Aplikasi teori antrian dalam penentuan jumlah alat angkut untuk mengoptimalkan pengangkutan *overburden* PT Kalimantan Prima Persada

Application of queuing theory in determining the number of transport equipment to optimize overburden transportation at PT Kalimantan Prima Persada

Ahmad Yani, Annisa, Karina Shella Putri*
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: karinashella@ulm.ac.id

ABSTRAK

Dalam operasional penambangan khususnya tambang terbuka, terdapat empat tahapan yaitu, tahap 1 (µ1) *loading point*, tahap 2 (µ2) di jalan bermuatan, tahap 3 (µ3) disposal, tahap 4 (µ4) di jalan kosong. Hubungan antar alat angkut dengan alat gali muat sangat berperan dalam pencapaian produksi, sehingga sebaiknya dianalisis cara untuk meningkatkan pelayanan dalam aktivitas tersebut. Metode yang sering digunakan yaitu metode *match factor*. Ada metode lain yang jarang sekali dipakai dalam penyelesaian masalah produksi yaitu, metode teori antrian. Metode ini menjelaskan hubungan antar alat angkut dengan alat gali muat. Selain itu, metode teori antrian dapat mengetahui tingkat pelayanan dari alat gali muat, tingkat kedatangan dari alat angkut, dan persentase terjadinya antrian. Melalui pendekatan menggunakan metode teori antrian, maka didapat perhitungan probabilitas dengan 35 kemungkinan yang artinya ada 35 bentuk keadaan sistem alat angkut pada saat mengatri. Tingkat pelayanan yang bisa dilayani oleh alat gali muat adalah 10.9 unit/jam, tingkat kedatangan dibagi menjadi dua yaitu, tingkat kedatangan ketika tidak adanya antrian adalah 3 unit/jam, dan tingkat kedatangan ketika adanya antrian adalah 2 unit/jam. Dari perhitungan yang didapat maka sebaiknya melakukan pengurangan alat angkut dari 4 unit menjadi 3 unit, dikarenakan persentase antrian lebih besar dibanding tidak adanya antrian.

Kata-kata kunci*:* Probabilitas, teori antrian, tingkat kedatangan, tingkat pelayanan

ABSTRACT

In mining operations, especially open pit mining, there are four stages, namely, stage 1 (µ1) loading point, stage 2 (µ2) on the loaded road, stage 3 (µ3) disposal, stage 4 (µ4) on the empty road. The relationship between transport equipment and loading and unloading equipment plays a very important role in achieving production, so it should be analyzed how to improve service in these activities. The method that is often used is the match factor method. There is another method that is rarely used in solving production problems, namely, the queuing theory method. This method explains the relationship between transportation equipment and digging and loading equipment. In addition, the queuing theory method can determine the service level of the digging and loading equipment, the arrival rate of the conveyance, and the percentage of queues. Through an approach using the queuing theory method, a probability calculation is obtained with 35 possibilities, which means there are 35 forms of conveyance system conditions when queuing. The service level that can be served by the digging and loading equipment is 10.9 units / hour, the arrival rate is divided into two, namely, the arrival rate when there is no queue is 3 units / hour, and the arrival rate when there is a queue is 2 units / hour. From the calculations obtained, it is better to reduce the conveyance from 4 units to 3 units, because the percentage of queues is greater than the absence of queues.

Keywords*: Arrival rate, probability, queuing theory, service level*

PENDAHULUAN

Dalam industri pertambangan terbuka, efisiensi sistem pengangkutan *overburden* merupakan faktor krusial yang menentukan keberhasilan operasional dan pencapaian target produksi. *Overburden*, sebagai lapisan tanah penutup yang harus dipindahkan sebelum ekstraksi mineral, memerlukan koordinasi yang optimal antara alat gali-muat dan alat angkut. Ketidakseimbangan dalam jumlah atau kinerja alat angkut dapat menyebabkan waktu tunggu yang signifikan, penurunan produktivitas, dan peningkatan biaya operasional [1]. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan sistem pengangkutan adalah teori antrian. Dengan menerapkan model antrian, perusahaan dapat mengevaluasi waktu tunggu, jumlah alat yang mengantri, dan menentukan jumlah optimal alat angkut untuk mencapai efisiensi maksimal. Namun, penerapan teori antrian dalam konteks pertambangan di Indonesia masih memerlukan kajian lebih lanjut untuk menyesuaikan dengan kondisi operasional lokal.

Beberapa penelitian menemukan bahwa teori antrian dapat secara efektif menentukan jumlah optimal *dump truck* yang dibutuhkan untuk memenuhi target produksi [2] [3] [4]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengoptimalan produktivitas alat berat melalui teori antrian dapat meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan, dalam beberapa kasus hingga lebih dari 50% [5]. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas termasuk waktu tunggu, kondisi jalan angkut, dan efisiensi peralatan [2] [6]. Penerapan teori antrian di PT Rimau Energi Mining dan ditemukan bahwa waktu tunggu di loading point sebesar 1,13 menit dapat dikurangi dengan perbaikan lebar jalan dan *rolling resistance*, sehingga produktivitas alat angkut meningkat dari 54,85 bcm/jam menjadi 58,14 bcm/jam[2]. Penelitian lain di PT Magatti Internasional

menggunakan model antrian M/M/S untuk menganalisis antrian *dump truck* dan menyarankan penambahan satu unit excavator untuk mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan produktivitas [1]. Beberapa penelitian juga membandingkan teori antrian dengan metode lain seperti analisis faktor kecocokan untuk menentukan pendekatan yang paling efektif untuk kondisi pertambangan tertentu [7] [8]. Sementara itu PT Artamulia Tata Pratama menerapkan metode kapasitas produksi dan teori antrian untuk mengoptimalkan produksi overburden dengan menggunakan excavator PC 1250 dan dump truck Komatsu HD 465-7 [9]. Kemudian PT Jambi Prima Coal menggunakan metode antrian dan kapasitas produksi untuk meningkatkan efisiensi kerja dari 69,5% menjadi 91%, meningkatkan produksi overburden sebesar 36,82%, dan mencapai match factor sebesar 1,01 [10].

Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi signifikan dalam penerapan teori antrian untuk optimasi pengangkutan overburden, masih terdapat kebutuhan untuk studi yang lebih mendalam dan kontekstual sesuai dengan kondisi operasional masing-masing tambang. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teori antrian dalam menentukan jumlah optimal alat angkut guna mengoptimalkan pengangkutan *overburden*, dengan mempertimbangkan variabel-variabel operasional di PT Kalimantan Prima Persada.

METODOLOGI

Peralatan yang dipergunakan dalam kegiatan pengumpulan data adalah *stopwatch* yang digunakan untuk menghitung *cycle time* dari alat gali muat dan alat angkut. Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan beberapa tahapan kegiatan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data yang benar-benar akurat yang mana nantinya digunakan dalam penelitian ini. Studi literatur merupakan kegiatan mempelajari, mengumpulkan dan membaca berbagai sumber pustaka untuk memperkuat landasan teori, tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan sumber informasi yang berkaitan dengan kegiatan penelitian yang dilakukan. Pengamatan lapangan dilakukan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap topografi, vegetasi dan cuaca di daerah dimana penelitian berlangsung.

Pengambilan data dibagi menjadi dua, yaitu data primer yang terdiri dari data *cycle time* alat gali muat dan alat angkut, data jalan angkut, dan data sekunder atau data pelengkap yang terdiri dari data spesifikasi alat, *swell factor*, *bucket fill factor*. Pada saat pengambilan data dilapangan alat mekanis yang di amati yaitu alat gali muat dengan tipe Komatsu PC1250 dengan kapasitas bucket 6.7 bcm, dan alat angkut Komatsu 785 dengan kapasitas bak 60.7 bcm.

Untuk menghitung produktivitas dari alat gali muat dan alat angkut dapat menggunakan rumus berikut ini:

q = kapasitas *bucket* x *bucket fill factor* (1)

$$Q = \frac{3600}{CTm} \text{ x BC x FF x E x SF} \quad (2)$$

q = jumlah pengisian x kapasitas bucket x bucket fill factor (3)

$$Q = \frac{3600}{CTa} \text{ x BC x n x FF x E x SF} \quad (4)$$

Q = Produktivitas per jam
q = Produktivitas per siklus
E = Efisiensi kerja
Ctm = *Cycle time* alat gali muat
Cta = *Cycle time* alat angkut
BC = Kapasitas *bucket*
F = *Bucket fill factor*
SF = *Swell factor*

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat gali muat dan alat angkut, maka produktivitas alat gali muat harus sesuai dengan produktivitas alat angkut, faktor keserasian alat gali muat dan alat angkut yang dinyatakan dalam *match factor*. Secara perhitungan teoritis, produktivitas alat gali muat haruslah sama dengan produktivitas alat angkut, sehingga perbandingan antara alat angkut dengan alat gali muat mempunyai nilai satu.

MF = 1 berarti jumlah alat gali muat dan alat angkut seimbang, sehingga bisa dipastikan tidak ada waktu tunggu bagi alat gali muat dan alat angkut.

MF < 1 berarti jumlah alat angkut kurang, akibatnya muncul waktu tunggu bagi alat gali muat, sementara alat angkut sibuk.

MF > 1 berarti jumlaah alat angkut lebih, sehingga muncul waktu tunggu bagi alat angkut, sedangkan alat gali muat sibuk.

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

MF = *Match factor*
Na = Jumlah alat angkut
Nm = Jumlah alat gali muat
n = banyaknya pengisian dalam satu alat angkut
Ctm = cycle time alat gali muat
Cta = *cycle time* alat angkut.

Beberapa faktor yang biasanya mempengaruhi efisiensi kerja, yaitu waktu kerja penambangan adalah waktu kerja yang dipakai untuk melakukan kegiatan penambangan, meliputi kegiatan penggalian, pemuatan, dan pengangkutan. Efisiensi kerja akan semakin besar apabila banyaknya waktu kerja penambangan semakin mendekati jumlah tersedia, dan kendala yang terjadi adalah jika jumlah jam kerja dapat dimanfaatkan secara efektif maka seharusnnya target produksi bisa tercapai,

namun kenyataannya tidak dapat dilakukan dengan efektif, sehingga perlu dilakukannya pengawasan terhadap efektifitas waktu yang ada.

Salah satu bagian penting dalam pertambangan yaitu jalan tambang yang mana biasanya dilewati oleh alat angkut, alat gali, dan alat bantu penambangan lainnya. Jalan tambang dinilai cukup baik apabila kemiringan jalan disesuaikan dengan kekuatan mesin alat mekanis, dan jalan tambang harus memiliki sistem drainase yang baik dimana setiap sisi jalan harus diberi aliran air agar air cepat mengalir ketika terjadi hujan, dan agar alat mekanis bisa bekerja atau beroperasi kembali.

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dari antrian-antrian atau baris-baris penungguan. Formasi baris-baris penungguan ini tentu saja merupakan satu fenomena biasa yang terjadi apabila kebutuhan akan suatu pelayanan melebihi kapasitas yang tersedia untuk menyelenggarakan pelayanan itu. Keputusan-kepuusan yang berkenaan dengan jumlah kapasitas ini harus dapat ditentukan, walaupun sebenarnya tidak dapat dibuat prediksi yang tepat mengenai kapan unit yang membutuhkan pelayanan itu akan datang atau berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pelayan itu. Teori antrian sendiri tidak langsung memecahkan persoalan ini. Walaupun begitu, teori ini menyumbangkan informasi penting yang diperlukan untuk membuat keputusan seperti itu dengan cara memprediksi beberapa karakteristik dari baris penungguan, seperti misalnya waktu tunggu rata-rata.

Sistem antrian putaran adalah salah satu sistem antrian tertutup, yang lebih kompleks dari model antrian pelayanan tunggal atau antrian terbuka. Pada operasi ini terdiri dari tahap-tahap atau tingkat-tingkat yang terbatas dalam sebuah putaran tertutup. Komponen dalam sistem antrian, yaitu kedatangan/masukan, sifat-sifat antrian, disiplin pelayanan, dan fasilitas pelayanan. Dalam operasi penambangan yang melibatkan alat gali muat yang berada di loading point, beberapa alat angkut, dan lokasi disposal, yang meliputi 4 tahap yaitu:

1. Tahap 1 berada di *loading point*

$$\mu 1 \text{ tahap } 1 = \frac{1}{\text{tahap } 1} \text{ x } 60 \text{ unit/jam} \quad (6)$$

2. Tahap 2 alat angkut berada dijalan bermuatan

$$\mu 2 \text{ tahap } 2 = \frac{1}{\text{tahap } 2} \text{ x } 60 \text{ unit/jam} \quad (7)$$

3. Tahap 3 berada di lokasi disposal

$$\mu 3 \text{ tahap } 3 = \frac{1}{\text{tahap } 3} \text{ x } 60 \text{ unit/jam} \quad (8)$$

4. Tahap 4 alat angkut berada dijalan kosong

$$\mu 4 \text{ tahap } 4 = \frac{1}{\text{tahap } 4} \text{ x } 60 \text{ unit/jam} \quad (9)$$

HASIL DAN DISKUSI

Probabilitas Keadaan Antrian

Jumlah keadaan antrian putaran untuk (n_1,n_2,n_3,n_4) adalah n1+n2+n3+n4 = 4 dimana n1 = jumlah truk pada tahap i.
Jumlah rata-rata alat angkut yang beroperasi adalah 4 alat dan 1 buah alat muat, maka tiap alat muat melayani 4 unit truk (K=4). Maka kemungkinan yang dapat terjadi dalam antrian putaran dari distribusi 4 dump truk pada kasus 4 tahap (M=4) adalah :

$$=\binom{K+M-1}{K}$$

$$=\binom{4+4-1}{4} = \binom{7}{4} = \frac{7!}{(7-4)!.4!} = \frac{7\times6\times5\times4\times3\times2}{(3\times2)!.\ 4\times3\times2}$$

Jadi ada 35 kemungkinan antrian dari distribusi 4 truk diantara 4 tahap tersebut.
Maka;
Probabilitas keadaan antrian putaran dapat dihitung

$$P(n_1, n_2, n_3, n_4) = \frac{\mu_1^{K-n1}}{n_2!\ \mu_2^{n2}\ \mu_3^{n3}\ n_4!\ \mu_4^{n4}} P(K,0,0,0)$$

Contoh perhitungan untuk mencari nilai Koefisien pada kondisi P (0.3.0.1)

$$P(0.3.0.1) = \frac{(10.9)^{4-0}}{3!\ (8.65)^3\ (89.55)^0\ 1!\ (10.25)^1} P(4,0,0,0)$$

$$= (0.35463)\ P(4,0,0,0)$$

Dan begitu juga selanjutnya untuk perhitungan yang lain sehingga mendapatkan seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel-1. Probabilitas keadaaan antrian

No	Kondisi				Koefisien	Probabilitas
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	4	0.053284303	0.005118014
2	0	0	4	0	0.000219505	2.10836E-05
3	0	4	0	0	0.105058288	0.01009096

No	Kondisi				Koefisien	Probabilitas
	n1	n2	n3	n4		
4	4	0	0	0	1	0.096051058
5	0	0	1	3	0.02439594	0.002343256
6	0	0	3	1	0.001917721	0.000184199
7	0	1	0	3	0.252561436	0.024258793
8	0	1	3	0	0.002272444	0.000218271
9	0	3	0	1	0.354635783	0.034063142
10	0	3	1	0	0.040592035	0.003898908
11	1	0	0	3	0.200427194	0.019251244
12	1	0	3	0	0.001803361	0.000173215
13	1	3	0	0	0.333487777	0.032031854
14	3	0	0	1	1.063414634	0.102142101
15	3	0	1	0	0.12171971	0.011691307
16	3	1	0	0	1.260115607	0.121035437
17	0	0	2	2	0.008377165	0.000804636
18	0	2	0	2	0.448917003	0.043118953
19	0	2	2	0	0.011762851	0.001129834
20	2	0	0	2	0.565425342	0.054309702
21	2	2	0	0	0.793945671	0.076259322
22	2	0	2	0	0.014815688	0.001423062
23	0	1	2	1	0.019853398	0.00190694
24	0	1	1	2	0.086725451	0.008330071
25	0	2	1	1	0.102767153	0.009870894
26	1	0	1	2	0.068823408	0.006610561
27	1	0	2	1	0.015755219	0.001513305
28	1	2	0	1	0.844293446	0.081095279
29	1	2	1	0	0.096638837	0.009282263
30	1	1	0	2	0.712501298	0.068436504
31	1	1	2	0	0.018669479	0.001793223
32	2	0	1	1	0.129438521	0.012432707
33	2	1	0	1	1.340025377	0.128710855
34	2	1	1	0	0.153380906	0.014732398
35	1	1	1	1	0.1631075	0.015666648
jumlah					10.41112945	1

Terdapat 4 tahapan dalam sistem antrian, yaitu tahap 1 (µ1) berada pada loading point, tahap 2 (µ2) berada dijalan dengan bermuatan, tahap 3 (µ3) berada di dumping, dan tahap 4 (µ4) berada dijalan menuju ke loading point dengan kondisi kosong. Berdasarkan perhitungan persamaan (6) didapat µ1 tahap1 10.909 truk/jam (menjadi 11 truk/jam). Sedangkan pada persamaan (7) didapat µ2 tahap2 8.65 truk/jam (9 truk/jam), pada persamaan (8) didapat 89.55 truk/jam (90 truck/jam, dan persamaan (9) didapat 10.25 truk/jam (10 truk/jam. Tabel hasil perhitungan terdapat pada tabel-2.

Tabel-2. Tingkat pelayanan dalam sistem antrian

Tahapan Antrian	Tingkat Pelayanan
µ1 (*loading*)	10.9 unit/jam
µ2 (Jalan bermuatan)	8.65 unit/jam
µ3 (*dumping*)	89.55 unit/jam
µ4 (Jalan kosong)	10.25 unit/jam

Sementara waktu pelayanan yang terjadi pada 4 tahapan tersebut, dan pada tahap 1 (µ1) yaitu waktu yang dibutuhkan alat gali muat untuk mengisi bak dari alat angkut hingga penuh adalah 5.50 menit, tahap 2 (µ2) yaitu waktu yang dibutuhkan alat angkut dari loading point hingga di disposal dengan bermuatan adalah 6.93 menit, tahap 3 (µ3) yaitu alat angkut menumpahkan material di area disposal adalah 0.67 menit, dan tahap terakhir tahap 4 (µ4) yaitu alat angkut dari disposal kembali ke loading point dengan muatan kosong adalah 5.85 menit seperti terdapat pada tabel-3 berikut ini. Untuk jumlah keadaan antrian dimana alat gali muat melayani alat angkut sebanyak 4 unit yaitu sebanyak 35 kemungkinan, yang artinya ada 35 bentuk atau keadaan sistem alat angkut pada saat mengantri Dari 35 kemungkinan alat angkut mengantri yang sebaiknya terjadi yaitu pada keadaan P(1,1,1,1) yang artinya 1 alat angkut berada pada saat pemuatan, 1 alat angkut sedang melakukan pengangkutan bermuatan, 1 alat angkut sedang menumpahkan material, dan 1 alat angkut lagi sedang melakukan

pengangkutan kosong, sehingga tidak ada alat angkut yang mengantri pada tahapan tersebut. Tabel perhitungan Lq1 dan Lq3 menjelaskan bahwa dengan 4 alat angkut didapatkan nilai tingkat antrian, yang mana Lq1 berada di loading point dan Lq3 di disposal, dan tabel diatas juga menjelaskan bahwa jumlah alat angkut yang mengantri di tahap 1 (Lq1) dengan jumlah alat angkut yang dilayani 1 dan yang antri 1 alat angkut adalah 0.29, yang dilayani 1 alat angkut dan yang antri 2 alat angkut adalah 0.49, yang dilayani 1 alat angkut dan yang antri 3 alat angkut adalah 0.29. Dan dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah unit yang antri di (Lq1) *loading point* adalah 2 unit alat angkut. Sedangkan pada tahap 3 (Lq3) atau di disposal jumlah alat angkut yang mengantri sangat kecil, disebabkan karena di (Lq1) atau di loading point alat gali muat membutuhkan waktu untuk mengisi penuh bak dari alat angkut, sedangkan di (Lq3) atau di disposal alat angkut hanya menumpahkan material yang dibawanya dan langsung balik lagi ke *loading point*.

Tabel-3. Waktu pelayanan dalam sistem antrian

Tahapan Antrian	Waktu Pelayanan
µ1 (Loading)	5.50 menit
µ2 (Jalan bermuatan)	6.93 menit
µ3 (dumping)	0.67 menit
µ4 (Jalan kosong)	5.85 menit

Tabel-4. Perhitungan Lq1 dan Lq3

Jumlah Alat Angkut	Lq1 (Unit)	Lq3 (Unit)
2	0.29	0.1
3	0.49	0
4	0.29	0
Total	1	0

Untuk Lw1 dan Lw3 di ambil dari *cycle time* aktual yaitu waktu delay, waktu delay yang dimaksud ini adalah waktu delay dari alat angkut menunggu untuk di isi material atau waktu antri.

Dalam perhitungan tingkat kedatangan alat angkut dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Tingkat kedatangan truk ketika tidak adanya antrian, adalah ketika tidak adanya antrian tingkat kedatangan dari alat angkut dalam satu jamnya alat angkut dapat melakukan pengangkutan material 3 kali dari loading point ke disposal.
2. Tingkat kedatangan truk ketka adanya antrian, sedangkan ketika adanya antrian tingkat kedatangan alat angkut hanya dapat melakukan 2 kali pengangkutan material dari loading ke disposal.

Dari hasil penelitian di lapangan metode yang digunakan yaitu metode antrian tertutup atau antrian putaran dengan disiplin pelayanan menggunakan FIFO (first in first out) dan fasilitas pelayanannya yaitu *single channel single phase*. Jumlah fasilitas pelayanan yaitu alat gali muat sebanyak 1 unit melayani truk sebagai alat angkut sebanyak 4 unit. Alat muat dan alat angkut yang digunakan adalah 1 unit excavator PC1250 melayani 4 unit Dump truck HD 785. Salah satu faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target produktivitas dari alat angkut HD 785 adalah adanya antrian, antri yang dimaksud disini yaitu alat angkut mengantri untuk dilayani oleh alat gali muat, yang berada dilokasi loading point. Dengan satu alat gali muat dan empat alat angkut, maka didapatkan persentase kemungkinan terjadinya antrian di lokasi loading point.

Tabel-5. Persentase Peluang Alat Angkut Berada di Loading Point

Jumlah Alat Angkut di Loading Point	Jumlah Antrian	Persentase Peluang
0	0	15 %
1	0	24 %
2	1	29 %
3	2	23 %
4	3	10 %

Tabel-5 di atas menjelaskan tentang persentase peluang alat angkut berada di lokasi loading point, yaitu:

1. Tingkat kemungkinan tidak adanya alat angkut di loading point 15 %.
2. Tingkat kemungkinan adanya 1 alat angkut di loading point 24 %.
3. Tingkat kemungkinan adanya 2 alat angkut di loading point 29 %, yaitu 1 alat angkut yang dlayani oleh alat gali dan 1 alat angkut yang antri.
4. Tingkat kemungkinan adanya 3 alat angkut di loading point 23 %, yaitu 1 alat angkut yang dlayani oleh alat gali dan 2 alat angkut yang antri.
5. Tingkat kemungkinan adanya 4 alat angkut di loading point 10 %, yaitu 1 alat angkut yang dlayani oleh alat gali dan 3 alat angkut yang antri.

Dapat disimpulkan bahwa tingkat kemungkinan terjadinya antrian di loading point adalah 62 %, dan tidak adanya antrian adalah 38 %, yang dimaksud dengan tidak adanya antrian disini adalah ketika 1 alat angkut yang berada di loading point ataupun tidak adanya alat angkut yang berada di loading point.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tugas akhir pada PT Kalimantan Prima Persada ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan *cycle time* aktual yang didapat dilapangan, ketercapaian produktivitas dari alat gali muat adalah 113%, dan untuk alat angkut adalah 92%.
2. Kemungkinan terjadinya antrian dengan 1 alat gali muat dan 4 alat angkut yaitu 62% kemungkinan terjadinya antrian dan 38% kemungkinan tidak adanya antrian.
3. Kombinasi jumlah unit alat angkut yang dibutuhkan berdasarkan penerapan dari teori antrian adalah sebanyak 3 unit alat angkut.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian tugas akhir ini adalah melalui pendekatan menggunakan metode teori antrian, maka sebaiknya dilakukan pengurangan jumlah unit alat angkut dari 4 unit menjadi 3 unit, hal ini dilakukan karena persentase antrian lebih besar dibanding tidak adanya antrian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucap syukur alhamdulliah, saya persembahkan laporan ini untuk kedua orang tua saya yang telah menuntun dan memberikan segalanya, dari saya lahir hingga lulus kuliah seperti saat ini. Tidak ada kata yang bisa saya ucapkan selain terima kasih dan maaf. Dan tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada bapak dan ibu dosen, terutama dosen pembimbing tugas akhir saya yaitu Bu Annisa dan Bu Shella di Teknik pertambangan FT UNLAM. Serta sahabat-sahabat saya TETA 14 khususnya kepada sanak Bahtiyar, Suhadi, dan Aldy, kalian luar biasa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Amelia, A. Saleh and M. Nusran, "Analisis Antrian Dump Truck Pada Pengangkutan Material Overburden Menggunakan Metode Antrian Pada Pt. Magatti Internasional Di Luwu Timur," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri & Manajemen,* vol. 1, pp. 21-28, 2023.

[2] T. Lestari, Nurhakim and Riswan, "Aplikasi Teori Antrian dalam Penentuan Kebutuhan Alat Angkut untuk Pencapaian Target Pemindahan Overburden di PT Rimau Energi Mining," *Jurnal Himasapta,* vol. 4, no. 2, 2019.

[3] W. Basuki, M. Oktavia and A. Elfistoni, "Perhitungan Kebutuhan Unit Dump Truck berdasarkan Match Factor dan Teori Antrian pada Penambangan Batubara di PT Kamalindo Sompurna Kecamatan Pelawan Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi," *Mine Magazine,* vol. 1, no. 2, 2020.

[4] M. Gusman, Y. Asri and I. Prengki, "Optimization of Digging and Loading Equipment and Hauling for Overburden Production with Quality Capacity Methods and Queing Methods in East Pit, August 2017 Period PT Artamulia Tata Pratama, Site Tanjung Belit, Bungo, Jambi," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.

[5] H. Rahmi and A. Nelvi, "Komparasi Optimalisasi Peralatan Mekanis pada Kegiatan Pengupasan Overburden menggunakan Metode Kapasitas Produksi dan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri,* 2022.

[6] T. Meita, Murad and Syahrudin, "Optimasi Waktu Edar pada Kegiatan Hauling menggunakan Teori Antrian di PT Gilgal Batu Alam Lestari," *Jurnal Himasapta,* vol. 8, no. 1, pp. 47-54, 2023.

[7] A. F. Ramadhani, A. Rauf, R. Hariyanto and O. W. Lusantono, "Kajian Produktivas Alat Muat Dan Alat Angkut Berdasarkan Match Factor Dan Teori Antrian Pada Kegiatan Pengangkutan Ore (Eto Efo) Di PT Djava Berkah Mineral Site PT Bumanik, Kabupaten Morowali Utara Sulawesi Tengah," *Jurnal Teknologi Pertambangan,* 2020.

[8] A. A. Yudha, A. Triantoro, U. Saismana and A. Murgiantoro, "Evaluasi Produksi Alat Mekanis untuk Pemindahan Overburden di PT Riung Mitra Lestari Site Rantau," *Jurnal Himasapta,* vol. 1, no. 3, 2016.

[9] Y. Asri and M. Gusman, "Optimalisasi Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Terhadap Produksi Overburden Dengan Metode Kapasitas Produksi Dan Metode Antrian Di Pit Timur Periode Agustus 2017 PT. Artamulia Tata Pratama, Site Tanjung Belit, Bungo, Jambi," *Jurnal Bina Tambang,* vol. 4, no. 1, 2019.

[10] Y. Frediana and A. Ansosry, "Optimalisasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden dengan Menggunakan Metode Antrian dan Kapasitas Produksi di Pit 3 PT. Jambi Prima Coal, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi," *Jurnal Bina Tambang,* vol. 6, no. 2, pp. 157-172, 2021.