

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

Yuyun Frediana, and Ansosry

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*yuyunfrediana99@gmail.com](mailto:yuyunfrediana99@gmail.com)

[*osh5161@ft.unp.ac.id](mailto:osh5161@ft.unp.ac.id)

Abstract. PT. Jambi Prima Coal is a coal mining company located in Pemusiran Village, Mandiangin District, Sarolangun City, Jambi Province. In the process of production overburden in pit 3, the company uses 1 excavator and 5 dump trucks. In July 2019 overburden production was not achieved. PT. Jambi Prima Coal targets overburden production of 50,000 Bcm / month. However, the actual production of overburden only reached 86.52% of the total production target. This is due to the mismatch of the loading and transportation equipment and the low working efficiency of the mechanical equipment. This study uses the queuing method and production capacity which aims to get the match factor of the loading and transportation equipment in order to achieve the specified target. Based on the results of calculations using the queuing method, it was found that work efficiency increased from 69.5% to 91% resulting in overburden production of 61,669.29 Bcm / month where there was an increase in production by 36.82% and using queuing simulation, the performance of the equipment was matched. MF = 1.01 where the transportation means have experienced no waiting time. By using the production capacity method, the optimal dump truck settings are obtained from 5 units to 4 units.

Keywords: *Production, Work Efficiency, Overburden, Queue, Production Capacity, Excavator, Dump truck*

1. Pendahuluan

PT. Jambi Prima Coal (JPC) merupakan perusahaan swasta nasional yang memiliki wilayah izin usaha pertambangan yang berada di daerah Pemusiran, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi yang berdiri sejak tahun 2005 dan sudah beroperasi selama 15 tahun.

PT. Jambi Prima Coal bergerak dibawah kuasa dari PT. Perusahaan Listrik Negara Batubara (PLNBB). Dalam proses penambangannya perusahaan ini melakukan produksi batubara dengan menggunakan metode tambang terbuka (*open pit*). Pada proses penambangan menggunakan metode

open pit ini biasanya dimulai dengan kegiatan *land clearing*, setelah itu dilanjutkan dengan pengambilan *overburden* yang akan berguna untuk mempermudah pengambilan batubara (*coal getting*). Pada proses pengambilan *overburden*, PT. Jambi Prima Coal menggunakan alat gali muat dan alat angkut yaitu *excavator* komatsu PC 300 dan *dump truck* Hino 500.

Dalam proses kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup, PT. JPC menggunakan rangkaian kerja alat gali - muat (*excavator*) dan alat angkut (*dump truck*) untuk memindahkan material dari *loading point* ke *disposal*. Pengupasan lapisan material penutup merupakan salah satu proses kegiatan yang penting dalam kegiatan penambangan. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Penggalian dan pemuatan *overburden*

Untuk bulan Juli 2019 target produksi tidak tercapai. Pada bulan Juli untuk target produksi pada pit 3 adalah sebesar 105.000 ton, sedangkan aktual produksi *overburden* yang di dapatkan adalah 90.850 ton dimana hanya 86,52% dari target produksi yang tercapai. setelah melakukan observasi ada beberapa hal yang menjadi faktor penyebab tidak tercapainya suatu target produksi tersebut diantaranya yaitu, alat gali muat dan alat angkut yang digunakan sering

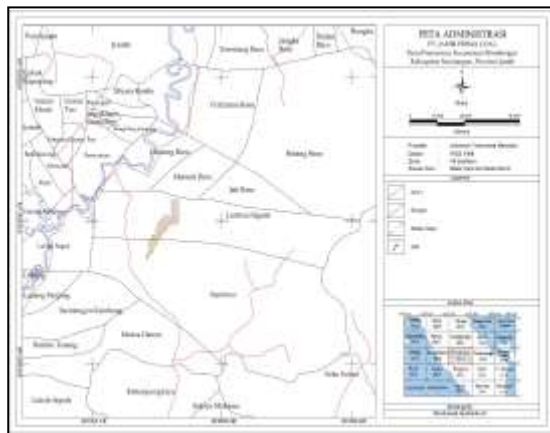
mengalami *break down*, hal ini mengakibatkan terhambatnya proses produksi, selain itu kondisi jalan tambang yang sempit menyebabkan lamanya waktu manuver pada *loading point*, sehingga menghambat jalannya produksi. Selain itu kurang efisiensinya waktu kerja, dimana waktu kerja pada hari jumat hanya 1 *shift* yang dimulai pada siang hari setelah ibadah sholat jum'at yaitu pukul 14.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB. Pengurangan waktu tersebut akan mempengaruhi kegiatan produksi.

2. Lokasi Penelitian

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT. Jambi Prima Coal, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi dapat ditempuh dengan jarak ± 174 km dari pusat kota Jambi. Wilayah IUP PT Jambi Prima Coal terletak pada posisi $2^{\circ}9'3,16''$ LS dan $102^{\circ}57'30,13''$ BT dengan batas utara berbatasan dengan Muaro bungo, batas selatan berbatasan dengan Bengkulu bagian timur, batas timur berbatasan dengan Palembang, dan batas barat berbatasan dengan sungai penuh. Peta lokasi dan peta administrasi daerah PT. Jambi Prima Coal dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Penelitian



Gambar 3. Peta Administrasi Daerah

3. Kajian Teori

3.1 Tahap-Tahap Penambangan

Dalam melaksanakan usaha pertambangan secara umum diperlukan langkah-langkah yang sistematis dan berkesinambungan. Alur kegiatan yang dilakukan dalam usaha pertambangan umumnya dilakukan sebagai berikut :

1. Prospecting
2. Feasibility Study atau Studi Kelayakan Tambang
3. Mine Exploitation
4. Hauling atau Pengangkutan

3.2 Produksi

Produksi adalah laju material yang dapat dipindahkan atau dialirkan persatuan waktu (biasanya per jam). Umumnya pemindahan material dihitung berdasarkan volume (m^3 atau cuyd), sedangkan pada tambang biasanya dinyatakan dalam ton. Mengetahui prinsip elemen-elemen produksi penting artinya karena tidak diinginkan adanya kesalahan estimasi produksi alat. Faktor - faktor yang mempengaruhi produksi alat :

1. Kondisi Front Kerja
2. Pola Pemuatan
3. Faktor efisiensi
4. *Swell Factor*

3.3 Produktivitas Alat

Produktivitas adalah laju material yang dapat dipindahkan atau dialirkan persatuan waktu (biasanya per jam). Pemindahan material dihitung berdasarkan volume (m^3 atau cuyd), sedangkan pada batubara biasanya kapasitas produksi dalam ton. Kemampuan produktivitas alat gali muat merupakan besarnya produktivitas yang terpenuhi secara *real* oleh alat gali muat berdasarkan pada kondisi yang dapat dicapai. Adapun factor – factor yang mempengaruhi produktivitas yaitu :

1. Kapasitas Alat
2. Lokasi Kerja
3. Ketinggian
4. Kemiringan Jalan
5. *Swell factor* material
6. *Fill factor* material
7. Waktu edar alat gali-muat
8. Waktu edar alat angkut
9. Efisiensi Kerja

3.3.1 Produktivitas Alat Gali Muat

Excavator masih berfungsi sebagai alat gali sekaligus memuatkan OB dan batubara ke dalam *dump truck* yang akan diangkut ke

lokasi penimbunan. Adapun. Rumus dari produktivitas *excavator* adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$q = q1 \times K$$

Sumber:(Partanto Prodjo Sumarto,1993)

Keterangan :

Q = Produktivitas Alat (Lcm / Jam)

q = Produksi Per *cycle* (m³)

q1= Kapasitas *Bucket* (m³)

K = *Fill Factor* (%)

Ek = Efisiensi Kerja (%)

SF = *Swell Factor*(%)

CT = *Cycle Time* (s)

3.3.2 Produktivitas Alat Angkut

Dump truck merupakan alat berat yang digunakan untuk mengangkut material batubara maupun lapisan tanah. Rumus dari produktivitas *dump truck* adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$q = n \times q1 \times K$$

(Sumber:Partanto Prodjosumarto,1996)

Keterangan :

Q= Produktivitas Alat (Lcm / Jam)

q = Produksi Per *cycle* (m³)

n = jumlah pengisian

q1= Kapasitas *Bucket* (m³)

K = *Fill Factor* (%)

Ek= Efisiensi Kerja (%)

SF= *Swell Factor* (%)

CT= *Cycle Time* (s)

3.4 Metode Antrian

Sistem antrian adalah suatu kesatuan fasilitas pelayanan antara alat gali muat dan alat angkut. Teori antrian merupakan salah satu metode yang digunakan untuk dapat menganalisis dari segi biaya dan segi jumlah dari alat gali muat dan alat angkut yang diperlukan. Pada sisi lain teori antrian juga

dapat memberikan gambaran tentang tercapainya produksi yang optimum dengan biaya yang minim.

3.4.1 Karakteristik Sistem Antrian

1. Kedatangan atau masukan sistem. Kedatangan memiliki karakteristik seperti ukuran populasi, perilaku, dan sebuah distribusi statistik.
2. Disiplin antrian, atau antrian itu sendiri. Karakteristik antrian mencakup apakah jumlah antrian terbatas atau tidak terbatas panjangnya dan materi atau orang-orang yang ada di dalamnya.
3. Fasilitas pelayanan. Karakteristiknya meliputi desain dan distribusi statistik waktu pelayanan.

3.4.2 Karakteristik Kedatangan

1. Ukuran populasi kedatangan
2. Perilaku kedatangan
3. Pola kedatangan (distribusi statistik)

3.4.3 Disiplin Antri

Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri. Menurut Siagian (2006), ada 5 bentuk disiplin pelayanan yang biasanya digunakan yaitu :

1. *First Come First Served* (FCFS)
2. *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO)
3. *Service In Random Order* (SIRO)
4. *Priority Service* (PS)
5. *Round Robin* (RR)

4. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif, sebab dalam penelitian ini menggunakan data-data berupa angka-angka,dan jenis penelitian ini digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data

menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik. Dikutip dari kasiran (2008-149) menurut kontjojo (2009-11) penelitian kuantitatif adalah proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang kemudian dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian.

Data primer merupakan hasil dari observasi di lapangan secara langsung. Data yang termasuk dalam data primer meliputi *cycle time*, waktu hambatan atau masalah selama produksi dan waktu kerja efektif. Data ini yang nantinya akan menjadi pedoman ataupun patokan juga sumber untuk diolah nantinya.

Data sekunder merupakan data pendukung dan penunjang dalam pengolahan nantinya. Data itu meliputi data target produksi, spesifikasi alat, peta lokasi penambangan, dan jumlah alat yang digunakan perusahaan. Data tersebut di dapatkan dari pihak perusahaan dan juga sumber lainnya.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Produktivitas Alat Mekanis Aktual

5.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Mekanis Aktual

5.1.1.1 Waktu Edar Alat Mekanis

5.1.1.1.1 Waktu Edar Alat Gali Muat

Tabel 1. Waktu Edar Alat Gali Muat

Alat	Waktu Edar Rata-rata Excavator (s)
Excavator Komatsu PC 300	30,01

5.1.1.1.2 Waktu Edar Alat Angkut

Tabel 2. Waktu Edar Alat Angkut

Alat	Waktu Edar Dump Truck (s)
DT Hino 500 (01)	633.6
DT Hino 500 (02)	557.955
DT Hino 500 (03)	586.386
DT Hino 500 (04)	561.594
DT Hino 500 (05)	627.594
Rata-rata	593.426

5.1.1.2 Efisiensi Kerja

Waktu kerja efektif pada penambangan di pit 3 dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Jam Kerja Efektif

Jum'at		
waktu kerja efektif		
kegiatan	waktu	durasi
kerja produktif	14.00 - 17.00	3 jam/hari
total waktu kerja produktif/hari		3 jam/hari

sabtu - kamis		
waktu kerja efektif Kontraktor BKPA		
kegiatan	waktu	durasi
kerja produktif	07.00 - 12.00	5 jam/hari
istirahat	12.00 - 13.00	1 jam/hari
kerja produktif 2	13.00 - 17.00	4 jam/hari
total waktu kerja tersedia/hari		10jam/hari
total waktu kerja produktif/hari		9 jam/hari

Jumlah waktu produktif selama 30 hari adalah 246 jam/bulan.

Jadi waktu produktif selama 1 hari adalah 8,2 jam.

Dimana total hambatan rata-rata setiap harinya yaitu 149,67 menit atau 2,49 jam.

$$EK = \{(W_{kp} - W_{kh}) / W_{kt}\} \times 100\%$$

$$EK = (8,2 \text{ jam} - 2,49 \text{ jam}) / 8,2 \text{ jam} \times 100\%$$

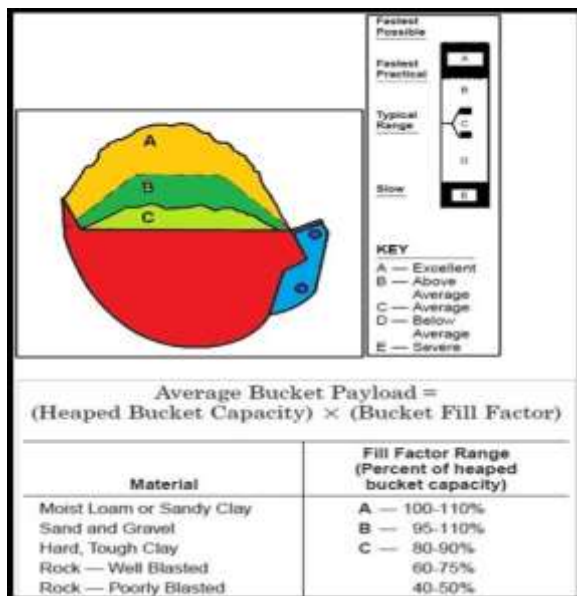
$$EK = 63 \% = 0,63$$

5.1.1.3 Swell Factor Material

Dalam menentukan *swell factor* material dapat dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan atau mengikuti standar faktor pengisian material seperti pada buku Partanto (1993) dimana tanah liat kering memiliki *swell factor* sebesar 85%.

5.1.1.4 Fill Factor Material

Dalam menentukan *fill factor* material dapat dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan atau mengikuti standar faktor pengisian material seperti pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Fill Factor Material

5.1.1.5 Jumlah Pengisian Bucket (n)

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

5.1.2 Kemampuan Produktivitas Alat Mekanis Aktual

5.1.2.1 Kemampuan Produktivitas Alat Gali Muat Aktual

$$Q = \frac{(q1 \times k) \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{1,50 \text{ m}^3 \times 0,90 \times 3600 \text{ detik} \times 0,63}{30 \text{ detik}}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam} \times \text{SF}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam} \times 0,85$$

$$Q = 96,39 \text{ Bcm/jam} \times \text{Density OB}$$

$$Q = 96,39 \text{ Bcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 202,419 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 171 Jam/bulan adalah :

$$Q = 171 \text{ Jam/bulan} \times 202,419 \text{ ton/jam}$$

$$Q = 34613,649 \text{ Ton/bulan}$$

5.1.2.2 Kemampuan Produktivitas Alat Angkut Aktual

$$Q = \frac{(n \times q1 \times k) \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{(5 \times 1,50 \text{ m}^3 \times 0,90) \times 3600 \text{ detik} \times 0,63}{593,426 \text{ detik}}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam} \times \text{Density OB}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 60,1945 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 171 jam/bulan adalah:

$$Q = 171 \text{ jam/bulan} \times 60,1945 \text{ ton/jam}$$

$$Q = 10293,2648 \text{ ton/bulan}$$

Jadi produktivitas untuk 5 DT adalah :

$$Q = 10293,2648 \text{ ton/bulan} \times 5$$

$$Q = 51466,3243 \text{ ton/bulan.}$$

5.2 Match Factor Alat Mekanis Aktual

Diketahui :

$$\text{Jumlah alat angkut (Na)} = 5 \text{ unit}$$

$$\text{Jumlah alat gali muat (Nm)} = 1 \text{ unit}$$

$$\text{Waktu edar alat angkut (CTa)} = 593,42 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu edar alat muat (CTm)} = 30 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah pengisian (n)} = 5 \text{ kali}$$

Penyelesaian :

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

$$MF = \frac{5 \times 30 \times 5}{593,426 \times 1}$$

$$MF = 1,26$$

$$MF > 1$$

Hasil analisa menjelaskan bahwa nilai faktor keserasian alat mekanis lebih dari 1, berarti kemampuan alat angkut belum mampu dilayani oleh alat gali muat yang menyebabkan terjadinya watu tunggu (antrian) pada alat angkut.

5.3 Rencana Perbaikan Produktivitas Alat Mekanis

5.3.1 Perbaikan Waktu Kerja Efektif

Upaya peningkatan waktu kerja efektif dapat dilakukan dengan cara meminimalisir dan menghilangkan hambatan yang tidak direncanakan yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kemungkinan penambahan waktu kerja efektif

hambatan yang diperbaiki	menit		
	sebelum ditekan	sesudah ditekan	penambahan waktu kerja efektif
telat mulai operasi	40.566	0	40.566
P5M	10	5	5
Persiapan operator	10	0	10
istirahat lebih awal	15	0	15
telat mulai setelah istirahat	15	0	15
berhenti lebih awal	15	0	15
persiapan pulang	10	0	10
TOTAL WAKTU			110.566

Waktu kerja efektif awal= 342,33 menit

Penambahan waktu kerja eff = 110,56 menit

Waktu kerja efektif baru= 452,89 menit.

5.3.2 Efisiensi Kerja Setelah Perbaikan

Berdasarkan perbaikan waktu kerja efektif seperti terlihat pada tabel 5, diperoleh

efisiensi kerja dengan analisa sebagai berikut :

Waktu kerja efektif = 452,89 menit

Waktu tersedia = 492 menit

$$EK = (W_{ke}/W_{kt}) \times 100\%$$

$$EK = \frac{452,89 \text{ menit}}{492 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$EK = 0,92 \%$$

5.4 Analisis Menggunakan Teori Antrian

5.4.1 Analisis Kebutuhan Alat Angkut

Pada langkah ini bertujuan untuk memperbaiki keserasian kerja alat (MF=1). Analisis kebutuhan alat angkut ini dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi teori antrian.

5.4.1.1 Penentuan Model Antrian

Berdasarkan pengamatan dilapangan barisan antrian untuk ukuran kedatangan secara terbatas dan hanya dilayani oleh satu unit alat gali muat. Sistem ini merupakan pelayanan tunggal (*single server*) dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani (*FCFS = First Come First Service*).

5.4.1.2 Keadaan Sistem Pelayanan

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

Tahap 1

Merupakan tahap pelayanan alat gali muat untuk memuat material ke alat angkut hingga penuh.

Tahap 2

Merupakan tahap pelayanan sendiri dimana alat angkut dalam perjalanan mengangkut material menuju *disposal*.

Tahap 3

Merupakan tahap alat angkut menumpahkan material di *disposal*.

Tahap 4

Merupakan tahap pelayanan sendiri dimana alat angkut tidak bermuatan kembali ke *front loading*.

$$= 130,275 \text{ detik} \approx 2,171 \text{ menit/truk}$$

$$\begin{aligned} \mu_4 &= \frac{1}{T_4} \times 60 \text{ menit} \\ &= \frac{1}{2,171} \times 60 \text{ menit} \\ &= \mathbf{27,63 \approx 28 \text{ truck/jam}} \end{aligned}$$

5.4.1.3 Simulasi Teori Antrian

5.4.1.3.2 Probabilitas Keadaan Antrian

5.4.1.3.1 Penentuan Tingkat Pelayanan

Pada langkah probabilitas ini nantinya akan mendapatkan banyaknya kemungkinan keadaan antrian. Jumlah alat angkut (N) yang dilayani oleh 1 unit *excavator* komatsu PC 300 adalah 5 unit dump truck Hino 500 dengan 4 tahap antrian (M). banyaknya kemungkinan keadaan antrian adalah:

5.4.1.3.1.1 Tahap 1 (T1)

$$\begin{aligned} T_1 &= \text{Waktu penepatan} + \text{waktu pengisian} \\ &= 54,6854 + (76,8648 \times 5 \text{ bucket}) \\ &= 436,98 \text{ detik} \approx 7,283 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas} &= \frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} \\ &= \frac{(5+4-1)!}{(4-1)!(5)!} \\ &= \mathbf{56 \text{ keadaan}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{T_1} \times 60 \text{ menit} \\ &= \frac{1}{7,283} \times 60 \text{ menit} \\ &= \mathbf{8,238 \approx 8 \text{ truck/jam}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.1.2 Tahap 2 (T2)

Berdasarkan analisa tersebut didapat probabilitas keadaan sistem yang dapat dilihat pada tabel 5.

$$\begin{aligned} T_2 &= \text{Waktu Hauling bermuatan} \\ &= 146,663 \text{ detik} \approx 2,44 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \frac{1}{T_2} \times 60 \text{ menit} \\ &= \frac{1}{2,44} \times 60 \text{ menit} \\ &= \mathbf{24,59 \approx 25 \text{ truck/jam}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.1.3 Tahap 3 (T3)

$$\begin{aligned} T_3 &= \text{Waktu dumping} \\ &= 51,1748 \text{ detik} \approx 0,8521 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_3 &= \frac{1}{T_3} \times 60 \text{ menit} \\ &= \frac{1}{0,8521} \times 60 \text{ menit} \\ &= \mathbf{70,422 \approx 70 \text{ truck/jam}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.1.4 Tahap 4 (T4)

$$T_4 = \text{Waktu hauling tidak bermuatan}$$

Tabel 5. Probabilitas Keadaan

Nomor Keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	5	0.0000159	0.0000078
2	0	0	5	0	0.0000243	0.0000119
3	0	5	0	0	0.0000190	0.0000094
4	5	0	0	0	1.0000000	0.4922228
5	0	0	1	4	0.0000332	0.0000163
6	0	1	0	4	0.0000823	0.0000405
7	1	0	0	4	0.0002777	0.0001367
8	0	1	4	0	0.0000602	0.0000296
9	1	0	4	0	0.0002033	0.0001001
10	0	0	4	1	0.0000581	0.0000286
11	1	4	0	0	0.0003211	0.0001581
12	0	4	1	0	0.0000383	0.0000189
13	0	4	0	1	0.0000918	0.0000452
14	4	1	0	0	0.2962963	0.1458438
15	4	0	1	0	0.1194030	0.0587729
16	4	0	0	1	0.2857143	0.1406351
17	0	0	2	3	0.0000554	0.0000273
18	0	2	0	3	0.0001706	0.0000840
19	2	0	0	3	0.0038873	0.0019134
20	0	2	3	0	0.0000747	0.0000368
21	2	0	3	0	0.0017023	0.0008379
22	0	0	3	2	0.0000695	0.0000342
23	2	3	0	0	0.0043354	0.0021340
24	0	3	2	0	0.0000618	0.0000304
25	0	3	0	2	0.0001770	0.0000871
26	3	2	0	0	0.0438957	0.0216065
27	3	0	2	0	0.0142571	0.0070177
28	3	0	0	2	0.0408163	0.0200907
29	0	1	1	3	0.0001375	0.0000677
30	1	0	1	3	0.0004642	0.0002285
31	1	1	0	3	0.0011518	0.0005669
32	1	1	3	0	0.0005044	0.0002483
33	1	0	3	1	0.0004864	0.0002394
34	0	1	3	1	0.0001441	0.0000709
35	1	3	1	0	0.0005177	0.0002548
36	0	3	1	1	0.0001479	0.0000728
37	1	3	1	0	0.0005177	0.0002548
38	3	1	1	0	0.0353787	0.0174142
39	3	1	0	1	0.0846561	0.0416697
40	3	0	1	1	0.0341151	0.0167922
41	0	2	2	1	0.0001788	0.0000880
42	2	0	2	1	0.0040734	0.0020050
43	2	2	0	1	0.0125416	0.0061733
44	2	2	1	0	0.0052413	0.0025799
45	0	2	1	2	0.0002139	0.0001053
46	2	2	1	0	0.0052413	0.0025799
47	2	1	2	0	0.0042243	0.0020793
48	2	1	0	2	0.0120937	0.0059528
49	0	1	2	2	0.0001724	0.0000849
50	1	2	2	0	0.0006258	0.0003080
51	1	2	0	2	0.0017917	0.0008819
52	1	0	2	2	0.0005819	0.0002864
53	1	1	1	2	0.0014440	0.0007108
54	1	1	2	1	0.0012069	0.0005941
55	1	2	1	1	0.0014975	0.0007371
56	2	1	1	1	0.0101082	0.0049755
Total					2.0316002	0.9999999

5.4.1.3.3 Perhitungan Lq1, Lq3, η, e, Wq1, dan Wq3

5.4.1.3.3.1 Lq1

Merupakan antrian alat angkut yang akan dimuat oleh alat gali muat dengan syarat n1 < 1

$$Lq1 = n1 > 1 = (1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 19, 21, 23, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 56}) + 2 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 26, 27, 28, 38, 39, 40}) + 3 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 14, 15, 16}) + 4 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 4})$$

Lq1 = 3,2850595 ≈ 3 truk

5.4.1.3.3.2 Lq3

Merupakan antrian alat angkut saat akan menumpahkan material ke *disposal* dengan cara n3 > 1

$$Lq3 = n3 > 1 = (1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 17, 24, 27, 41, 42, 47, 49, 50, 52, 54}) + (2 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 20, 21, 22, 32, 33, 34})) + (3 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 8, 9, 10})) + (4 \times \sum (\text{probabilitas keadaan 4}))$$

Lq3 = 0,0159789 ≈ 1 truk

5.4.1.3.3.3 η

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

$$\eta = \eta1 = 1 - \sum (\text{probabilitas keadaan 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 29, 34, 36, 41, 45, 49})$$

η = 0,999107703

5.4.1.3.3.4

Merupakan jumlah pelanggan yang dapat dilayani pada pelayanan sistem. Pada tahap 1 tingkat pelanggan yang dapat dilayani dapat dianalisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho &= \eta_1 \times \mu_1 \\ &= 0,999107703 \times 8 \text{ truk/jam} \\ \rho &= \mathbf{7,992861625 \text{ truk/jam}} \\ &\approx \mathbf{8 \text{ truk/jam}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.3.5 Wq1

Merupakan waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat pengisian material *overburden* di *front loading* yang dapat dianalisa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Wq1 &= \frac{Lq1}{\rho} \\ &= \frac{\mathbf{3,2850595 \text{ truk}}}{\mathbf{7,992861625 \text{ truk/jam}}} \\ \mathbf{Wq1} &= \mathbf{0,4109992 \text{ jam} = 24,66 \text{ menit}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.3.6 Wq3

Merupakan waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat penumpahan material *overburden* di *disposal* yang dapat dianalisis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Wq3 &= \frac{Lq3}{\rho} \\ &= \frac{\mathbf{0,0159789 \text{ truk}}}{\mathbf{7,992861625 \text{ truk/jam}}} \\ \mathbf{Wq3} &= \mathbf{0,0019991 \text{ jam}} \\ &= \mathbf{0,119948 \text{ menit}} \end{aligned}$$

5.4.1.3.4 Waktu Edar Alat Angkut

Berdasarkan simulasi teori antrian, dapat dianalisa waktu siklus alat angkut sebagai pelanggan dalam sistem pelayanan dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{CT} = \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} + Wq1 + Wq3 \right)$$

$$= \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{28} + 0,4109992 \text{ jam} + 0,0019991 \text{ jam} \right)$$

$$\mathbf{CT} = \mathbf{0,6278 \text{ jam} = 37,668 \text{ menit}}$$

5.4.1.3.5 Tingkat Kedatangan Pelanggan

Tingkat kedatangan pelanggan menunjukkan rata-rata kedatangan pelanggan perjam untuk dilayani oleh pelayanan sistem. Tingkat kedatangan setiap pelanggan perjam dapat dianalisa dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_1 = \frac{1}{CT} \\ &= \frac{1}{\mathbf{0,6278 \text{ jam/truk}}} \\ \lambda &= \mathbf{1,592 \text{ truk/jam} \approx 2 \text{ truk/jam}} \end{aligned}$$

berdasarkan tingkat kedatangan pelanggan perjam, dapat diketahui jumlah ideal pelanggan yang mampu untuk dilayani oleh sistem pelayanan perjam dengan analisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N &= \frac{\mu_1}{\lambda} \\ &= \frac{\mathbf{8 \text{ truk/jam}}}{\mathbf{2 \text{ truk/jam}}} \\ N &= \mathbf{4 \text{ unit}} \end{aligned}$$

Hasil analisa tersebut memperlihatkan bahwa 1 unit alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 sebagai sebuah sistem pelayanan idealnya mampu untuk melayani 4 unit *dump truck* Hino 500.

5.4.2 Keserasian Alat Mekanis Setelah Perbaikan

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah alat angkut (Na)} &= 4 \text{ unit} \\ \text{Jumlah alat gali muat (Nm)} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Waktu edar alat angkut (CTa)} &= 593,42 \text{ detik} \\ \text{Waktu edar alat muat (CTm)} &= 30 \text{ detik} \\ \text{Jumlah pengisian (n)} &= 5 \text{ kali} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

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

$$MF = \frac{5 \times 30 \times 4}{593,426 \times 1}$$

$$MF = 1,01$$

MF = 1 berarti persentase kinerja kedua alat dapat mencapai 100 % sehingga tidak ada waktu tunggu yang terjadi. Keadaan ini sangat jarang terjadi langsung dilampirkan dalam waktu yang lama.

5.4.3 Produktivitas Alat Mekanis Setelah Perbaikan

Berdasarkan hasil analisa perbaikan faktor yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis, maka adanya penambahan waktu kerja efektif yang akan berpengaruh terhadap efisiensi didapatkan hasil. Adapun perbaikan yang mempengaruhi produktivitas dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi data perbaikan faktor yang mempengaruhi produksi

Jenis Alat	Jumlah Alat (menit)	Kapasitas Bucket (m ³)	Bucket Fill factor (%)	Effisiensi Kerja (%)	Waktu Siklus Perbaikan (detik)
Excavator Komatsu PC 300	1	1,5	85	92	30
Dump Truck HINO 500	4	1,5	85	92	593,426

5.4.3.1 Produktivitas Alat Gali Muat Setelah Perbaikan

$$Q = \frac{q1 \times K \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{1,35 \text{ m}^3 \times 3600 \text{ detik} \times 0,92}{30 \text{ detik}}$$

$$Q = 149,04 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 149,04 \text{ Lcm/jam} \times SF$$

$$Q = 149,04 \text{ Lcm/jam} \times 0,85$$

$$Q = 126,684 \text{ Bcm/jam} \times \text{Density OB}$$

$$Q = 126,684 \text{ Bcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 266,0364 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 225,9 Jam/bulan adalah :

$$Q = 225,9 \text{ Jam/bulan} \times 266,0364 \text{ ton/jam}$$

$$= 60097,62 \text{ Ton/bulan}$$

5.4.3.2 Produktivitas Alat Angkut Setelah Perbaikan

$$Q = \frac{n \times q1 \times K \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{6,75 \text{ m}^3 \times 3600 \text{ detik} \times 0,92}{593,426 \text{ detik}}$$

$$Q = 37,672 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 37,672 \text{ Lcm/jam} \times \text{Density Overburden}$$

$$Q = 37,672 \text{ Lcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 79,112 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 225,9 jam/bulan adalah:

$$Q = 225,9 \text{ jam/bulan} \times 79,112 \text{ ton/jam}$$

$$= 17871,584 \text{ ton/bulan}$$

Jadi, produktivitas alat angkut dump truck Hino 500 adalah 17871,584 ton/bulan, maka produktivitas 4 dump truck Hino 500 adalah 17871,584 x 4 adalah **71486,3375 ton/bulan.**

Berdasarkan analisa perbaikan faktor yang mempengaruhi produksi alat mekanis, maka dapat dilihat perbandingan produksi dalam mencapai target produksi 105.000 ton/bulan pada penambangan *overburden* di pit 3 PT. Jambi Prima Coal pada tabel 7.

Tabel 7. Rekaputasi produksi penambangan *overburden* sebelum dan sesudah perbaikan

Sebelum Perbaikan (Actual)	Target Produksi (Ton/bulan)	Setelah Perbaikan (Ton/bulan)
90.850,00	105.000,00	131.583,995

Data pada tabel 7, dapat dilihat perubahan dan kenaikan dari produksi

overburden sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan menggunakan metode antrian dengan menggunakan 1 unit alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 dan 4 unit alat angkut *dump truck* Hino 500 yang mampu mencapai target produksi 105.000 ton/bulan dan mengalami kenaikan produksi sebesar 38,79% dimana sebelum perbaikan produksi sebesar 86,52% dan setelah perbaikan naik sampai 125,31% pada penambangan *overburden* di Pit 3 PT. Jambi Prima Coal.

5.5 Analisis Menggunakan Metode Kapasitas Produksi

5.5.1 Menghitung Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

5.5.1.1 Produktivitas Alat Gali Muat

$$Q = \frac{q1 \times K \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{1,35 \text{ m}^3 \times 3600 \text{ detik} \times 0,63}{30 \text{ detik}}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam} \times \text{SF}$$

$$Q = 113,4 \text{ Lcm/jam} \times 0,85$$

$$Q = 96,39 \text{ Bcm/jam} \times \text{Density Overburden}$$

$$Q = 96,39 \text{ Bcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 202,419 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 171 Jam/bulan adalah :

$$Q = 171 \text{ Jam/bulan} \times 202,419 \text{ ton/jam} \\ = \mathbf{34613,649 \text{ Ton/bulan}}$$

5.5.1.2 Produktivitas Alat Angkut

$$Q = \frac{n \times q1 \times K \times 3600 \times Ek}{CT}$$

$$Q = \frac{6,75 \text{ m}^3 \times 3600 \text{ detik} \times 0,63}{593,426 \text{ detik}}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam} \times \text{Density Overburden}$$

$$Q = 28,6640 \text{ Lcm/jam} \times 2,1 \text{ Ton/m}^3$$

$$Q = 60,1945 \text{ Ton/jam}$$

Dengan jam kerja 171 jam/bulan adalah:

$$Q = 171 \text{ jam/bulan} \times 60,1945 \text{ ton/jam} \\ = \mathbf{10293,2648 \text{ ton/bulan}}$$

Jadi, produktivitas alat angkut *dump truck* Hino 500 adalah 10293,2648 ton/bulan, maka produktivitas 5 *dump truck* Hino 500 adalah 10293,2648 x 5 adalah **51466,3243 ton/bulan.**

5.5.2 Penentuan Jumlah Dump Truck yang Optimal Berdasarkan Kapasitas Produksi

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas produksi dan kebutuhan *dump truck* yang melayani *excavator* dapat ditentukan dengan *matching factor* standar 1. Cara perhitungannya adalah dengan menghitung aktual jumlah *dump truck* yang dibutuhkan untuk bekerja melayani *excavator* sesuai dengan waktu siklus.

$$\text{Jumlah DT} = \frac{\text{(waktu siklus DT)}}{\{(\text{waktu siklus EXCA} \times \text{jumlah pengisian})\}}$$

Diketahui :

$$\text{Waktu siklus } \textit{dump truck} = 593,426 \text{ detik} \\ = \mathbf{9,89 \text{ menit}}$$

$$\text{Waktu siklus } \textit{excavator} = 30 \text{ detik}$$

$$= \mathbf{0,5 \text{ menit}}$$

$$\text{Jumlah pengisian } \textit{bucket} = \mathbf{5}$$

$$\text{Jumlah DT} = \frac{\text{(waktu siklus DT)}}{\{(\text{waktu siklus EXCA} \times \text{jumlah pengisian})\}}$$

$$\text{Jumlah DT} = \frac{9,89 \text{ menit}}{0,5 \text{ menit} \times 5}$$

$$= \mathbf{3,956 \approx 4 \text{ unit}}$$

5.5.3 Perhitungan Match Factor Menggunakan Metode Kapasitas Produksi

Diketahui :

- Jumlah alat angkut (Na) = 4 unit
- Jumlah alat gali muat (Nm) = 1 unit
- Waktu edar alat angkut (CTa)= 593,42 detik
- Waktu edar alat muat (CTm) = 30 detik
- Jumlah pengisian (n) = 5 kali

Penyelesaian :

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

$$MF = \frac{5 \times 30 \times 4}{593,426 \times 1}$$

$$MF = 1,01$$

Setelah dilakukan perhitungan *match factor* maka dapat diperoleh hasil kebutuhan *dump truck* berdasarkan kapasitas produksi dengan MF=1 sebanyak 4 unit alat angkut dari aktualnya sebanyak 5 *dump truck*. Dengan demikian kita dapat menghemat penggunaan *dump truck* sebanyak 1 unit yang dapat berdampak pada pengurangan biaya operasional. Jumlah unit dan *match factor* berdasarkan metode kapasitas produksi dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Unit dan *Match Factor* Berdasarkan Kapasitas Produksi

Jumlah Excavator (unit)	Jumlah Dump Truck Aktual (unit)	Cycle Time Excavator (menit)	Cycle Time Dump Truck (menit)	Jumlah Pengisian (Bucket)	Match Factor	Jumlah Dump Truck Simulasi (unit)
1	5	0,5	9,89	5	1,01	4

5.6 Setingan *Dump Truck* Berdasarkan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan jumlah *dump truck* dari metode kapasitas produksi dan teori antrian pada alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 dengan alat angkut Hino 500 maka didapatkan setingan alat pada tabel 9 berikut:

Tabel 9. Setingan alat berdasarkan metode kapasitas produksi dan teori antrian

Jumlah Alat Angkut		
Hasil Perhitungan		
Aktual	Metode Kapasitas Produksi	Teori Antrian
5	4	4

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

- Berdasarkan perhitungan didapatkan kemampuan produktivitas aktual 1 unit alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 dan 5 unit alat angkut *dump truck* Hino 500 pada produksi *overburden* di pit 3 PT. Jambi Prima Coal adalah 34613,649 ton/bulan dan 51466,3243 ton/bulan yang menunjukkan produktivitas kedua alat tersebut belum mampu mencapai target produksi perusahaan sebesar 105.000 ton/bulan.
- Setelah dilakukan perhitungan dengan metode antrian jumlah *dump truck* yang dibutuhkan yaitu sebanyak 4 unit dan dilakukan perhitungan MF dengan 4 unit alat angkut diperoleh MF=1,01. Oleh sebab itu didapatkan kesimpulan kemampuan produktivitas alat mekanis meningkat dimana 1 unit *excavator* Komatsu PC 300 dapat memproduksi 60097,62 ton/bulan dengan 4 unit *dump truck* Hino 500 dapat memproduksi 71486,3375 ton/bulan. Sehingga target produksi 105.000 ton/bulan dapat tercapai dan mengalami peningkatan produksi sebesar 38,79 %.
- Setelah dilakukan analisa kebutuhan alat angkut menggunakan metode kapasitas produksi, diperoleh kesimpulan bahwa

jumlah *dump truck* yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 unit. Dan setelah dilakukan perhitungan *match factor* dengan jumlah 4 unit alat angkut maka didapatkan $MF = 1,01$ yang berarti bahwa kinerja kedua alat mekanis hampir mencapai 100% sehingga tidak ada waktu tunggu yang terjadi.

6.2 Saran

1. Kepada pihak perusahaan Diperlukan disiplin kerja untuk mengurangi hambatan yang tidak direncanakan guna mengoptimalkan produksi dilapangan. Bentuk disiplin dapat dimulai dari atasan yang kemudian dapat dicontoh oleh karyawan.
2. Kepada pihak perusahaan diperlukan untuk memaksimalkan penggunaan dari alat mekanis karena mempunyai kondisi mesin dan kondisi fisik yang baik, namun kondisi pengelolaan dan penggunaannya hanya 64% yang terbilang buruk dan perlu untuk dimaksimalkan guna mendapatkan keuntungan dan produksi yang maksimal.
3. Berdasarkan analisa *match factor* didapatkan $MF = 1,25$ ($MF > 1$) yang berarti perusahaan harus mengkaji kembali kebutuhan alat yang diperlukan untuk mencapai produktivitas optimal dan biaya operasional yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, I. M., & Gusman, M. (2020). Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Angkut Menggunakan Metode Antrian Dan Kapasitas Produksi pada Penambangan Andesit di PT Bintang Sumatra Pacific. *Bina Tambang*, 5(2), 275-284.
- [2] Alkass, S., Moslamani, K, & Alhussein, M. (2003). A Computer Model For Selecting Equipment For Earthmoving Operations Using Queueing Theory. *Proceeding Contruction Information Department Of Building, Civil And Environmental Engineering*. (pp 78-83). Concordia University, Montreal. Canada.
- [3] Asri, Y., & Gusman, M. (2019). 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. *Bina Tambang*, 4(1), 400-413.
- [4] Baroto, T. (2010). Penentuan Jumlah Operator Bagian Packing dengan Menggunakan Metode Antrian Guna Mengurangi Waktu Tunggu dan Biaya. *Jurnal Teknik Industri*, 1(1), 50-59.
- [5] Batkovskiy, A. M., Klochkov, V. V., Semenova, E. G., Fomina, A. V., & Cherner, N. V. (2015). Management of Utilization and Development of the Production Capacity of the Military-Industrial Complex. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(5 S4), 327.
- [6] Elvionita, D. R., Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M. (2018). Kajian Sistem Kerja Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Dengan Penerapan Metode Antrian Di Pit Taman Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Bina Tambang*, 3(2), 819-834.
- [7] Ercelebi, S. G., & Bascetin, A. (2009). Optimization of shovel-truck system for

- surface mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 109(7), 433-439.
- [8] Hidayat, A., & Murad, M. (2019). Optimalisasi Kerja Alat Dengan Sistem Antrian Satu Setengah Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja, Dan Mengoptimalkan Produksi Pada Pengupasan Overburden Di Pit Central Jobsite Adaro Indonesia PT. Saptaindra Sejati. *Bina Tambang*, 4(4), 71-79.
- [9] Indonesianto, Y., 2007, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.
- [10] Kumaran, S. K., Dogra, D. P., & Roy, P. P. (2019). Queuing theory guided intelligent traffic scheduling through video analysis using Dirichlet process mixture model. *Expert Systems with Applications*, 118, 169-181.
- [11] May, M. (2012). Application Of Queuing Theory For Open Pit Truck/Shovel Haulage Systems. Thesis. Virginia Polytechnic Institute And State University. Blacksburg.
- [12] Nurdin, M. R., & Astuti, M. (2013). Pengembangan Model Work In Process Pada UKM Produk Kerajinan Bambu dengan Pendekatan Metode Antrian dan Simulasi. *Model Work In Process*, 5(10).
- [13] Partanto, 1983 , *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*, Teknologi Bandung, Bandung.
- [14] Prasmoro, A. V., & Hasibuan, S. (2018). 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.
- [15] Prasmoro, A. V. (2014). Optimasi Produksi Dump Truck Volvo Fm 440 Dengan Metode Kapasitas Produksi Dan Teori Antrian Di Lokasi Pertambangan Batubara. *Jurnal OE*, 6(1).
- [16] Preduanda, H., & Ansosry, A. (2019). Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Pada Penambangan Batukapur di Area 242 (Tajarang) PT. Semen Padang. *Bina Tambang*, 4(3), 32-42.
- [17] Putri, K. S., Widyadana, I. G. A., & Palit, H. C. (2015). Peningkatan Kapasitas Produksi pada PT. Adicitra Bhirawa. *Jurnal Titra*, 3(1), 69-76.
- [18] Rochmanhadi. 1984. Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Menggunakan Alat Berat, Badan Penerbitan Pekerjaan.
- [19] Sahoo, S. (2012). Truck Allocation Mode Using Linier Programming And Queueing Theory. Thesis. Department of Mining Engineering. National Institute of Technology Rourkela. Odisha.
- [20] Siswara, W. A. (2017). OPTIMASI PRODUKSI BATUGAMPING DENGAN MENGGUNAKAN METODE KAPASITAS PRODUKSI DAN TEORI ANTRIAN DI PT. SEMEN PADANG, BUKIT KARANG PUTIH INDRAMUGI, SUMATERA BARAT. *ETD Unsyiah*.

- [21] Sumarya. 2012. Bahan Ajar Pemindahan Tanah Mekanis. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [22] Zhang, J., Xie, J., & Zhang, H. (2019). Production capacity and mining plan. Optimization of fault/fracture controlled EGS model in Gonghe Basin. *Energy Science & Engineering*, 7(6), 2966-2983