

# Analisis Manajemen *Fleet* Pada Kegiatan Produksi Batu Andesit Dalam Penerapan Metode Antrian di PT Koto Alam Sejahtera, Kabupaten Lima Puluh Kota.

Yuliana Safitri<sup>1\*</sup>, and Murad MS<sup>1\*\*</sup>

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

\*yuliyulianasafitri@gmail.com

\*\*muradms@ft.unp.ac.id

**Abstract.** PT Koto Alam Sejahtera is a private company engaged in the mining business, especially the Andesite stone. In the process of transporting andesite stones to the crusher, there is a dump truck queue and a long stand-by time on the dump truck, this can cause the productivity of the tool to be small so that the andesite stones production target of 30.000 ton/month is not achieved. This is due to the inefficient working time of mechanical devices. This production target was not achieved due to improper combination of tools, road width and road grade that did not meet the standards, causing queues or waiting times for transport on the front loading and at some road points. One way to achieve the production target is needed fleet management accordingly. Based on the results of the study, it can be concluded that the productivity of excavator Hitachi ZX-350 is 232,61 ton/hour and the productivity of dump truck Mitsubishi Fuso 220 PS is 47,30 ton/hour. The composition of the available equipment is 1 unit of excavator serving 5 units of dump trucks. Efforts to reduce the queuing time are to make improvements to the composition of the equipment MF=1. Fleet settings are based on method Antrian, that is 1 unit of loading equipment serves 4 units of transport equipment with a production of 38.485 ton/month.

**Keywords:** Fleet Management, Method Queue, Match Factor, Production, Productivity, Dump Truck.

## 1. Pendahuluan

PT Koto Alam Sejahtera merupakan perusahaan swasta yang bergerak di bidang usaha pertambangan dan pengolahan batu Andesit. PT Koto Alam Sejahtera berpusat di Padang, Sumatera Barat. Dimana bergerak dibidang kontruksi dan pertambangan, untuk bidang pertambangan PT Koto Alam Sejahtera mengolah batuan Andesit yang dijadikan sebagai bahan utama pembuatan jalan raya. Unit penambanganya berada di Jorong Polong Duo, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

Dalam proses produksi batu Andesit, di PT Koto Alam Sejahtera saat ini target produksi andesit tidak mencapai target yaitu 24.000 ton, dimana diketahui target produksinya sebesar 30.000 ton/bulan. Hal ini disebabkan oleh waktu kerja alat-alat mekanis yang tidak efisien misalnya kurang baiknya komposisi alat mekanis dan banyaknya waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut, sehingga menyebabkan turunnya produktifitas peralatan mekanis yang digunakan. Terjadinya antrian alat angkut

pada saat pemuatan menyebabkan tidak tercapainya target produksi. Untuk itu perlu adanya suatu upaya untuk memperbaiki keserasian dan komposisi alat akibat antrian tersebut.

Target produksi terhambat karena adanya faktor antara lain, pada proses pengisian (*loading*) dan pengangkutan bahan galian (Andesit) menuju *stockpile* area terjadi antrian *dump truck* di beberapa titik jalan. Hal itu disebabkan karena proses produksi batu Andesit pada PT Koto Alam Sejahtera hanya menggunakan satu *excavator* merk *Hitachi* tipe ZX-350, dan 5 alat angkut dengan merk *Mitsubishi Fuso* 220 PS.

Selain itu juga adanya alat muat (*excavator*) kesulitan dalam pengambilan bahan galian Andesit karena terdapatnya ukuran dari batuan andesit yang cukup besar (*fragmentasi*) hasil peledakan sehingga perlu di bantu oleh alat *breaker* untuk memperkecil ukurannya agar dapat dibawa ke *crusher*, sehingga terdapat alat angkut yang menunggu pada proses *loading*, yang menyebabkan produktivitas alat angkut dan alat muat pada proses produksi Andesit terganggu.

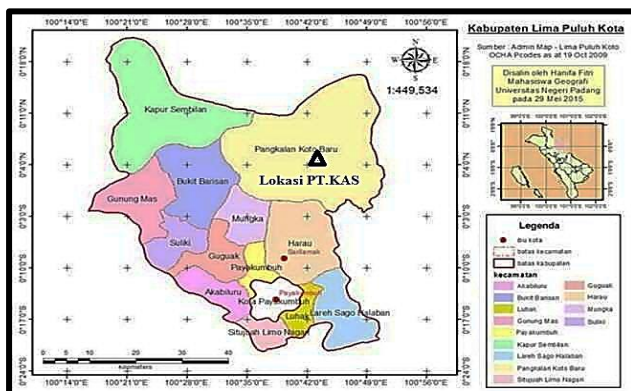
Masalah lainnya yaitu kondisi jalan yang belum memenuhi standar. Hal ini dapat dilihat dari *grade* jalan yang masih tinggi, *cross slope* yang tidak ada, dan terdapatnya tikungan yang tajam. Grade jalan yang paling tinggi sebesar 19.43% dengan panjang jalan 48 meter. Dengan keadaan jalan yang seperti itu, mengakibatkan kurang optimalnya sistem pengangkutan, hal ini dibuktikan dengan berkurangnya produksi alat angkut serta tidak tercapainya target produksi PT Koto Alam Sejahtera pada bulan februari-maret 2018, yang mana PT Koto Alam Sejahtera memiliki target produksi sebesar 30.000 ton/bulan.

Adapun upaya untuk meningkatkan hasil produksi adalah dengan cara melakukan evaluasi terhadap kinerja dari alat muat dan alat angkut. Kondisi dari alat tersebut harus selalu dalam keadaan baik sebab jika sering mengalami kerusakan tentu akan memberikan waktu hambatan yang lebih banyak. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan dan perawatan terhadap alat untuk meningkatkan efisiensi alat sehingga target produksi dapat dicapai.

## 2. Lokasi Penelitian

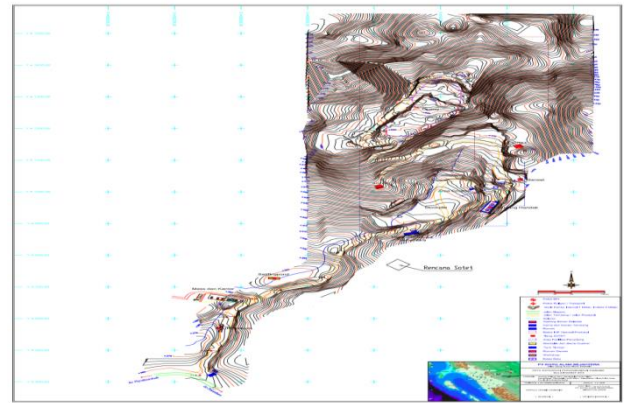
Lokasi penambangan secara geografis terletak di Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, yang berjarak ± 150 KM dari kota Padang. Luas Izin Usaha Penambangan (IUP) PT Koto Alam Sejahtera adalah seluas 10 Ha. Lokasi penambangan berjarak 1 Km dari jalan raya dan ± 55 Km dari Sarilamak Ibu Kota Kabupaten Lima Puluh Kota. Untuk mencapai wilayah Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi PT Koto Alam Sejahtera dari ibu kota provinsi dapat ditempuh dengan menggunakan jalur transportasi sebagai berikut:

- Padang – Payakumbuh, ditempuh dengan kendaraan roda empat melalui jalan aspal sejauh ±135 km yang ditempuh dalam waktu ± 3 jam.
- Payakumbuh – Pangkalan, ditempuh dengan kendaraan roda empat melalui jalan aspal sejauh ± 55 km yang ditempuh dalam waktu ± 1 jam.



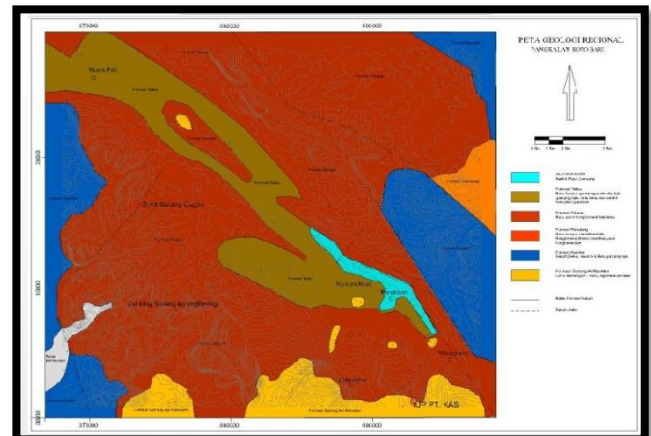
**Gambar 1.** Peta Kesampaian Daerah PT. KAS

Bentuk topografi daerah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2 terlihat bahwa bentuk topografi PT Koto Alam Sejahtera merupakan daerah perbukitan terjal yang mempunyai ketinggian antara 404 - 550 mdpl.



**Gambar 2.** Peta Topografi PT. KAS

Lokasi secara fisiografi termasuk dalam zona gunung api sehingga kondisi geologi baik litologi batuan ataupun strukturnya secara umum akan sama dengan daerah lain di zona tersebut di Indonesia, walaupun intensitas intrusi akan berlainan, namun pola atau model intrusi dan dampak yang ditimbulkan relatif akan sama. Gambar 3 merupakan peta geologi dari PT Koto Alam Sejahtera, dimana IUP PT Koto Alam Sejahtera berada di formasi gunung api Koto Alam yang terdiri dari lava menengah, basa, konglomerat dan lahar.



**Gambar 3.** Peta Geologi Lokasi Penelitian

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 25 Juni 2018 - 24 Juli 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Jorong Polong Duo, Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen. Berdasarkan jenis penggunaannya, penelitian ini termasuk dalam metode penelitian terapan (*applied research*). Penelitian terapan (*applied research*) adalah penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah. Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu

gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan. Penelitian deskriptif menilai sifat dari kondisi-kondisi yang tampak, tujuan penelitian dibatasi untuk menggambarkan karakteristik sesuatu sebagaimana mestinya.

Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan<sup>[1]</sup>.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian<sup>[2]</sup>.

Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data yaitu dengan menggunakan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa jumlah alat mekanis, *cycle time* alat muat dan alat angkut, dan waktu kerja di lapangan. Data sekunder berupa peta topografi, peta geologi, spesifikasi alat, dan target produksi.

### 3.3 Teknik Analisis Data

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari beberapa kejadian terhadap beberapa kejadian lainnya, serta memperkirakan atau meramalkan kejadian lainnya<sup>[3]</sup>. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan.

#### 3.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan dengan cara: Melakukan pengamatan, mencari faktor penyebab masalah, tindakan perbaikan, dan analisis hasil.

Pengambilan data berupa pengambilan data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer meliputi *cycle time* alat mekanis, sedangkan data sekunder yaitu data jam kerja alat, produksi, spesifikasi alat, peta topografi, peta geologi dan lokasi kesampaian daerah. Produktivitas data-data aktual yang diperlukan adalah *cycle time* alat angkut, efisiensi kerja alat angkut, spesifikasi alat angkut dan jam kerja alat angkut.

### 3.3.2 Analisis Hasil Pengolahan Data

Dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif guna memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut dalam bagian pembahasan. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada. Data-data yang diperoleh nantinya dijadikan acuan dalam menganalisis proses penambangan dan data juga diolah untuk mendapatkan perhitungan produksi batu andesit dengan mengurangi waktu antrian.

#### 3.3.3 Kesimpulan

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memperoleh efektivitas dan produktivitas alat muat dan alat angkut maka harus diperhatikan terlebih dahulu harus diperhatikan terlebih dahulu komponen yang berhubungan seperti *cycle time* alat, jumlah alat yang bekerja, jam kerja dan lain-lain.

### 4.1. Waktu Edar Alat Gali Muat dan Alat Angkut.

Waktu edar merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah alat gali-muat untuk melakukan kegiatan *dumping*, *digging*, *swing loaded*, dan *swing empty*<sup>[4]</sup>. Dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Waktu edar alat muat dan alat angkut

No	Unit	Rata-rata Waktu Edar (detik)
1	<i>Excavator Hitachi ZX-350</i>	21,33
2	<i>Mitsubishi Fuso 220 PS</i>	563,4

### 4.2. Komposisi Alat yang Tersedia.

Komposisi alat yang dimiliki oleh PT Koto Alam Sejahtera untuk menunjang tercapainya target produksi dapat dilihat pada Tabel 2 Berikut:

**Tabel 2.** Komposisi Alat yang Tersedia.

No	Unit	Kapasitas <i>Bucket</i>	Jumlah
1	<i>Excavator Hitachi ZX-350</i>	2,0 m <sup>3</sup>	1
2	<i>Mitsubishi Fuso 220 PS</i>	14,67 m <sup>3</sup>	5

### 4.3. Jam Kerja Kegiatan Penambangan.

Jam kerja efektif adalah waktu kerja yang sesungguhnya yang digunakan pada operasi penambangan, adapun jam kerja kegiatan penambangan pada PT Koto Alam Sejahtera adalah 9 jam setiap hari, sedangkan untuk jam kerja bulan juni adalah  $9 \times 30 = 270$  jam ditambah 9 jam karena lembur ada 5 kali pada bulan juni. Jadi, jam kerja pada bulan juni adalah 279 jam/bulan. Untuk distribusi waktu kerja perhari dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Waktu kerja kegiatan penambangan

senin – minggu		
jadwal kerja	Keterangan	waktu (jam)
08.00 - 12.00	waktu kerja	4
12.00 - 13.00	waktu istirahat	1
13.00 - 17.00	waktu kerja	4
Total		8

### 4.4 Waktu yang dibutuhkan alat dalam kegiatan penambangan

Waktu *standby* dan waktu *repair* alat adalah waktu kerja terpakai karena alat *standby* dan *repair*. Sedangkan waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan alat untuk berproduksi sampai akhir operasi yaitu selisih antara jam kerja dengan jam kerja yang hilang<sup>[5]</sup>. Untuk melihat distribusi waktu kerja dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Waktu *standby*, waktu *repair* dan waktu kerja efektif alat

No	Alat	Jam Tersedia (jam)	R (Repair) Jam	W (Work) Jam	S (Standby) Jam
1	Excavator Hitachi ZX-350	279	22,83	228,91	27,26
2	Mitsubishi Fuso 220 PS	279	12,50	203,41	63,09

### 4.5 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat muat dan Alat angkut

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia, dinyatakan dalam persen (%)<sup>[5][6]</sup>. Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Faktor manusia, mesin (alat), keadaan cuaca dan kondisi kerja secara keseluruhan akan menentukan besarnya efisiensi kerja. Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja<sup>[7]</sup>.

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \quad (1)$$

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \quad (2)$$

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \quad (3)$$

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan:

W = *Working Hours* atau jumlah kerja alat  
 R = *Repair Hours* atau jumlah jam untuk perbaikan  
 S = Jumlah Jam *Standby*

MA (*Mechanical Availability*) merupakan tingkat kesediaan alat untuk melakukan kegiatan produksi dengan memperhitungkan kehilangan waktu karena alasan mekanis.

PA (*Physical Availability*) merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan

UA (*Use of Availability*) merupakan tingkat daya guna alat untuk kegiatan produksi.

EU (*Effective Utilization*) yaitu menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif atau sama dengan efisiensi kerja<sup>[7][8]</sup>.

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat efektivitas alat muat dan alat angkut pada Tabel 5 dijelaskan rekapitulasi hasil perhitungan efektivitas alat muat dan alat angkut secara aktual.

**Tabel 5.** Rekapitulasi hasil perhitungan efektivitas alat muat dan alat angkut secara aktual

No	Alat	MA	PA	UA	EU
1	Excavator Hitachi ZX-350	90,93 %	91,81 %	89,37 %	82,04 %
2	Mitsubishi Fuso 220 PS	94,21 %	95,51%	76,32 %	72,90 %

### 4.6 Waktu Edar Peralatan (Cycle time)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis untuk menyelesaikan sekali putaran kerja, dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap-siap memulainya kembali. Adapun waktu edar peralatan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut:

**Tabel 6.** Waktu edar *excavator* Hitachi ZX-350

No	Unit	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	CT (detik)
1	Excavator Hitachi ZX-350	8,47	4,16	4,4	4,3	21,33

**Tabel 7.** Waktu edar *dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS

UNIT	T1 (menit)	T2 (menit)	T3 (menit)	T4 (menit)	T5 (menit)	T6 (menit)	CT (menit)
Mitsubishi Fuso 220 PS	1,5	3,05	0,83	0,54	2,88	0,55	9,32

Kemampuan produksi alat muat dan alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus<sup>[9][10]</sup>:

$$Q = \frac{q \times k \times 60 \times E}{Cm} \quad (5)$$

$$Q = \frac{n \times q \times k \times 60 \times E}{Cmt} \quad (6)$$

Keterangan:

- Q = Produksi per jam *dump truck* (m<sup>3</sup>/jam)
- n = Jumlah *bucket excavator* untuk mengisi DT
- q<sub>1</sub> = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
- k = Faktor pengisian *bucket*
- E = Efisiensi kerja *dump truck*
- Cmt = Waktu siklus *dump truck* (menit)

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diperoleh produktivitas alat muat dan alat angkut, dapat dilihat di bawah ini:

Produktivitas alat muat:

$$Q = \frac{2 \text{ bcm} \times 0,8 \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}} \times 0,8204}{21,33 \text{ detik}}$$

$$Q = 221,54 \text{ bcm/jam}$$

Produktivitas alat angkut:

$$Q = \frac{5 \times 2 \text{ bcm} \times 0,8 \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}} \times 0,7290}{9,32 \text{ menit}}$$

$$Q = 37,54 \text{ bcm/jam}$$

#### 4.7 Faktor Keserasian Alat Muat dan Alat Angkut (Match Factor)

Faktor keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut dapat ditinjau dari perbandingan unitnya. Untuk menilai keserasian alat muat dan alat angkut dapat digunakan persamaan *Match Factor* sebagai berikut<sup>[10]</sup>:

$$MF = \frac{nH \times n \times Ctm}{nM \times Cta} \quad (7)$$

Keterangan:

- MF = *Match factor* atau faktor keserasian kerja
- Ctm = Waktur edar alat muat
- Cta = Waktu edar alat angkut
- nH = Jumlah alat angkut
- nM = Jumlah alat muat
- n = Banyak pengisian *bucket* alat gali-muat

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat *match factor* alat muat dan alat angkut di bawah ini:

$$MF = \frac{5 \times 5 \times 0,35}{1 \times 9,32}$$

$$MF = \frac{10,5}{9,32}$$

$$MF = 1,13$$

Sehingga didapat MF > 1, berarti faktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besar.

#### 4.8 Rencana Perbaikan Komposisi Alat Untuk Mendapatkan Keserasian Alat

##### 4.8.1 Waktu Antrian

Karena MF > 1 Waktu antrian yang dialami oleh alat angkut adalah<sup>[11][17][18]</sup>:

$$Na = \frac{Nm \times Cta}{Ctm} \quad (8)$$

Keterangan:

- Nm = Jumlah *excavator*
- Na = Jumlah *dump truck*
- Ctm = *Cycle time excavator*

Berdasarkan perhitungan didapatkan waktu antrian sebagai berikut:

$$Na = \frac{Nm \times Cta}{Ctm}$$

$$5 = \frac{1 \times Cta}{0,35 \text{ menit}}$$

$$Cta = 1,75 \text{ menit} \approx 2 \text{ menit}$$

Tabel 8. *Match Factor* dan waktu antrian

No	<i>Match Factor</i>	Waktu Antrian
1	1,13	2 menit

##### 4.8.2 Analisa Komposisi Alat untuk Match Factor = 1

Perhitungan untuk MF=1 agar mengurangi waktu tunggu atau antrian pada alat angkut adalah sebagai berikut<sup>[12]</sup>:

$$MF = \frac{n \times Na \times Ctm}{Cta} \quad (9)$$

$$1 = \frac{5 \times Na \times 0,35}{9,32 \text{ menit}}$$

$$1 = \frac{9,32 \text{ menit}}{2 \times Na}$$

$$Na = \frac{9,32}{2}$$

$$Na = 4 \text{ Unit}$$

jadi, jumlah *Dump Truck* yang diperlukan adalah 4 unit.

#### 4.9 Faktor Penyebab tidak tercapainya target produksi

Tidak tercapainya target produksi dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

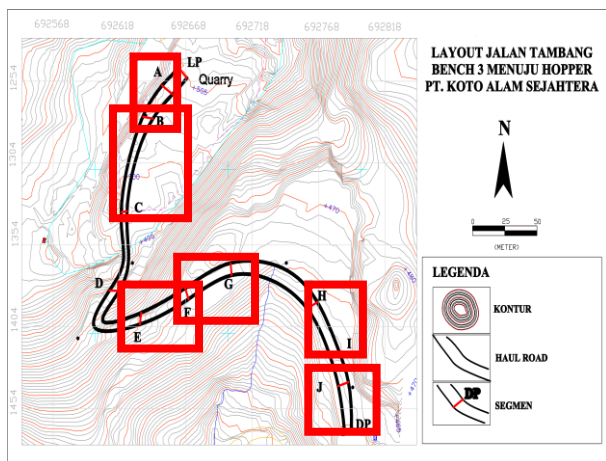
**Tabel 9.** Data Produksi PT Koto Alam Sejahtera Tahun 2018

BULAN	Plan Produksi	PRODUKSI TAMBANG (Truck Count/Ritasi)			TOT. MASUK KE	TOT. MASUK KE
	(Ton/Bulan)	PIT-HOPPER (TON)	PIT-ROW (TON)	REHANDLING (TON)	HOPPER (TON)	HOPPER (TON)
JANUARI	30.000,00	28.467,50	2.287,50	2.325,00	30.792,50	Tercapai
FEBRUARI	30.000,00	21.375,00	1.005,00	1.430,00	22.805,00	Tidak Tercapai
MARET	30.000,00	21.945,00	2.065,00	1.976,00	23.921,00	Tidak Tercapai
APRIL	30.000,00	28.657,00	1.170,00	1.371,00	30.028,00	Tercapai
MEI	30.000,00	20.983,00	4.575,00	243,00	21.226,00	Tidak Tercapai
JUNI	30.000,00	14.652,00	1.222,00	1.350,00	16.002,00	Tidak Tercapai
JULI	30.000,00	24.750,00	1.740,00	375,00	25.125,00	Tidak Tercapai
AGUSTUS	30.000,00	18.540,00	1.575,00	1.575,00	20.115,00	Tidak Tercapai
SEPTEMBER	30.000,00					
OKTOBER	30.000,00					
NOVEMBER	30.000,00					
DESEMBER	30.000,00					
<b>TOTAL</b>	<b>360.000,00</b>	<b>179.369,50</b>	<b>15.639,50</b>	<b>10.645,00</b>	<b>190.014,50</b>	

**4.9.1 Faktor Penyebabnya**

Hal yang menyebabkan adanya waktu tunggu alat angkut yaitu:

1. Terdapatnya kombinasi alat gali muat dan alat angkut yang tidak sesuai, dimana didapat faktor keserasian alat atau  $MF > 1$  yaitu 1,13 yang berarti faktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besar yaitu 2 menit.
2. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terdapatnya ukuran fragmentasi hasil peledakan yang cukup besar yaitu  $\pm 100-240$  cm yang terdapat sekitar 30% dari fragmentasi hasil peledakan, sehingga alat gali muat kesulitan dalam penggalian dan menyebabkan alat angkut harus menunggu.
3. Terdapatnya lebar jalan di beberapa titik yang tidak sesuai dimana dapat dilihat pada gambar segmen jalan atau *layout* jalan pada Gambar 4 di bawah ini:



**Gambar 4.** *Layout* jalan di beberapa titik yang tidak sesuai

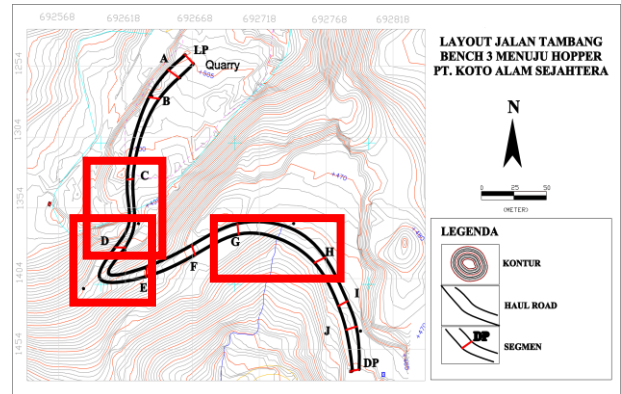
Segmen jalan produksi dari *bench 3* menuju *hopper* semuanya adalah dua jalur<sup>[13]</sup>.

**Tabel 10.** Lebar jalan lurus dari *front loading* ke *crusher*

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Lebar Minimum (m)	Koreksi
LP-A	14,64	7,90	9,00	Tidak Ideal
A-B	24,10	6,40	9,00	Tidak Ideal
B-C	60,40	7,45	9,00	Tidak Ideal
E-F	38,12	6,37	9,00	Tidak Ideal
F-G	38,71	6,35	9,00	Tidak Ideal
H-I	38,60	7,30	9,00	Tidak Ideal
I-J	23,20	12,15	9,00	Ideal
J-DP	28,04	6,57	9,00	Tidak Ideal

**Tabel 11** Lebar Jalan Tikungan

No.	Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Lebar Minimum (m)	Koreksi
1	C-D	54,90	6,20	12,00	Tidak Ideal
2	D-E	90,90	12,70	12,00	Ideal
3	G-H	77,70	11,48	12,00	Tidak Ideal



**Gambar 5.** Jalan Tikungan

4. Terdapatnya kemiringan jalan atau *grade* jalan yang tidak sesuai yaitu pada Tabel 12 dapat dilihat pada segmen jalan yang tidak memenuhi standar *grade* jalan maksimum.

**Tabel 12.** *Grade* Jalan dari *Loading Point* ke *Crusher*.

No	Segmen	Jarak Mendatar (m)	Beda Tinggi (m)	Grade (%)	Grade Standar (%)	Koreksi
1	LP-A	14,53	1,78	12,28	8	Tidak Ideal
2	A-B	23,97	2,52	10,51	8	Tidak Ideal
3	B-C	60,36	2,11	3,49	8	Ideal
4	C-D	53,98	10,00	18,53	8	Tidak Ideal
5	D-E	89,52	15,78	17,63	8	Tidak Ideal
6	E-F	37,42	7,27	19,44	8	Tidak Ideal
7	F-G	38,56	3,37	8,75	8	Tidak Ideal
8	G-H	77,59	4,07	5,24	8	Ideal
9	H-I	38,58	1,35	3,49	8	Ideal
10	I-J	23,17	1,21	5,24	8	Ideal
11	J-DP	27,93	2,44	8,75	8	Tidak Ideal

Setelah mengetahui masalah penyebab terjadinya antrian maka, untuk mengurangi waktu tunggu atau antrian pada alat angkut maka dilakukan perhitungan secara teoritis yaitu dengan memperbaiki komposisi alat untuk mendapatkan faktor keserasian atau  $MF = 1$ , dimana didapatkan jumlah alat angkut yaitu 4 unit, yaitu

1 alat gali muat melayani 4 alat angkut. Maka secara teori di dapatkan perhitungan produksi 4 alat angkut yaitu<sup>[14]</sup>:

Keterangan:

- Q = Produksi *dump truck*
- n = Jumlah *dump truck*
- WH = Waktu kerja efektif

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= Q \times n \times \text{WH} & (10) \\ &= 47,30 \text{ ton/jam} \times 4 \times 203,41 \text{ jam} \\ &= 38.485 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

Jadi, produksi dengan menggunakan 4 *dump truck* tercapai.

Dari perhitungan yang telah penulis peroleh di atas maka didapatkan perbandingan keadaan komposisi alat yang ada di lapangan dengan hasil analisa penulis pada Tabel 12 berikut ini:

**Tabel 12.** Rekapitulasi Analisis Perbandingan Jumlah Alat, MF, dan Waktu Antri

No	Unit	Aktual			Analisis			Selisih		
		Jumlah	Match Factor	waktu antrian	Jumlah	Match Factor	waktu antrian	Jumlah	Match Factor	waktu antrian
1	Excavator Hitachi ZX-350	1	1,13	2	1	0,75	1,4	0	0,38	0,6
2	Mitsubishi Fuso 220 PS	5			4			1		

#### 4.10 Simulasi Teori Antrian

Proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan konsumen pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu barisan (antrian) bila fasilitas pelayanan sedang sibuk konsumen tersebut akan menunggu dan konsumen akan meninggalkan fasilitas pelayanan tersebut apabila sudah mendapatkan pelayanan<sup>[15][17][18]</sup>.

##### 4.10.1 Penentuan Model Antrian

Disiplin antrian ini terbagi menjadi empat bentuk<sup>[16]</sup>, yaitu:

- a. FCFS (*First Come, First Served*)  
Merupakan suatu peraturan dimana pelanggan yang dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang pertama kali. Contohnya seperti pelanggan yang antri pada loket penjualan karcis.
- b. LCFS (*Last Come, First Served*)  
Merupakan antrian dimana pelanggan yang datang terakhirlah yang akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya seperti pada sistem antrian bongkar muat barang dalam truk, dimana barang yang masuk terakhir akan keluar terlebih dahulu.
- c. SIRO (*Service in Random Number*)  
Merupakan salah satu disiplin antrian dimana pelayanan dilakukan dengan urutan acak (*Random Order*). Contohnya seperti dalam suatu kegiatan arisan, dimana pemenangnya didasarkan pada proses undian.
- d. *Priority Queue* (Antrian Prioritas)  
Merupakan prioritas pelayanan yang dilakukan khusus kepada pelanggan utama yang mempunyai prioritas

tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas rendah. Contohnya seperti pada pasien rumah sakit yang mendapatkan prioritas penanganan terlebih dahulu dikarenakan mempunyai penyakit yang lebih berat dibandingkan dengan pasien lain.

Berdasarkan pengamatan di lapangan barisan antrian termasuk ukuran kedatangan secara terbatas dan hanya dilayani oleh satu unit *excavator* maka pelayanannya adalah pelayanan tunggal (*single server*) dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani (*FCFC = first come first service*)

##### 4.10.2 Perhitungan Simulasi Kebutuhan Alat dengan Teori Antrian.

Probabilitas keadaan antrian ditentukan oleh jumlah alat angkut yang digunakan dan keadaan antrian yang terdiri dari 4 tahap<sup>[17][18]</sup>. 4 tahap tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tahap 1 ( $\mu_1$ ) merupakan tahap pelayanan alat gali-muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh.
2. Tahap 2 ( $\mu_2$ ) merupakan tahap pelayanan sendiri yaitu tahap dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkut material menuju *disposal*.
3. Tahap 3 ( $\mu_3$ ) merupakan tahap alat angkut menumpahkan material di *disposal*.
4. Tahap 4 ( $\mu_4$ ) merupakan tahap pelayanan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan kembali ke *front loading*.

##### a. Penentuan Tingkat Pelayanan

###### 1) Tahap 1

$$\begin{aligned} T_1 &= \text{Waktu Penempatan} + \text{Waktu Pengisian} \\ &= 5,42 \text{ menit/truk} + (0,35 \text{ menit} \times \\ &\quad 6 \text{ bucket/truk}) \\ &= 8 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{8 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (11)$$

$$= 7 \text{ truk/jam}$$

###### 2) Tahap 2

$$\begin{aligned} T_2 &= \text{Waktu perjalanan alat angkut bermuatan} \\ &= 3,02 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\mu_2 = \frac{1}{3,02 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (12)$$

$$= 20 \text{ truk/jam}$$

###### 3) Tahap 3

$$\begin{aligned} T_3 &= \text{waktu dumping} \\ &= 0,6 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\mu_3 = \frac{1}{0,6 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (13)$$

$$= 100 \text{ truk/jam}$$

###### 4) Tahap 4

$$\begin{aligned} T_4 &= \text{waktu kembali alat angkut tidak bermuatan} \\ &= 3 \text{ menit/truk} \end{aligned}$$

$$\mu_4 = \frac{1}{3 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (14)$$

= 20 truk/jam

b. Probabilitas keadaan antrian

Jumlah alat angkut (N) yang dilayani oleh excavator Hitachi ZX-350 adalah 5 unit Mitsubishi fuso 220 Ps dengan 4 tahap antrian (M). Sehingga banyaknya kemungkinan keadaan antrian adalah<sup>[17]</sup>:

$$\frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} = \frac{(5+4-1)!}{(4-1)!(5)!} \quad (15)$$

$$= 56 \text{ Keadaan}$$

Maka Untuk menghitung koefisien tiap keadaan sistem, contohnya untuk koefisien P(0,0,0,5) digunakan rumus<sup>[18]</sup>:

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,5) = \frac{\mu_1^{(N-n_1)}}{n_2! \mu_2^{n_2} n_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}} \quad (16)$$

$$= \frac{7^{(5-0)}}{0! 20^0 100^0 5! 20^5}$$

$$= \frac{(1)(1)(1)(120)(3200000)}{16807}$$

$$= \frac{38.400.000}{16807}$$

$$= 0,0000438$$

Cara ini digunakan untuk setiap koefisien keadaan sistem hingga keadaan P(2,1,1,1). Pada Tabel 13 dilihat bahwa koefisien P(5,0,0,0) bernilai 1 sehingga menjadi dasar untuk menghitung probabilitas masing-masing keadaan sistem. Dari Tabel 13 jumlah koefisien dan seluruh keadaan sistem adalah 2,1629428 maka untuk probabilitas keadaan adalah sebagai berikut:

$$P(5,0,0,0) = \frac{1}{2,1629428} \quad (17)$$

$$= 0,462333$$

Sehingga probabilitas tiap keadaan sistem dapat dihitung seperti contoh dibawah ini:

$$P(0,0,0,5) = \text{koefisien } P(0,0,0,5) \times P(5,0,0,0) \quad (18)$$

$$= 0,0000438 \times 0,4623330$$

$$= 0,0000202$$

**Tabel 13.** Keadaan Probabilitas

Nomor keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	5	0,0000438	0,0000202
2	0	0	5	0	0,0000017	0,0000008
3	0	5	0	0	0,0000438	0,0000202
4	5	0	0	0	1,0000000	0,4623330
5	0	0	1	4	0,0000438	0,0000202
6	0	1	0	4	0,0002188	0,0001012
7	1	0	0	4	0,0006253	0,0002891
8	0	1	4	0	0,0000084	0,0000039
9	1	0	4	0	0,0000240	0,0000111
10	0	0	4	1	0,0000084	0,0000039
11	1	4	0	0	0,0006253	0,0002891
12	0	4	1	0	0,0000438	0,0000202
13	0	4	0	1	0,0002188	0,0001012
14	4	1	0	0	0,3500000	0,1618166
15	4	0	1	0	0,0700000	0,0323633
16	4	0	0	1	0,3500000	0,1618166
17	0	0	2	3	0,0000350	0,0000162
18	0	2	0	3	0,0004377	0,0002024
19	2	0	0	3	0,0071458	0,0033038
20	0	2	3	0	0,0000210	0,0000097
21	2	0	3	0	0,0003430	0,0001586
22	0	0	3	2	0,0000210	0,0000097
23	2	3	0	0	0,0071458	0,0033038

Nomor keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
24	0	3	2	0	0,0000350	0,0000162
25	0	3	0	2	0,0004377	0,0002024
26	3	2	0	0	0,0612500	0,0283179
27	3	0	2	0	0,0049000	0,0022654
28	3	0	0	2	0,0612500	0,0283179
29	0	1	1	3	0,0001751	0,0000809
30	1	0	1	3	0,0005002	0,0002313
31	1	1	0	3	0,0025010	0,0011563
32	1	1	3	0	0,0001201	0,0000555
33	1	0	3	1	0,0001201	0,0000555
34	0	1	3	1	0,0000420	0,0000194
35	1	3	1	0	0,0005002	0,0002313
36	0	3	1	1	0,0001751	0,0000809
37	1	3	1	0	0,0005002	0,0002313
38	3	1	1	0	0,0245000	0,0113272
39	3	1	0	1	0,1225000	0,0000486
40	3	0	1	1	0,0245000	0,0007929
41	0	2	2	1	0,0001050	0,0099113
42	2	0	2	1	0,0017150	0,0019823
43	2	2	0	1	0,0214375	0,0001214
44	2	2	1	0	0,0042875	0,0019823
45	0	2	1	2	0,0002626	0,0001214
46	2	2	1	0	0,0042875	0,0019823
47	2	1	2	0	0,0017150	0,0007929
48	2	1	0	2	0,0214375	0,0099113
49	0	1	2	2	0,0001050	0,0000486
50	1	2	2	0	0,0003001	0,0001388
51	1	2	0	2	0,0037516	0,0017345
52	1	0	2	2	0,0003001	0,0001388
53	1	1	1	2	0,0015006	0,0006938
54	1	1	2	1	0,0006003	0,0002775
55	1	2	1	1	0,0015006	0,0006938
56	2	1	1	1	0,0085750	0,0039645
<b>TOTAL</b>					<b>2,1629428</b>	<b>0,9999998</b>

4.10.3 Perhitungan Lq1, Lq3, Wq1 dan Wq3

a. Lq1

Merupakan antrian alat angkut saat akan dimuat oleh alat gali muat dengan syarat n1 > 1 (Tabel , kolom ke-2)

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

$$= 3 \text{ truk}$$

b. Lq3

Merupakan Antrian Alat angkut saat akan menumpahkan material ke crusher dengan syarat n3 > 1

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

$$= 1 \text{ truk}$$

c. Wq1

Merupakan waktu tunggu alat angkut pada saat akan dimuat oleh alat gali muat. Untuk menentukan Wq1 terlebih dahulu harus di hitung tingkat kesibukan (ρ<sub>i</sub>) excavator dengan syarat n1 = 0.



$$\begin{aligned} n_1 &= 1 - \sum(\text{probabilitas keadaan } 1, 2, 3, 5, 6, 8, \\ &\quad 10, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 29, 34, \\ &\quad 36, 41, 45, 49) \\ &= 1 - 0,0011482 \\ &= 0,9988518 \\ &= 99,89\% \end{aligned}$$

Karena pemuatan ada pada tahap 1, maka jumlah truk yang bisa dilayani adalah:

$$\begin{aligned} \Theta &= n_1 \times \mu_1 & (19) \\ &= 0,9988518 \times 7 \text{ truk/jam} \\ &= 6,9919 \text{ truk/jam} \\ &= 7 \text{ truk/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Wq_1 &= \frac{Lq_1}{\Theta} & (20) \\ &= \frac{3 \text{ truk}}{6,9919 \text{ truk/jam}} \\ &= 0,4290 \text{ jam} \\ &= 25,74 \text{ menit} \approx 26 \text{ menit} \end{aligned}$$

d.  $Wq_3$   
Waktu tunggu alat angkut saat menumpahkan material ke *crusher*

$$\begin{aligned} Wq_3 &= \frac{Lq_3}{\Theta} & (21) \\ &= \frac{1 \text{ truk}}{6,9919 \text{ truk/jam}} \\ &= 0,1430 \text{ jam} \\ &= 8,58 \text{ menit} \approx 9 \text{ menit} \end{aligned}$$

#### 4.10.4 Jumlah truk yang di butuhkan

Berdasarkan penerapan metode antrian maka total waktu edar alat angkut adalah:

$$\begin{aligned} CT \text{ total} &= \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} + Wq_1 + Wq_3 \right) & (22) \\ &= \left( \frac{1}{7} + \frac{1}{20} + \frac{1}{100} + \frac{1}{20} + 0,4290 + 0,1430 \right) \\ &= 0,593 \text{ jam} \\ &= 35,58 \text{ menit} \end{aligned}$$

Sehingga tingkat kedatangan truk di *front loading* ataupun di *crusher* adalah:

$$\begin{aligned} \lambda = \lambda_1 = \lambda_2 &= \frac{1}{CT} & (23) \\ &= \frac{1}{0,593 \text{ truk/jam}} \\ &= 1,6863 \text{ truk/jam} \\ &= 2 \text{ truk/jam} \end{aligned}$$

Jadi Jumlah truk yang di butuhkan adalah:

$$\begin{aligned} N &= \frac{\mu_1}{\lambda} & (24) \\ &= \frac{7}{2 \text{ truk/jam}} \\ &= 3,5 \text{ truk} \\ &= 4 \text{ truk} \end{aligned}$$

## 4.11 Produksi yang Didapatkan Berdasarkan Teori Antrian

Tabel 14. Produksi Alat Angkut

Jumlah Dump Truck	Produksi Dump Truck	Jam Kerja Dump Truck
4	47,30 ton/jam	203,41 jam

Jadi, jumlah produksi yang didapatkan berdasarkan teori antrian adalah:

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= Q \times n \times WH & (25) \\ &= 47,30 \text{ ton/jam} \times 4 \times 203,41 \text{ jam/bulan} \\ &= 38.485 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

Tabel 15. Produksi alat angkut berdasarkan teori antrian

Jumlah DT berdasarkan Teori Antrian	Produksi Aktual	Target Produksi	Produksi berdasarkan Teori Antrian
4	25.125 ton/bulan	30.000 ton/bulan	38.485 ton/bulan

## 4.12 Settingan *fleet* berdasarkan metode kapasitas produksi dan teori antrian

Setelah mendapatkan perhitungan jumlah *dump truck* pada kombinasi alat gali-muat *Excavator Hitachi ZX-350* dengan alat angkut *Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS*, maka didapatkan settingan *fleet* untuk target produksi 30.000 ton/bulan pada Tabel 16 berikut:

Tabel 16. Settingan *fleet* berdasarkan metode kapasitas produksi dan teori antrian

NO	Jumlah Alat Angkut		
	Hasil Perhitungan		
	Aktual	Metode kapasitas Produksi	Teori Antrian
1	5	5	4

Pada Tabel 16 di atas didapatkan settingan alat yaitu secara kenyataan di lapangan atau aktual jumlah alat angkut yaitu 5 unit *dump truck*, sedangkan secara metode kapasitas produksi di dapatkan jumlah alat angkut yaitu 5 unit *dump truck*, dan secara perhitungan menggunakan teori antrian di dapatkan jumlah alat angkut yaitu 4 unit *dump truck*.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

- Produktivitas alat angkut dan alat muat untuk pengangkutan batu andesit adalah:
  - Produktivitas *Excavator Hitachi ZX-350* sebesar 232,61 ton/jam.
  - Produktivitas *Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS* sebesar 47,30 ton/jam.

- c. Waktu tunggu efektif alat angkut selama 1,4 menit.
2. Berdasarkan perhitungan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan maka didapat perhitungan nilai MF yaitu  $MF > 1$ . Jika MF lebih besar dari 1 maka terjadi waktu tunggu pada alat angkut yang berarti terjadi antrian. Upaya untuk mengurangi waktu antrian pada produksi batu andesit dengan melakukan perbaikan komposisi alat menjadi  $MF=1$ . Jumlah alat angkut optimum berdasarkan metode kapasitas produksi adalah sebanyak 5 unit *dump truck*, sedangkan jumlah alat angkut berdasarkan metode antrian adalah sebanyak 4 unit *dump truck*.
3. Manajemen *fleet* alat muat alat dan angkut dalam penerapan metode antrian yaitu 1 alat muat *Excavator Hitachi ZX- 350* mampu melayani 4 alat angkut *Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS* dengan produksi sebesar 38.485 ton/bulan sehingga target produksi tercapai.

## 5.2 Saran

1. Mengkaji kembali kebutuhan peralatan yang digunakan dalam penambangan untuk mendapatkan produktivitas yang lebih optimal.
2. Mengkaji kembali alat gali muat dari alat yang telah disediakan untuk mengurangi waktu tunggu alat.
3. Mengkaji kembali settingan *fleet* yang digunakan dalam penambangan untuk mendapatkan produksi yang lebih optimal dan untuk pengerjaan di lapangan agar memperhatikan rencana yang telah dibuat agar mencapai target produksi.

## Daftar Pustaka

- [1] Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Jakarta: Alfabeta. (2017).
- [2] A. Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press. (2013).
- [3] Nawawi, H. Hadari. *Metode Penelitian Deskriptif*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (1983).
- [4] Pfeleider, Eugene .P. *Surface Mining 1st Edition*. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum. (1972).
- [5] Amrun Liemin, dkk. *Evaluasi Produksi Overburden Pada Front Kerja Excavator Hitachi Shovel*. Jurnal Geomine **6**, 1. Universitas Muslim Indonesia. (2018)
- [6] Anaperta, Yoszi Mingsi. *Evaluasi Keserasian (Match Factor) Alat Muat dan Alat Angkut Dengan Metode Control Chart (Peta Kendali) Pada Aktivitas Penambangan di Pit X PT Y*. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan **9**, 1. Universitas Negeri Padang. (2016)
- [7] Aqsal Ramadhan Shaddad, dkk. *Analisis Keserasian Alat Mekanis Match Factor Untuk Peningkatan Produktivitas*. Jurnal Geomine **4**, 3. Universitas Hasanuddin. (2016).
- [8] I. Yanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". (2012).
- [9] Anonim. "Spesification & Aplication Handbook". Japan: Komatsu. (2009).
- [10] Sumarya. *Bahan Ajar Alat Berat dan Interaksi Alat Berat*. Padang: Universitas Negeri Padang. (2012).
- [11] Herlita, Padeni. *Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Soil di Area 242 dengan Penerapan Metode Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi Clay 3000 Ton/Hari*. Jurnal Bina Tambang **3**, 4. Universitas Negeri Padang. (2018).
- [12] Lola. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menentukan Waktu Efektif*. Padang: UNP. (2017).
- [13] Maharani, Fadhillah. *Evaluasi Pengaruh Kondisi Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 PS dari Front Penambangan Menuju Unit Crusher Pada Penambangan Batu Andesit PT Koto Alam Sejahtera*. Padang: UNP. (2018).
- [14] Anisari, Rezky. *Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di Pit 8 Fleet D PT. Jhonlin Baratama Jobsite Satu Kalimantan Selatan*. Jurnal ITEKNA **16**, 1. Politeknik Negeri Banjarmasin. (2016)
- [15] A. Vendhi Prasmoro. *Optimasi Produksi Dumptruck Volvo FM 440 dengan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian di Lokasi Pertambangan batubara, Samarinda Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik **6**, 1 Mercuri Buana (2014).
- [16] Anaviroh. *Model Antrian Satu Server Dengan Pola Kedatangan Berkelompok (Batch Arrival)*. Jurnal Penelitian **4**, 2 Universitas jambi (2018).
- [17] E. Dwi Rahmi. *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*. Jurnal Bina Tambang **2**, 3 Universitas Negeri Padang (2018).
- [18] Rahman, Fadel. *Analisis Manajemen Fleet Pada Kegiatan Pengupasan Overburden PT Artamulia Tatapratama di Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Muaro Bung*. Jurnal Bina Tambang **2**, 3 Universitas Negeri Padang (2018).