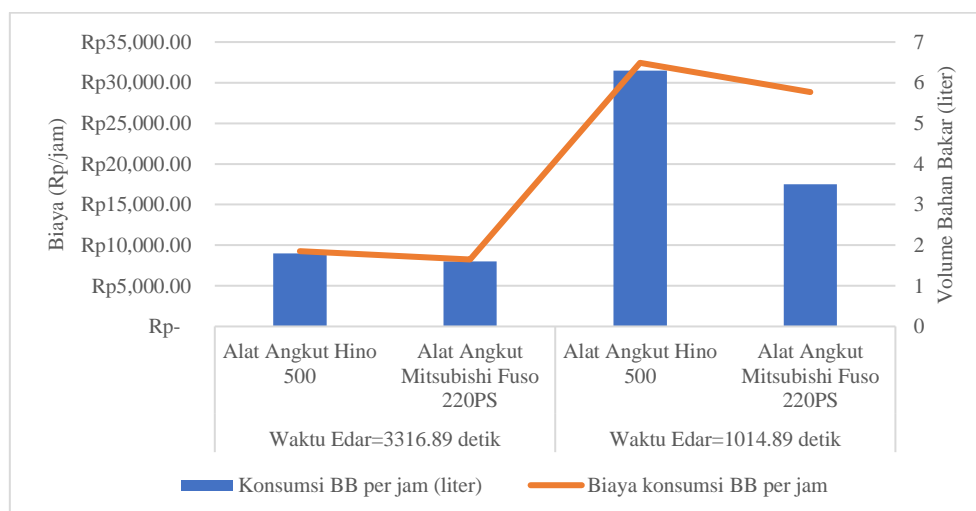
#### 4.5. Biaya Konsumsi Bahan Bakar (BB) Alat Angkut

Perusahaan merencanakan konsumsi bahan bakar (BB) Hino 500 sebesar 90L dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar 80L untuk 50 ritase (siklus). Konsumsi bahan bakar alat angkut per ritase adalah:

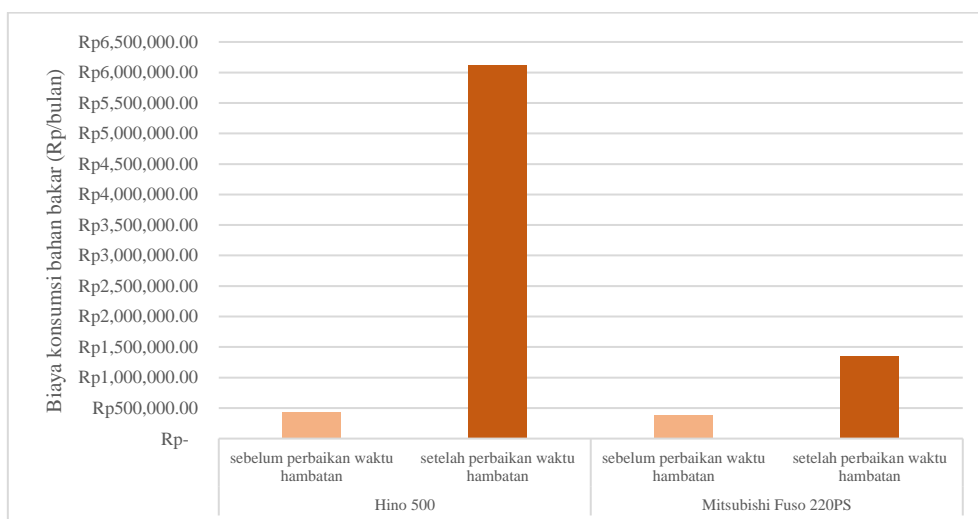
- Konsumsi bahan bakar Hino 500 adalah 1,8L/ritase
- Konsumsi bahan bakar alat angkut Mitsubishi Fuso 220PS adalah 1,6L/ritase

Waktu edar aktual alat angkut Hino 500 dan Mitsubishi Fuso 220PS adalah 3.316,89 detik atau 55,28 menit sehingga dalam satu jam hanya ada 1 (satu) ritase yang dapat diselesaikan, sehingga konsumsi bahan bakar alat angkut Hino 500 adalah 1,8 L/jam dan Mitsubishi Fuso 220PS adalah 1,6 L/jam.

Biaya konsumsi bahan bakar alat angkut diperoleh dengan mengalikan harga bahan bakar per liter dengan jumlah total bahan bakar yang dikonsumsi oleh alat angkut [4]. Biaya konsumsi bahan bakar aktual alat angkut per jam untuk Hino 500 adalah Rp9.270,-/unit dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar Rp8.240,00/unit sehingga biaya konsumsi bahan bakar per bulan untuk Hino 500 sebesar Rp433.836,00/unit dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar Rp385.632,00/unit.



**Gambar 1. Konsumsi dan biaya konsumsi bahan bakar alat angkut per jam**



Gambar 2. Biaya konsumsi bahan bakar alat angkut per bulan

Waktu edar alat angkut setelah dilakukan perbaikan terhadap waktu hambatan adalah 1.014,89 detik atau 16,91 menit sehingga dalam satu jam ada 3,5 ritase yang dapat diselesaikan. Konsumsi bahan bakar Hino 500 menjadi 6,3L/jam dan Mitsubishi Fuso 220PS 5,6L/jam. Biaya konsumsi bahan bakar Hino 500 dalam waktu satu jam menjadi Rp32.445,00/unit dan Mitsubishi Fuso 220PS Rp28.840,00/unit (Gambar 1) sehingga biaya konsumsi bahan bakar dalam satu bulan masing-masing adalah Rp6.115.883,00/unit dan Rp1.349.712,00/unit (Gambar 2).

Biaya konsumsi bahan bakar meningkat setelah dilakukan perbaikan terhadap waktu hambatan. Hal ini disebabkan waktu hambatan berkurang, sehingga waktu edar menjadi lebih kecil karena tidak ada lagi waktu antrean alat angkut. Selain itu juga meningkatkan waktu kerja efektif dari 1,84 jam/hari menjadi 7,25 jam/hari yang menyebabkan alat bekerja lebih produktif dari yang sebelumnya hanya 1 (satu) ritase menjadi 3,5 ritase. Peningkatan jumlah ritase menyebabkan peningkatan jumlah bahan bakar yang digunakan dan biaya konsumsi bahan bakar, namun produktivitas alat angkut juga meningkat sehingga berpengaruh terhadap peningkatan produksi material konstruksi.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa jumlah alat angkut yang dibutuhkan agar sesuai dengan tingkat pelayanan alat muat adalah 4 unit. Pengurangan

terhadap waktu *standby* dan waktu antrean berdampak pada peningkatan efisiensi kerja dari 22,95% menjadi 92,70%, sehingga jumlah ritase meningkat dari satu menjadi 3,5 ritase yang mempengaruhi jumlah dan biaya konsumsi bahan bakar. Biaya konsumsi bahan bakar alat angkut sebelum dilakukan perbaikan terhadap waktu kerja efektif untuk Hino 500 sebesar Rp433.836,00/bulan dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar Rp385.632,00/bulan. Biaya konsumsi bahan bakar alat angkut setelah dilakukan perbaikan terhadap waktu hambatan untuk Hino 500 sebesar Rp6.115.883,00/bulan dan Mitsubishi Fuso 220PS sebesar Rp1.349.712,00/bulan.

## Ucapan Terima Kasih

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Harfia Graha Perkasa, khususnya kepada Ibu Widia Nur Insani yang telah membantu dalam proses pengambilan data.

## Referensi

- [1] G. Y. Octavia, S. Yosomulyono, and Y. Herlambang, "Penerapan Teori Antrian pada Sistem Produksi Alat Muat dan Alat Angkut di Tambang Andesit PT. Bukit Labu Mining," *JeLAST J. Tek. Kelaut. , PWK , Sipil, dan Tambang*, vol. 6, pp. 160–167, 2019.
- [2] F. Indrajaya, Y. Taruna, J. P. Barus, Y. Y. Hutajulu, N. Fidayanti, and A. A. I. A. Adnyano, "Fleet Management Simulation Using Queuing Theory to Achieve Coal Production Targets," *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res.*, vol. 8, pp. 7099–7104, 2020.
- [3] I. M. Agung and M. Gusman, "Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Angkut Menggunakan Metode

- Antrian Dan Kapasitas Produksi pada Penambangan Andesit di PT Bintang Sumatra Pacific,” *J. Bina Tambang*, vol. 5, pp. 275–284, 2020.
- [4] R. P. Choudhary, “Optimization of Load-Haul-Dump Mining System by OEE and Match Factor for Surface Mining,” *Int. J. Appl. Eng. Technol.*, vol. 5, pp. 96–102, 2015.
- [5] A. M. A. Namira, A. V. Anas, R. Amalia, and R. N. S. Tui, “Evaluation of Achievement of Overburden Production Target Using Fishbone Diagram Method at Pit A Site B PT XYZ, South Sumatera Province,” *EPI Int. J. Eng.*, vol. 4, pp. 158–167, 2021.
- [6] A. V. Prasmoro, “Optimasi Produksi pada Penambangan Batubara dengan Metode Antrian (Studi Kasus pada Pertambangan Area Samarinda, Kaltim),” *J. Sains Teknol.*, vol. 6, pp. 31–41, 2016.
- [7] M. A. May, “Applications of Queuing Theory for Open-Pit Truck/Shovel Haulage Systems,” Virginia Polytechnic Institute and State University, 2012.
- [8] Narius, H. Hasan, and Sakdillah, “Optimalisasi Alat Gali Muat untuk Mencapai Target Produksi Batubara PT. Kaltim Diamond Coal, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur,” *J. Teknol. Miner. FT UNMUL*, vol. 6, pp. 43–46, 2018.
- [9] H. Z. Ladianto and R. Ernawati, “Evaluasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan Pengupasan Overburden pada Penambangan Nikel di Blok B PT. Paramitha Persada Tama Provinsi Sulawesi Tenggara,” in *SEMITAN: Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, 2019.
- [10] S. A. F. Sitangger, Syahrudin, and M. K. Syafrianto, “Kajian Teknis Produktivitas Alat Angkut Hino FM 260 JD pada Penambangan Galen PT Kapuas Prima Coal, TBK Kabupaten Lamandau Provinsi Kalimantan Tengah,” *J. Mhs. Tek. Sipil*, vol. 6, pp. 12–22, 2019.
- [11] A. Nurwaskito, Jamaluddin, and S. Widodo, “Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut dalam Mencapai Target Produksi pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan,” *J. Geomine*, vol. 2, pp. 124–131, 2015.
- [12] N. Asmiani, A. Puspitasari, and S. Widodo, “Biaya Penambangan Nikel pada PT. Bintang Delapan Mineral Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah,” *J. Geomine*, vol. 5, pp. 76–79, 2017.
- [13] M. F. Amiruddin, U. Saismana, and Riswan, “Analisis Kegiatan Produktivitas terhadap Fuel Ratio Alat Angkut dan Alat Gali Muat pada Pit 2 di PT Pro Sarana Cipta,” *J. Himasapta*, vol. 5, pp. 41–46, 2020.
- [14] D. V. Hai, “Optimization of Truck and Shovel for Haulage System in the Cao Son Mine, Viet Nam using Queuing Theory,” Prince of Songkla University, 2016.
- [15] L. J. . Palayukan, A. V. Anas, and Purwanto, “The Effect of Overburden Loader and Hauler Match Factor on Fuel Consumption and Cost Using Queuing Theory (Case Study: Coal Mining PT. Perkasa Inakakerta East Kalimantan Province),” *Int. J. Eng. Sci. Appl.*, vol. 6, pp. 72–84, 2019.
- [16] D. G. Carmichael, *Engineering Queues in Construction and Mining*. Ellis Horwood, 1987.