

OPTIMASI ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT MENGUNAKAN METODE TEORI ANTRIAN DAN KAPASITAS PRODUKSI PADA KEGIATAN *COAL GETTING* DI PT NATURAL ARTHA RESOURCE

Anggun Putri Dwi Hidayati¹, Irfan Satria Permana², Marisa Oktavia³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Muara Bungo, Jambi-Indonesia
Email: anggunteknik2014@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan penambangan batubara di PT. Natural Artha Resource menggunakan 1 (satu) unit *Excavator Komatsu PC 200* sebagai alat gali muat dan 3 (tiga) unit *Dump Truck Isuzu GIGA 285 PS* sebagai alat angkut. Penggunaan alat mekanis yang kurang optimal dapat mengakibatkan jumlah produksi tidak tercapai. Besarnya biaya operasi produksi salah satunya disebabkan oleh jumlah armada yang berlebihan, sebaliknya jumlah armada yang sedikit akan mengurangi jumlah produksi yang diperoleh. Hal yang dapat diupayakan dalam melakukan efisiensi terhadap jumlah *dump truck* adalah dengan melakukan simulasi untuk mengoptimasi alat gali muat dan alat angkut dengan menggunakan metode teori antrian. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung jumlah produksi aktual alat gali muat dan alat angkut, menghitung jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode kapasitas produksi setelah perbaikan, menghitung jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode teori antrian. Dari pengamatan dan pengolahan data, maka didapat hasil sebagai berikut: target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 27.000 ton/bulan, jumlah produksi untuk 3 (tiga) alat angkut Isuzu GIGA 285 PS adalah sebesar 12.458,8 ton/bulan, jumlah produksi untuk 4 (empat) alat angkut Isuzu GIGA 285 PS berdasarkan metode kapasitas produksi setelah perbaikan adalah 17.304,3 ton/bulan, sedangkan berdasarkan metode teori antrian dibutuhkan 5 (lima) *Dump Truck Isuzu GIGA 285 PS*. Sehingga produksi menjadi 21.345,8 ton/bulan. Jumlah *dump truck* yang dibutuhkan berdasarkan metode kapasitas produksi adalah 4 (empat) unit sedangkan berdasarkan metode teori antrian adalah sebanyak 5 (lima) unit.

Kata Kunci: Produksi ; Jumlah Dump Truck ; Teori Antrian

ABSTRACT

Coal mining activities at PT. Natural Artha Resource uses 1 (one) unit of Komatsu PC 200 Excavator as a digging tool and 3 (three) units of Isuzu GIGA 285 PS Dump Truck as a means of transportation. The use of mechanical equipment that is less than optimal can result in the amount of production not being achieved. One of the reasons for the large production operating costs is the excessive number of fleets, on the other hand, a small number of fleets will reduce the amount of production obtained. The thing that can be attempted in making efficiency of the number of dump trucks is to perform simulations to optimize the loading and unloading equipment and transportation equipment using the queuing theory method. The purpose of this study was to calculate the actual production of loading and unloading equipment and transportation equipment, to calculate the number of loading and unloading equipment and transportation equipment based on the production capacity method after repairs, to calculate the number of loading and unloading equipment and transportation equipment based on the queuing theory method. From the observation and data processing, the following results are obtained: the production target set by the company is 27,000 tons/month, the total production for 3 (three) Isuzu GIGA 285 PS conveyances is 12,458,8 tons/month, total production for 4 (four) Isuzu GIGA 285 PS transportation equipment based on the production capacity method after repair is 17,304,3 tons/month while based on the queuing theory method it takes 5 (five) Isuzu GIGA 285 PS Dump Trucks, So that production becomes 21,345.8 tons/month. The number of dump trucks needed based on the production capacity method is 4 (four) units while based on the queuing theory method is 5 (five) units

Keywords: Production ; Number of Dump Trucks ; Queue Theory

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai Negara yang kaya dengan kandungan sumber daya mineralnya, salah satunya batubara. Sektor pertambangan batubara memberikan kontribusi besar bagi investasi dalam negeri dan kegiatan ekspor. Selain itu sektor pertambangan juga sebagai salah satu sumber devisa bagi Negara Indonesia. Menurut (Laoly, 2020), Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan, dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang.

PT. Natural Artha Resource (PT. NAR) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara. Kegiatan penambangan pada PT. NAR menggunakan system tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode penambangan *back filling digging method* (metode penggalian gali tutup). Produktivitas nyata dari alat mekanis yang bekerja sering tidak sesuai dengan produktivitas secara teoritis sehingga akan berpengaruh terhadap pencapaian target produksi yang diharapkan oleh perusahaan.

Peningkatan efisiensi kerja dan keserasian alat mekanis akan berpengaruh terhadap pencapaian target produksi tersebut. Dalam operasinya, PT. NAR menggunakan rangkaian kerja alat gali muat *Excavator* Komatsu PC 200 dan *Dump Truck* Isuzu GIGA 285 PS untuk memindahkan material dari lokasi penambangan ke unit pengolahan dengan target produksi yang telah ditetapkan. Penggunaan alat mekanis yang tidak efektif dapat mempengaruhi target produksi yang telah ditetapkan. Target produksi penambangan batubara PT. NAR adalah sebesar 27.000 ton/bulan sedangkan realisasinya produksi alat gali muat dan alat angkut saat ini belum bias tercapai.

Belum tercapainya target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan dipengaruhi oleh system kerja alat mekanis yang belum efisien dan rendahnya kemampuan produksi saat ini, dimana kemampuan alat mekanis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi jalan angkut, pola pemuatan, efisiensi kerja, dan keserasian alat gali muat dan alat angkut (Rochmanhadi, 1992). Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, maka penulis tertarik untuk mengambil judul "Optimasi

Alat Gali Muat dan Alat Angkut menggunakan Metode Teori Antrian dan Kapasitas Produksi pada Kegiatan *Coal Getting*".

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dari penelitian ini adalah :

- Berapakah produksi alat gali muat dan alat angkut ?
- Berapakah jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode kapasitas produksi setelah perbaikan ?
- Berapakah jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode teori antrian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari hasil penelitian yaitu:

- Menghitung jumlah produksi alat gali muat dan alat angkut.
- Menghitung jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode kapasitas produksi setelah perbaikan.
- Menghitung jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode teori antrian.

II. DASAR TEORI

2.1. Metode Kapasitas Produksi

a. Pemuatan/loading

Alat yang digunakan untuk pekerjaan pemuatan material pada penambangan batubara adalah *Excavator*. Menurut (Rochmanhadi, 1992) Produksi perjam *excavator* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C_{tm}}$$

Keterangan

- Q : Produktivitas per jam (m³/jam)
q : Kapasitas produksi persiklus (m³)
E : Efisiensi kerja
C_{tm} : Cycle time alat gali (s)

Menurut (Rochmanhadi, 1992) Kapasitas produksi persiklus *excavator* dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$q = q_1 \times K$$

Keterangan

- q : Kapasitas persiklus (m³)
q₁ : Kapasitas bucket (m³)
K : Fill factor bucket

b. Pengangkutan/hauling

Pengangkutan adalah kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral atau bahan galian dari daerah tambang atau tempat pengolahan. Menurut (Rochmanhadi, 1992)

Produksi perjam alat angkut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cta}$$

Keterangan

- Q : Produktivitas per jam (m³/jam)
q : Kapasitas produksi persiklus (m³)
E : Efisiensi kerja
Cta : *Cycle time* alat gali (s)

Menurut (Rochmanhadi, 1992) Kapasitas produksi persiklus dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$q = q_1 \times K \times n$$

Keterangan

- q : Kapasitas persiklus (m³)
q1 : Kapasitas *bucket* (m³)
K : *Fill factor bucket*
n : Jumlah siklus untuk mengisi alat angkut

c. Faktor keserasian (*match factor*)

Menurut (Indonesianto, 2010) Faktor keserasian untuk menyatakan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$MF = \frac{NT \times Ctm}{nL \times Cta}$$

Keterangan

- NT : Jumlah alat angkut (unit)
nL : Jumlah alat muat (unit)
Ctm : Waktu edar alat muat mengisi penuh 1 bak *truck*
Cta : *Cycle time* alat angkut (s)

Bila dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil sebagai berikut :

- 1). MF < 1, maka alat muat akan menunggu sedangkan alat angkut akan bekerja penuh.
- 2). MF = 1, maka kedua alat tersebut sudah serasi (*synchron*), artinya kedua-duanya akan sama sibuknya dan tidak ada yang menunggu.
- 3). MF > 1, maka alat angkut akan menunggu sedangkan alat muat akan bekerja penuh.

2.2. Metode Teori Antrian

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dari antrian atau baris penungguan. Teori antrian berkenaan dengan seluruh aspek dari situasi pelanggan (baik orang maupun barang) harus antri untuk mendapatkan suatu layanan. Sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan,

pelayan, dan aturan yang mengatur kedatangan para pelanggan.

Keadaan sistem menunjuk pada jumlah pelanggan yang berada dalam suatu fasilitas pelayanan, termasuk dalam antriannya. Tujuan penggunaan teori antrian adalah untuk merancang fasilitas pelayanan, dalam mengatasi permintaan pelayanan yang berfluktuasi secara *random* dan menjaga keseimbangan antara biaya (waktu menganggur) pelayanan dan biaya (waktu) yang diperlukan selama antrian

1). Komponen Sistem Antrian

Komponen dasar sistem antrian adalah kedatangan, pelayanan dan antri. Faktor – faktor penting dalam pengembangan model antrian yaitu:

- a. Sumber masukan
unit masukan dari sebuah sistem diperoleh dari beberapa populasi. Populasi ini bisa tidak terbatas dan bisa pula terbatas ukurannya. Kedatangan pelanggan biasanya dicirikan oleh adanya waktu edar antar kedatangan (*interarrival time*), yaitu waktu antar kedatangan dari pelanggan secara berturut – turut pada suatu fasilitas pelayanan. Tingkat kedatangan itu dapat diketahui secara pasti (*deterministic*), atau berupa suatu variabel acak yang distribusi probabilitasnya telah diketahui.
- b. Disiplin pelayanan
Disiplin pelayanan merupakan sutau aturan dimana para pelanggan dilayani, tipe aturan antrian terdiri dari :
 - a) *First In First Out* (FIFO), merupakan aturan yang mendasar pada yang pertama masuk, pertama keluar ataupun pertama datang yang akan dilayani (*First come first served*).
 - b) *Last In First Out* (LIFO), merupakan aturan pelayanan yang mendasarkan pada pelanggan yang terakhir masuk pertama keluar.
 - c) *Service In Random Order* (SIRO), merupakan aturan pelayanan dalam aturan acak.
 - d) *Priority Disclipines* (PRI), merupakan aturan pelayanan berdasarkan prioritas.

2). Karakteristik Sistem Antrian Putaran

Operasi antrian adalah memakai sistem antrian putaran terdiri dari kumpulan tahap dalam suatu rangkaian tertutup. Sistem ini memakai 1 unit alat muat sebagai pelayan sedangkan alat angkut sebagai pelanggan.

Pada operasi penambangan yang melibatkan sebuah *excavator* dan *dump truck*, pada operasi ini terdiri dari 4 tahap, yaitu :

- 1) *Excavator* (pelayanan pemuatan *dump truck*)
- 2) *Dump truck* bermuatan (pengangkutan ke *stockpile*).
- 3) Lokasi *stockpile* (pelayanan *dump truck* menumpahkan muatannya).
- 4) *Dump truck* kosong (pelayanan *dump truck* kembali ke *front* penambangan).

3). Perhitungan Teori Antrian

a. Penentuan jumlah kemungkinan keadaan

Untuk perluasan model antrian putara tiap – tiap tahap dapat dianggap sama, seperti keadaan untuk seluruh sistem putaran yang dapat ditunjukkan dengan (n_1, n_2, \dots, n_M) dimana n_1 unit alat angkut pada tahap 1, n_2 adalah unit alat angkut pada tahap 2 dan begitu seterusnya hingga tahap M. Menurut (Carmichael, 1987) Penentuan jumlah kemungkinan keadaan dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{(N+M-1)}{N} = \frac{(N+M-1)}{(M-1)!(N)!}$$

Keterangan

- N : Jumlah alat angkut
M : Tahap-tahap dalam antrian

b. Probabilitas keadaan antrian putaran

Menurut (Carmichael, 1987) apabila ada 4 tahap dengan N alat angkut, maka dapat dihitung dengan rumus :

$$= P(n_1, n_2, n_3, n_4) = \frac{\mu_1^{(N-n_1)}}{n_2! \mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}} P(n_1, n_2, n_3, n_4)$$

Keterangan

- N : Tingkat pelayanan alat muat (unit/jam)
n : Jumlah alat angkut dalam system pada suatu waktu (unit)
n : Jumlah alat angkut (unit)

1. Rata-rata jumlah *dump truck* yang menunggu dalam antrian

Menurut (Carmichael, 1987) Tahap 1 yaitu pada saat *dump truck* menunggu untuk dimuati dengan ketentuan keadaan $n_1 > 1$, yang dapat ditentukan dengan rumus :

$$Lq1 = 1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan } n_1 > 1)$$

Menurut (Carmichael, 1987) Tahap 3 yaitu pada saat *dump truck* menunggu untuk menumpahkan

muatan ke unit penimbunan dengan ketentuan keadaan $n_3 > 1$, yang dapat ditentukan dengan rumus :

$$Lq3 = 1 \times \sum (\text{probabilitas keadaan } n_3 > 1)$$

2. Rata-rata waktu tunggu *dump truck* dalam antrian

Menurut (Carmichael, 1987) tingkat kesibukan *excavator* dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta_1 = 1 - \sum P(n_1, n_2, n_3, n_4)$$

Menurut (Carmichael, 1987) jumlah pelanggan yang dapat dilayani tiap – tiap tahapnya adalah :

$$\theta = \eta_1 \times \mu_1$$

Menurut (Carmichael, 1987) waktu sebuah alat angkut antri dalam tahap i dapat dihitung dengan rumus :

$$Wq1 = \frac{Lq1}{\theta}$$

3. Total waktu edar dan tingkat kedatangan *dump truck*

Menurut (Carmichael, 1987) Perhitungan waktu edar alat angkut tanpa waktu antri (tunggu) dapat diperoleh sebagai berikut :

$$CTt = \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} \right)$$

Menurut (Carmichael, 1987) berdasarkan penerapan teori antrian maka total waktu edar alat angkut setiap ritnya akan menjadi:

$$\text{Total CTt} = \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} + Wq1 + Wq3 \right)$$

Sehingga tingkat kedatangan tiap unit *dump truck* dalam satu jam baik di *front* maupun di unit penimbunan adalah :

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

Maka jumlah *dump truck* yang diperlukan adalah :

$$N = \frac{\mu_1}{\lambda}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Menurut (Kasiram, 2008) metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang menggunakan proses data-data yang berupa angka.

3.2. Teknik Pengumpulan

Data-data yang diambil didapatkan melalui pengamatan di lapangan, arsip perusahaan serta melalui buku dan literatur yang berhubungan dengan judul. Pengamatan di lapangan dengan pengambilan data-data berupa data primer (*cycle time* alat gali muat dan alat angkut, waktu kerja alat mekanis, jumlah pengisian *bucket*) sedangkan

data sekunder (sejarah perusahaan, peta kesampaian daerah, spesifikasi alat).

3.2. Teknik Pengolahan Data

Adapun teknik pengolahan data pada penelitian ini adalah

1. Menentukan jumlah *dump truck* dengan metode kapasitas produksi yaitu terdiri dari menghitung waktu edar alat gali muat dan alat angkut, menghitung produktivitas alat gali muat dan alat angkut, menghitung *match factor*, menghitung jumlah *dump truck* yang diperlukan.
2. Menentukan jumlah *dump truck* dengan metode teori antrian yaitu terdiri dari menentukan model antrian yang digunakan, menghitung jumlah *dump truck* dari populasi terbatas dengan pelayanan tunggal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Produksi Alat Gali dan Alat

Angkut

- a. Produksi Alat Gali Muat *Excavator* Komatsu PC 200

Diketahui :

<i>Bucket Capacity</i>	= 1 m ³
<i>Fill Factor</i>	= 85 %
<i>Densitas Insitu</i> (ρ)	= 1,3 Ton/m ³
E	= 75 %
<i>Cycle time</i>	= 15 detik
PA x UA	= 63 %
<i>Swell Factor</i>	= 0,74 %
<i>Density</i>	= 1,3 ton/m ³
<i>Swell factor</i>	= 0,85

Kapasitas produksi persiklus alat gali muat :

$$q = q_1 \times K$$

$$q = 1 \text{ m}^3 \times 0,85$$

$$q = 0,85 \text{ m}^3$$

Nilai density batubara dan *swell factor* dapat dihitung kapasitas produksi:

$$q = 0,85 \times \rho \times SF$$

$$q = 0,85 \text{ m}^3 \times 1,3 \text{ ton/m}^3 \times 0,75$$

$$q = 0,82 \text{ ton}$$

Maka produktivitas alat gali muat adalah :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Ctm}$$

$$Q = \frac{0,82 \times 3600 \times 0,75}{15 \text{ detik}}$$

$$Q = 147,6 \text{ ton/jam}$$

Sedangkan untuk produksi/*shift* alat gali muat dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{schedul} \times \text{produktivitas} \times \text{PA} \times \text{UA}$$

$$\text{Produksi} = 6,99 \text{ jam/shift} \times 147,6 \text{ ton/jam} \times 63\%$$

$$\text{Produksi} = 649,98 \text{ ton/shift}$$

Jika produksi alat gali muat = 649,98 Ton/*shift* x 28 hari = 18.199,61 Ton/Bulan.

- b. Produksi Alat Angkut *Dump Truck* Isuzu GIGA 285 PS

Diketahui :

q_1	= 1 m ³
K	= 85 %
ρ_i	= 1,3 Ton/m ³
n	= 25

Maka kapasitas produksi persiklus alat angkut yaitu :

$$q = q_1 \times K \times n$$

$$q = 1 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 25$$

$$q = 21,25 \text{ m}^3$$

Nilai density batubara dan *swell factor* dapat dihitung kapasitas produksi:

$$q = 21,25 \times \rho \times SF$$

$$q = 21,25 \text{ m}^3 \times 1,3 \text{ ton/m}^3 \times 0,75$$

$$q = 20,71 \text{ ton}$$

1. DT 01

Jarak antara *front* ke *stockroom* adalah 2300 meter. Rata-rata waktu yang digunakan alat angkut mengangkut batubara ke *stockroom* dan kembali ke *front* kerja adalah 1.447 detik

Diketahui :

q	= 20,71 Ton
E	= 65 %
Cta	= 1.447 detik
PA x UA	= 66 %

Maka produktivitas alat angkut DT 01 yaitu :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cta}$$

$$Q = \frac{20,71 \text{ ton} \times 3600 \times 65\%}{1.447 \text{ detik}}$$

$$Q = 33,49 \text{ Ton/jam}$$

Sedangkan untuk produksi/*shift* alat angkut dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{schedul} \times \text{produktivitas} \times \text{PA} \times \text{UA}$$

$$\text{Produksi} = 6,99 \text{ jam/shift} \times 33,49 \text{ ton/jam} \times 66\%$$

$$\text{Produksi} = 152,47 \text{ ton/shift}$$

2. DT 02

Jarak antara *front* ke *stockroom* adalah 2300 meter. Rata-rata waktu yang digunakan alat angkut mengangkut batubara ke *stockroom* dan kembali ke *front* kerja adalah 1.446 detik

q	= 20,71 Ton
E	= 65 %
Cta	= 1.446 detik
PA x UA	= 64 %

Maka produktivitas alat angkut DT 02 yaitu :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cta}$$

$$Q = \frac{20,71 \text{ ton} \times 3600 \times 65\%}{1.446 \text{ detik}}$$

$$Q = 32,51 \text{ Ton/jam}$$

Sedangkan untuk produksi/shift alat angkut dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{schedul} \times \text{produktivitas} \times \text{PA} \times \text{UA}$$

$$\text{Produksi} = 6,99 \text{ jam/shift} \times 33,51 \text{ ton/jam} \times 64\%$$

$$\text{Produksi} = 149,91 \text{ ton/shift}$$

3. DT 03

Jarak antara *front* ke *stockroom* adalah 2300 meter. Rata-rata waktu yang digunakan alat angkut mengangkut batubara ke *stockroom* dan kembali ke *front* kerja adalah 1.449 detik.

$$q = 20,71 \text{ Ton}$$

$$E = 65 \%$$

$$Cta = 1.449 \text{ detik}$$

$$PA \times UA = 61 \%$$

Maka produktivitas alat angkut DT 03 yaitu :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cta}$$

$$Q = \frac{20,71 \times 3600 \times 0,65}{1449 \text{ detik}}$$

$$Q = 33,44 \text{ Ton/jam}$$

Sedangkan untuk produksi/shift alat angkut dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{schedul} \times \text{produktivitas} \times \text{PA} \times \text{UA}$$

$$\text{Produksi} = 6,99 \text{ jam/shift} \times 33,44 \text{ ton/jam} \times 61\%$$

$$\text{Produksi} = 142,60 \text{ ton/shift}$$

Jadi produksi untuk 3 alat angkut = 148,32 Ton/shift x 28 hari = 12.458,88 Ton/Bulan.

4.2. Faktor Keserasian (Match Factor)

Mengetahui faktor keserasian antara alat gali muat *Excavator* Komatsu PC-200 dan alat angkut *Dump Truck* Isuzu GIGA 285 PS maka dapat dihitung dengan data-data sebagai berikut :

$$\text{Jumlah alat angkut (NT)} = 3 \text{ Dump Truck}$$

$$\text{Jumlah alat muat (nL)} = 1 \text{ excavator}$$

$$\text{Cycle time alat angkut (Ct)} = 1447 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah passing alat muat (n)} = 25$$

$$\text{Cycle time alat muat (Ctm)} = 15 \text{ detik}$$

Waktu edar alat muat untuk mengisi penuh 1 bak *truck* (CL) = n x Ctm

$$MF = \frac{NT \times Ctm}{nL \times Cta}$$

$$MF = \frac{3 \times (25 \times 15)}{1 \times 1447}$$

$$MF = 0,78$$

MF < 1 (0,78), maka alat muat akan menunggu sedangkan alat angkut akan bekerja penuh

4.3. Perhitungan Menggunakan Metode Kapasitas Produksi

1) Perhitungan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan berdasarkan metode kapasitas produksi dengan MF = 1 dapat dihitung dengan data – data sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Match Factor (MF)} = 1$$

$$\text{Jumlah alat angkut (NT)} = 3 \text{ DT}$$

$$\text{Jumlah alat muat (nL)} = 1 \text{ Ex}$$

$$\text{Cycle time alat angkut (Ct)} = 1.447 \text{ detik}$$

$$\text{Cycle time alat muat (Ctm)} = 15 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah passing alat muat (n)} = 25$$

Waktu edar alat muat untuk mengisi penuh 1 bak *truck* (CL) = n x Ctm = 25 x 15 detik = 375 detik

Ditanya : Jumlah alat angkut (NT) yang dibutuhkan ?

Jawab :

$$MF = \frac{NT \times Ctm}{nL \times Cta}$$

$$1 = \frac{NT \times 375 \text{ detik}}{1 \times 1447 \text{ detik}}$$

$$1 = 0,26 \text{ NT}$$

$$NT = 4$$

Maka jumlah kebutuhan alat angkut berdasarkan perhitungan kapasitas produksi dengan MF = 1 adalah 4 unit alat angkut.

2) Produksi alat angkut berdasarkan metode kapasitas produksi

Diketahui :

$$q = 20,71 \text{ ton}$$

$$E = 65 \%$$

$$Cta = 1.447 \text{ detik}$$

$$PA \times UA = 66 \%$$

Maka produktivitas alat angkut dengan 4 (empat) unit yaitu :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cta}$$

$$Q = \frac{20,71 \text{ ton} \times 3600 \times 0,65}{1447 \text{ detik}}$$

$$Q = 33,49 \text{ ton/jam}$$

Sedangkan untuk produksi/shift alat angkut dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{schedul} \times \text{produktivitas} \times \text{PA} \times \text{UA}$$

$$\text{Produksi} = 6,99 \text{ jam/shift} \times 33,49 \text{ ton/jam} \times 66\%$$

$$\text{Produksi} = 154,50 \text{ ton/shift}$$

Jadi total produksi alat angkut untuk 4 unit yaitu 618,01 ton/shift x 28 = 17.304,3 ton/bulan.

3) Koreksi *match factor* setelah perbaikan berdasarkan metode kapasitas produksi

Perhitungan koreksi match factor setelah perbaikan berdasarkan metode kapasitas produksi adalah sebagai berikut :

Jumlah alat angkut (NT) = 4 *Dump Truck*

Jumlah alat muat (nL) = 1 *excavator*

Cycle time alat angkut (Ct) = 1447 detik

Cycle time alat muat (Ctm) = 15 detik

Jumlah passing alat muat (n) = 25

Waktu edar alat muat untuk mengisi penuh 1 bak *truck* (CL) = n × Ctm

$$MF = \frac{NT \times Ctm}{nL \times Cta}$$

$$MF = \frac{4 \times (25 \times 15)}{1 \times 1447}$$

$$MF = 1,03$$

4.4. Perhitungan Menggunakan Teori Antrian

Perhitungan Menggunakan Teori Antrian.

Penentuan jumlah kemungkinan keadaan

$$\begin{aligned} \frac{(N+M-1)}{N} &= \frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} \\ &= \frac{(3+4-1)!}{(4-1)!(3)!} \\ &= \frac{6!}{3!3!} \\ &= 20 \text{ keadaan} \end{aligned}$$

Jadi ada 20 kemungkinan keadaan antrian yang akan terjadi jika terdapat 3 truk diantara 4 tahap.

Probabilitas keadaan sistem antrian :

$$\begin{aligned} P(0,0,0,3) &= \frac{9^{(3-0)}}{0!7^0 6^3 0^3 3!8^3} \\ &= 0,2373046 \end{aligned}$$

Rumus diatas digunakan untuk menghitung koefisien pada setiap keadaan system sampai keadaan P (1,1,1,0). Pada table 5.4 dapat dilihat bahwa P (3,0,0,0) nilainya 1 sehingga menjadi dasar untuk menghitung probabilitas masing – masing keadaan system. Berdasarkan table 5.4 didapatkan jumlah keseluruhan koefisien adalah 9,6263571, maka untuk probabilitas keadaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P(3,0,0,0) &= \frac{1}{9,6263571} \\ &= 0,103881457 \end{aligned}$$

Sehingga probabilitas tiap keadaan sistem dapat dihitung :

$$\begin{aligned} P(0,0,0,3) &= \text{Koefisien } P(0,0,0,3) \times P(3,0,0,0) \\ &= 0,2373046 \times 0,103881457 \\ &= 0,024651548 \end{aligned}$$

Nomor Keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	3	0.2373046	0.024651548
2	0	0	3	0	0.0029154	0.000302856
3	0	3	0	0	0.3542274	0.036797658
4	3	0	0	0	1	0.103881457
5	0	0	1	2	0.0904017	0.00939106
6	0	1	0	2	0.813616	0.084519615
7	1	0	0	2	0.6328125	0.065737484
8	0	1	2	0	0.026239	0.002725746
9	1	0	2	0	0.0204081	0.002120023
10	0	0	2	1	0.0229591	0.002385025
11	1	2	0	0	0.8265306	0.085861203
12	0	2	1	0	0.1180758	0.012265886
13	0	2	0	1	0.9298469	0.096593851
14	2	1	0	0	1.2857142	0.133561864
15	2	0	1	0	0.1428571	0.014840204
16	2	0	0	1	1.125	0.116866639
17	0	1	1	1	0.2066326	0.021465296
18	1	0	1	1	0.1607142	0.016695225
19	1	1	0	1	1.4464285	0.1502571
20	1	1	1	0	0.1836734	0.01908026
Total					9.6263571	1

1. Rata – rata jumlah *dump truck* yang menunggu dalam antrian Lq1 sebesar 0,47303 truk/jam dan Lq3 sebesar 0,00784 truk/jam
2. Rata – rata waktu tunggu *dump truck* dalam antrian. Tingkat kesibukan backhoe pada operasi penambangan sebesar 70,89 %. Karena pemuatan ada pada tahap 1 maka jumlah truk yang dapat dilayani adalah sebesar 6,38 *truck*/jam.
3. Tahap sebuah alat angkut antri dalam tahap 1 Rata – rata waktu tunggu *dump truck* dalam antrian adalah sebesar Wq1 4,44 menit dan waktu tunggu *dump truck* menunggu saat menumpahkan material adaah sebesar Wq3 0,07368 menit.
4. Jumlah truk yang dibutuhkan Berdasarkan penerapan metode antrian maka total waktu edar alat angkut adalah sebesar 28,21146 menit.

Sehingga tingkat kedatangan truk ke front loading adalah sebesar 2truk/jam. Jadi jumlah truk yang dibutuhkan adalah sebesar 5 truk/jam

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Jumlah produksi alat gali muat sebesar 18.199,61 ton/bulan dan alat angkut dengan 3 unit sebesar 12.458,88 ton/bulan dari target perusahaan sebesar 27.000 ton/bulan.
2. Jumlah alat gali muat dan alat angkut setelah perbaikan berdasarkan metode kapasitas produksi yaitu untuk jumlah alat gali muat sebesar 1 unit dan jumlah alat angkut dengan MF = 1 adalah sebanyak 4 unit dengan jumlah produksi sebesar 17.304,3 ton/bulan.

Tabel 1. Keadaan Probabilitas

3. Jumlah alat gali muat dan alat angkut berdasarkan metode teori antrian dengan pelayanannya adalah pelayanan tunggal (*single server*) dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani (FCFS = *first in first service*) yaitu untuk jumlah alat gali muat sebanyak 1 unit sedangkan untuk jumlah alat angkut sebanyak 5 unit dengan jumlah produksi sebesar 21.345,8 ton/bulan.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Sebaiknya perusahaan melakukan jam kerja efektif yang optimal agar tidak banyak waktu yang terbuang dan agar produksi dapat tercapai.
2. Dalam mengkaji jumlah alat yang diperlukan maka sebaiknya digunakan beberapa metode agar ada perbandingan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Dekan Fakultas Teknik dan Prodi Teknik Pertambangan yang telah membantu selesainya penelitian ini, semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Carmichael. (1987). *Engineering Queues in Contruction and Mining Departemen of Civil Engineering*. University of Westren Australia.
- Indonesianto, Y. (2010). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jogjakarta : Jurusan Teknik Pertambangan UPN"Veteran" Yogyakarta.
- Kasiram. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif-Kualitatif*. Malang: UIN Malang Press.
- Laoly, Y. H. (2020). *Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*. Jakarta, Jakarta, Indonesia: Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 147.
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum .
- Yusuf, A. M. (2005). *Dasar Penyelidikan Ilmiah*. Padang : UNP Padang.