

**Kajian Produktivitas Alat Muat Dan Alat Angkut Berdasarkan Match Factor Dan Teori Antrian Pada Kegiatan Pengangkutan Ore (Eto Efo) Di PT Djava Berkah Mineral Site PT Bumanik, Kabupaten Morowali Utara Sulawesi Tengah**

Alvin Faza Ramadhani<sup>1</sup>, Abdul Rauf<sup>2</sup>, R. Hariyanto<sup>3</sup>, Oktarian Wisnu Lusantono<sup>4</sup>  
Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional  
"Veteran" Yogyakarta, Indonesia<sup>1,2,3</sup>  
Email Korespondensi : [alvinfaza7859@gmail.com](mailto:alvinfaza7859@gmail.com)

**ABSTRACT**

*PT. Djava Berkah Mineral (PT. DBM) is a company engaged in the mining contractor field. PT. Djava Berkah Mineral is located in East Petasia District, North Morowali Regency, Central Sulawesi. The system applied for the nickel extraction is open-pit mining with the open cast method. The importance of estimating the loading and hauling equipment's productivity is because it correlates to the production target that must be achieved by the company.*

*The problem formulation in this study is whether the ETO EFO production target of 71,500 tons/month has been achieved and the affecting factors of the loading and hauling equipment's productivity, as well as how to increase the production target based on the match factor and queuing theory so that the number of equipment used is optimal. The purpose of this research is to examine the production ability of the equipment used and the affecting factors of the ETO EFO's production and to determine the optimal number of equipment used based on the match factor and queuing theory as well as efforts to increase the predetermined production which can be achieved using the match factor method or queuing theory.*

*After carrying out data collection and processing, turns out that the ETO EFO production target has not been achieved with a shortage of 2,544 tons/month. The condition that affects the mechanical equipment's productivity was the lost of working time caused by rain, slippery, and standby, as well as the lack of barging activity. Efforts to increase production to achieve the production target of 71,500 tons/month are carried out based on queuing theory so that the obtained production reaches 91,273.39 tons/month, which achieved 127.66% of the production target*

**.Keywords:** *Production, Match Factor, Queuing Theory*

**ABSTRAK**

PT. Djava Berkah Mineral (PT. DBM) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan bagian kontraktor. PT. Djava Berkah Mineral terletak di Kecamatan Petasia timur, Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah. Sistem penambangan yang diterapkan pada penambangan nikel tersebut adalah tambang terbuka dengan metode open cast. Pentingnya memperkirakan produksi dari alat muat dan alat angkut ini karena ada kaitannya dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu apakah target produksi ETO EFO sebesar 71.500 Ton/bulan sudah tercapai serta apa saja faktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan alat angkut dan bagaimana mengupayakan peningkatan target produksi berdasarkan match factor dan teori antrian sehingga jumlah alat yang digunakan optimal. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengkaji kemampuan produksi alat muat dan alat angkut yang digunakan dan faktor yang mempengaruhi pada produksi ETO EFO serta mengetahui jumlah alat optimal yang digunakan berdasarkan match factor dan teori antrian serta upaya peningkatan produksi yang ditentukan dapat tercapai menggunakan metode match factor atau teori antrian.

Setelah melakukan pengambilan data dan pengolahan data ternyata target produksi ETO EFO belum tercapai dengan kekurangan sebesar 2.544 ton/bulan. Kondisi yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis sehingga tidak tercapainya target produksi pada alat angkut adalah kehilangan waktu kerja yang diakibatkan oleh hujan, slippery, standby dan tidak adanya kegiatan barging. Upaya peningkatan produksi untuk mencapai target produksi sebesar 71.500 Ton/bulan dilakukan dengan berdasarkan teori antrian sehingga produksi yang diperoleh mencapai 91.273,39 Ton/bulan mencapai 127,66% dari target produksi

**Kata Kunci:** *Produksi, Keserasian Kerja, Teori Antrian,*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

PT. Djava Berkah Mineral (PT.DBM) merupakan salah satu perusahaan jasa pertambangan yang melakukan kegiatan operasi produksi yang diberikan oleh pemegang IUP operasi produksi oleh PT. Bukit Makmur Istindo Nikeltama (PT. BUMANIK), bergerak di bidang pertambangan nikel dengan sistem tambang terbuka (surface mining) yang berada di Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Berdasarkan pada keberadaan bijih nikel yang tersebar di lereng-lereng bukit, maka metode yang digunakan merupakan metode open cast dengan cara selective mining.

Sebelum kegiatan penambangan bijih nikel (*Ore*) dilakukan, pengupasan lapisan tanah pucuk (top soil) dan tanah penutup (overburden) harus dilakukan terlebih dahulu. Setelah kegiatan penambangan dilakukan, bijih nikel diangkut menuju *Exportable Transit Ore* (ETO) yang dipisahkan berdasarkan kadar dari bijih nikel tersebut. Pengangkutan menuju *Exportable Transit Ore* (ETO) ini bertujuan untuk menyimpan sementara sebelum dilakukan blending untuk mendapatkan hasil sesuai permintaan pasar, apabila *ore* yang berada di ETO memenuhi permintaan pasar, maka akan di pindahkan ke EFO (*Exportable Final Ore*). Ketersediaan alat muat dan alat angkut sangat penting bagi kelangsungan produksi ETO EFO, jumlah alat mekanis yang berlebih akan mengakibatkan meningkatnya biaya pengeluaran operasi produksi, sementara jumlah alat angkut yang sedikit akan mengurangi jumlah produksi.

Alat-alat mekanis seperti alat muat dan alat angkut sangat dibutuhkan dalam kegiatan produksi ETO EFO, untuk mencapai target produksi. Salah satu metode simulasi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan jumlah unit yaitu dengan menggunakan teori antrian dan factor keserasian (match factor). Produksi ditargetkan dapat mencapai 71.500 ton/bulan namun pada kondisi aktual produksi yang didapatkan hanya sebesar 68.596 ton/bulan sehingga masih terdapat kekurangan sebesar 2.544 ton/bulan maka dari itu perlu melakukan kajian terhadap produktivitas alat muat dan alat angkut berdasarkan match factor dan teori antrian, sehingga jumlah alat yang digunakan menjadi optimal dan target produksi yang sudah ditetapkan dapat tercapai.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apakah target produksi dari ETO (*Exportable Transit Ore*) EFO (*Exportable Final Ore*) sudah tercapai?
2. Bagaimana faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan alat angkut?
3. Berapa jumlah alat optimal yang digunakan berdasarkan match factor dan teori antrian?
4. Bagaimana mengupayakan peningkatan produksi ETO EFO berdasarkan match factor dan teori antrian?

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji kemampuan produksi alat muat dan alat angkut yang digunakan pada produksi ETO EFO.
2. Mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan alat angkut.
3. Mengetahui jumlah alat optimal yang digunakan berdasarkan *match factor*.
4. Mengupayakan peningkatan produksi ETO EFO agar target produksi yang telah ditentukan dapat tercapai menggunakan metode *match factor* dan teori antrian.

### D. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data dilakukan bulan januari 2022 dan data primer pada *shift* pagi.
2. Penelitian dibatasi hanya pada ETO (*Exportable Transit Ore*) ke EFO (*Exportable Final Ore*).
3. Penelitian ini dibatasi dipermasalahan teknis kerja alat muat Komatsu PC300-8 dan alat angkut *dump truck* UD Quester CWE 370.
4. Kemampuan operator dianggap sama.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administrative berada di Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah dan dapat ditempuh melalui jalur udara dari Kota Yogyakarta menuju Morowali dengan menggunakan pesawat terbang dengan transit di Kota Makassar, rute Yogyakarta - Makassar waktu tempuhnya selama 2 jam sedangkan Makassar – Morowali waktu tempuhnya selama 1 jam. Setelah itu untuk mencapai lokasi dapat ditempuh menggunakan sarana transportasi perusahaan berupa mobil dengan waktu tempuh sekitar 1 jam

### B. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan pengambilan data di lapangan secara langsung (data

primer) yang meliputi data *cycle time* alat, waktu hambatan yang dialami dilapangan, pola pemuatan, *bucket fill factor*, dan secara tidak langsung (data sekunder) yang meliputi data jumlah jam kerja, spesifikasi alat, peta lokasi, produksi di bulan januari tahun 2022, *swell factor*. Data yang dikumpulkan kemudian akan dilakukan pengolahan data menggunakan *microsoft excel*. Hasil pengolahan data akan dianalisis sehingga dapat diambil kesimpulan dan saran serta dapat memberikan alternatif penyelesaian masalah yang sesuai dengan permasalahan yang ada.

### III. DASAR TEORI

#### A. Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

##### 1. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Didalam kegiatan penambangan, material yang akan dimuat kedalam *vessel* alat angkut harus dalam keadaan *loose*. Dalam keadaan *loose*, secara umum volume material akan bertambah walaupun pada berat yang sama. Perbandingan antara densitas/volume yang terjadi dinamakan faktor pengembangan (*swell factor*). Besarnya *swell factor* dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\text{bank volume}}{\text{loose volume}}$$

##### 2. Faktor Pengisian (*Bucket Fill Factor*)

Faktor pengisian adalah perbandingan antara kapasitas nyata muat dengan kapasitas baku alat gali muat yang dinyatakan dalam persen. Semakin besar faktor pengisian maka semakin besar pula kemampuan nyata dari alat tersebut. Untuk menghitung faktor pengisian digunakan persamaan sebagai berikut :

$$BFF = \frac{V_n}{V_d} \times 100 \%$$

Keterangan :

BFF = Faktor pengisian. %

V<sub>b</sub> = Kapasitas nyata alat muat, m<sup>3</sup>

V<sub>d</sub> = Kapasitas teoritis alat muat, m<sup>3</sup>

##### 3. Pola Pemuatan

Pola pemuatan dapat diklasifikasikan menurut beberapa jenis sudut pandang (Hustrulid dan Kutcha, 2013; Nichols dan Day, 2005), yaitu sebagai berikut :

a) Berdasarkan kedudukan truk untuk dimuati komoditas tambang oleh alat muat:

1. *Top Loading*
2. *Bottom Loading*

b) Berdasarkan jumlah penempatan posisi truk terhadap posisi alat muat:

1. *Single Back Up*
2. *Double Back Up*

c) Berdasarkan cara manuvernya:

1. *Frontal Cut*
2. *Parallel cut with drive-by*

#### 4. Geometri Jalan Angkut

Adapun faktor-faktor yang merupakan geometri penting yang akan mempengaruhi keadaan jalan angkut adalah sebagai berikut :

a) Lebar pada Jalan Lurus

Penentuan lebar jalan angkut minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *rule of thumb* yang dikemukakan menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) *Manual Rural Highway Design* dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = (n \times W_t) + (n + 1)(0,5 \times W_t)$$

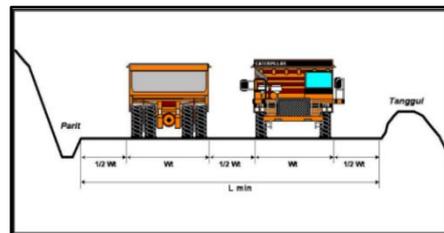
Keterangan :

L = Lebar minimum jalan angkut lurus, m

N = Jumlah jalur

W<sub>t</sub> = Lebar alat angkut total, m

Nilai 0,5 pada rumus diatas menunjukkan bahwa ukuran aman kedua kendaraan berpapasan adalah sebesar 0,5 W<sub>t</sub>, yaitu setengah lebar terbesar dari alat angkut yang bersimpangan. Ukuran 0,5 W<sub>t</sub> juga digunakan untuk jarak dari tepi kanan atau kiri jalan ke alat angkut yang melintasi secara berlawanan.



Gambar 3.1

Lebar Jalan Angkut Lurus

b) Lebar Jalan Angkut pada Tikungan

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan selalu lebih besar daripada jalan angkut pada jalan lurus. Rumus yang digunakan untuk menghitung lebar jalan angkut minimum pada belokan (gambar 3.2) adalah:

$$W = 2 ( U + Fa + Fb + Z ) + C$$

$$C = Z = \frac{1}{2} ( U + Fa + Fb )$$

$$Fa = Ad \times \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{W_b}{R}$$

$$Fb = Ab \times \sin \alpha$$

Keterangan:

W = Lebar jalan angkut pada tikungan, m

n = Jumlah jalur

U = Jarak jejak roda kendaraan, m

Fa = Lebar jantai depan, m (dikoreksi dengan sinus sudut belok roda depan)

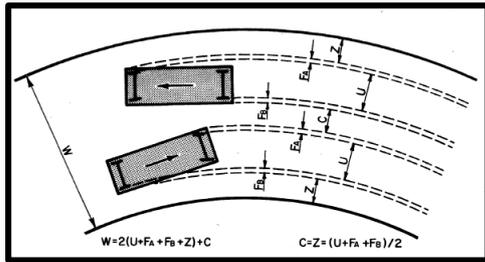
Fb = Lebar jantai belakang, m (dikoreksi dengan sinus sudut belok roda depan)

- Ad = Jarak as roda depan dengan bagian depan truck, m
- Ab = Jarak as roda belakang dengan bagian belakang truck, m
- $\alpha$  = Sudut penyimpangan (belok) roda depan
- C = Jarak antara dua truck yang akan bersimpangan, m
- Z = Jarak sisi luar truck ke tepi jalan, m
- R = Radius Putar Truk
- Wb = Jarak sumbu roda depan dengan sumbu roda belakang

$$Ek = (We / Wt) \times 100 \%$$

Keterangan :

- We = Waktu kerja efektif, menit
- Wt = Waktu kerja yang tersedia, menit
- Whd = Waktu hambatan yang dapat dihindari, menit
- Wtd = Waktu hambatan yang tidak dapat dihindari, menit
- Ek = Efisiensi kerja, %



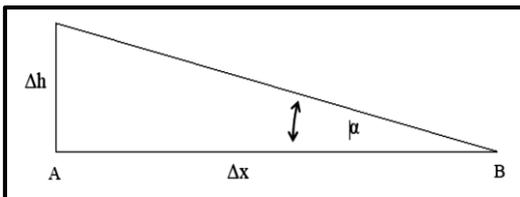
Gambar 3.2  
Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan

- c) Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)  
Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam bentuk persen (%). Kemiringan (*grade*) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Grade } (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

Keterangan :

- $\Delta h$  = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)
- $\Delta x$  = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m)
- $\alpha$  = Sudut kemiringan jalan pada tanjakan ( $^{\circ}$ )



Gambar 3.3  
Kemiringan Jalan Angkut (Waterman Sulistyana, 2015)

- 5. Efisiensi Kerja (*Job Efficiency*)  
Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia, dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja dipengaruhi oleh waktu kerja efektif. Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang benar – benar digunakan oleh operator bersama alat untuk operasi produksi. Waktu kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$We = Wt - (Wtd + Whd)$$

### 6. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar merupakan waktu yang diperlukan oleh alat untuk menghasilkan daur kerja. Semakin kecil waktu edar suatu alat, maka produksinya semakin tinggi.

#### a) Waktu edar alat muat

Merupakan total waktu pada alat muat, yang dimulai dari pengisian *bucket* sampai dengan menumpahkan muatan ke dalam alat angkut dan kembali kosong. Waktu edar alat muat dapat dihitung dengan rumus :

$$CTm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4$$

Keterangan :

- CTm = Total waktu edar alat muat (detik)
- Tm1 = Waktu untuk mengisi mangkuk (detik)
- Tm2 = Waktu mengangkat mangkuk bermuatan (detik)
- Tm3 = Waktu untuk menumpahkan material yang dimuat (detik)
- Tm4 = Waktu memutar dengan mangkuk kosong (detik)

#### b) Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut pada umumnya terdiri dari waktu menunggu alat untuk dimuat, waktu mengatur posisi untuk dimuati, waktu diisi muatan, waktu mengangkat muatan, waktu *dumping*, dan waktu kembali kosong. Waktu edar alat angkut dapat dihitung dengan rumus :

$$CTa = Ta1 + Ta2 + Ta3 + Ta4 + Ta5 + Ta6$$

Keterangan :

- CTa = Waktu edar alat angkut (detik)
- Ta1 = Waktu mengambil posisi siap dimuati (detik)
- Ta2 = Waktu diisi muatan (detik)
- Ta3 = Waktu mengangkat muatan (detik)
- Ta4 = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan (detik)
- Ta5 = Waktu muatan ditumpahkan (detik)
- Ta6 = Waktu kembali kosong (detik)

## B. Produktivitas Alat

Produktivitas alat mekanis merupakan perhitungan jumlah produksi dalam satu jam alat gali muat dan angkut bekerja.

1. Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas alat muat adalah kemampuan alat untuk memuat material dalam satuan jam. Kegiatan pemuatan adalah kegiatan penambangan setelah pembongkaran batuan pada *front* kerja yang bertujuan untuk memuat bahan galian alat angkut. Persamaan produktivitas alat muat (Hustrulid dan Kuchta, 2013) adalah sebagai berikut :

$$Q_m = (60/C_t) \times C_b \times BFF \times sf \times Ef$$

Keterangan :

- Q<sub>m</sub> = Kemampuan produksi alat muat (LCM/Jam)
- C<sub>tm</sub> = Waktu edar alat muat sekali pemuatan (menit)
- C<sub>b</sub> = Kapasitas bucket
- BFF = Bucket fill factor
- Ef = Efisiensi kerja (%)

2. Produktivitas Alat Angkut

Produksi alat angkut dalam hal ini truk dipengaruhi oleh banyaknya trip atau lintasan yang dapat dicapai oleh alat angkut tersebut per satuan waktu. Banyaknya trip dipengaruhi oleh waktu edar dan efisiensi kerja alat. Untuk menghitung produksi truk dapat menggunakan persamaan :

$$Q_a = N_a (60/C_t) \times C_b \times BFF \times sf \times Ef$$

Keterangan :

- Q<sub>a</sub> = Kemampuan produksi alat angkut (LCM/Jam)
- N<sub>a</sub> = Jumlah alat angkut
- C<sub>ta</sub> = Waktu edar alat angkut (menit)
- C<sub>b</sub> = Kapasitas bucket
- BFF = Faktor pengisian (%)
- Ef = Efisiensi Kerja (%)

C. Faktor Keserasian (*Match Factor*)

Perhitungan nilai *match factor* suatu *fleet* sangat menentukan *delay wait on trucks* itu sendiri. Semakin kecil angka *match factor* suatu *fleet* maka semakin besar *delay wait on trucks* yang akan terjadi. Berdasarkan teori Morgan dan Peterson (1968), untuk perhitungan keserasian kerja alat gali dan alat angkut pada kondisi homogen yaitu :

$$MF = (N_a (n \times C_{Tm})) / (N_m \times C_{Ta})$$

Keterangan :

- MF = Faktor Keserasian
- Keterangan :  
M = Antrian

- n = Jumlah pengisian bucket ke alat angkut
- N<sub>a</sub> = Jumlah alat angkut
- N<sub>m</sub> = Jumlah alat muat
- C<sub>Ta</sub> = Waktu edar alat angkut, (detik)
- C<sub>Tm</sub> = Waktu edar alat muat, (detik)

D. *Multiple Channel Single Phase (Teori Antrian)*

Sistem ini terjadi ketika dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal ditunjukkan oleh gambar 3.1.

$$P = \frac{\lambda}{S\mu}$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 P_o}{(S-1)(S\mu-\lambda)^2}$$

$$P_w = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \frac{P_o}{S! \left[1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right]}$$

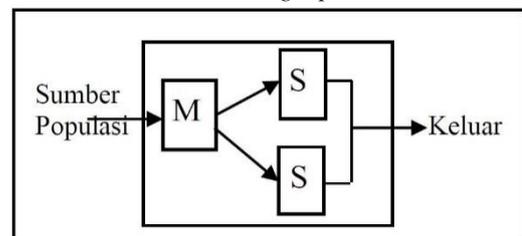
$$W_q = \frac{P_o}{\mu S(S-1) \left[1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right]^2} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S$$

$$P_o = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}\right] + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S}{S! \left(1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right)}}$$

Keterangan :

- λ = Rata-rata tingkat kedatangan/jam
- μ = Rata-rata tingkat pelayanan/jam
- L<sub>q</sub> = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam antrian (unit)
- L<sub>s</sub> = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam sistem (unit)
- P = Tingkat intensitas fasilitas pelayanan
- W<sub>q</sub> = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam antrian (Jam)
- P<sub>o</sub> = Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem
- W<sub>s</sub> = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam sistem (Jam)

Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem *Multi channel single phase*:



Gambar 3.1

Struktur Antrian *Multi channel Single Phase*

S = Fasilitas Pelayanan (*server*)

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

**A. Faktor Pengembangan (Swell Factor)**

Swell adalah pengembangan volume suatu material setelah digali dari tempatnya. Pengembangan volume suatu material perlu diketahui karena yang diperhitungkan pada penggalian selalu didasarkan pada “insitu”. Sedangkan material yang ditangani (dimuat untuk diangkut) selalu material yang telah mengembang (loose). Data PT. Djawa Berkah Mineral, *density in bank* (insitu) adalah 1,59 ton/m<sup>3</sup> dan *loose density* adalah 1,59 ton/m<sup>3</sup>. Nilai *swell factor* adalah sebesar 1 karena pada awalnya kondisi material adalah kondisi gembur (loose) lalu pada kondisi selanjutnya adalah kondisi gembur (loose).

**B. Faktor Pengisian (Bucket Fill Factor)**

Faktor pengisian (*bucket fill factor*) merupakan perbandingan antara kapasitas nyata dengan kapasitas teoritis sebuah alat gali muat, untuk mengetahui nilai BFF dapat dilakukan dengan melihat pada *bucket excavator*. Berdasarkan pengamatan di lapangan besarnya faktor pengisian untuk alat muat Komatsu PC 300-8 adalah 106%.

**C. Pola Pemuatan**

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pola pemuatan yang digunakan adalah top loading, yaitu alat muat melakukan pemuatan dengan menempatkan dirinya pada posisi yang lebih tinggi daripada alat angkut. Pola pemuatan alat angkut adalah menggunakan pola single truck back up, yaitu alat angkut memposisikan dengan cara membelakangi alat muat, sedangkan alat angkut lainnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh.

**D. Geometri Jalan Angkut**

Geometri jalan angkut begitu penting untuk mendukung kegiatan produksi, agar alat mekanis dapat bekerja maksimal maka diperlukan syarat-syarat geometri jalan angkut yang ideal untuk memenuhi standar.

Keadaan jalan yang digunakan untuk kegiatan pengangkutan material bijih nikel menuju *exportable final ore* (EFO) bervariasi, terdapat kondisi jalan yang baik dan kurang baik. Pada kondisi setelah hujan jalan menjadi sangat licin sehingga harus dilakukan perawatan jalan berupa perataan dengan menggunakan *bulldozer* dan *motor grader* guna pembersihan lumpur dari area jalan agar kinerja dari alat mekanis tetap optimal dan efisien.

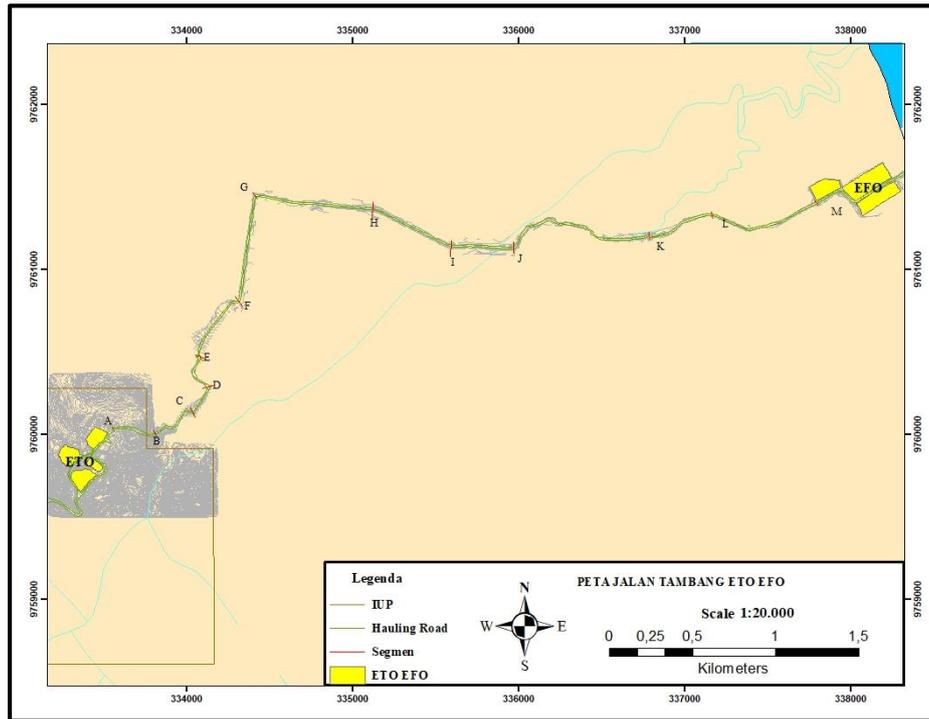
Produksi material bijih nikel yang dimuat akan diangkut dari Loading Point di *exportable temporary ore* (ETO) menuju ke *Dumping Point* di *exportable final ore* (EFO) melalui jalan angkut dengan jarak yang ditempuh sejauh 7,5 km. Kondisi jalan di lapangan memiliki grade kemiringan dibawah 12% yang sudah sesuai berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, terkait dengan kemiringan jalan tambang dibuat tidak boleh lebih dari 12%, sehingga tidak diperlukan perbaikan terhadap jalan angkut.

Jarak dari *exportable transit ore* (ETO) ke *exportable final ore* (EFO) sejauh 7,5 km. Secara teori lebar jalan angkut untuk 2 jalur pengangkutan menggunakan *dump truck* UD Quester CWE 370 pada jalan lurus adalah 8,75 dan lebar jalan angkut pada tikungan minimal yang mampu dilalui oleh *dump truck* adalah sebesar 14,257 m untuk 2 jalur. Hasil pengamatan dilapangan, lebar jalan angkut rata-rata sebesar 12,05 m untuk lebar jalan angkut lurus dan 14,8 m untuk lebar jalan angkut pada tikungan sehingga sudah memenuhi syarat, untuk itu tidak diperlukan adanya pelebaran jalan angkut.

Disajikan tabel kondisi jalan angkut di tiap segmen pada Tabel 4.1 dan juga Segmentasi Jalan Angkut pada Gambar 4.2

Tabel 4.1  
Kondisi Jalan Angkut tiap Segmen

Segmen	Panjang Jalan	Grade (%)	Lebar Jalan
A-B	311,78	8,659952531	16,62
B-C	307,13	5,860710448	19,2
C-D	183,39	1,090572005	17,08
D-E	220,27	0,907976574	13,4
E-F	436,78	4,121067814	14,4
F-G	648,31	0,771235983	12,4
G-H	719,17	0,278098363	14,6
H-I	523,33	0,19108402	11,57
I-J	374,74	0,266851684	9,2
J-K	934,52	0,107006806	7,5
K-L	412,54	0,242400737	9,7
L-M	680,27	0,147000456	15,5



Gambar 4.1  
Peta Layout Jalan Angkut PT. Djava Berkah Mineral

### E. Efisiensi Kerja

Produktivitas per jam dari mesin yang dibutuhkan dalam proyek adalah standar produktivitas dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor tertentu. Faktor ini disebut efisiensi kerja. Efisiensi kerja tergantung pada banyak faktor seperti topografi, keterampilan operator, dan disposisi mesin. Sangat sulit untuk memperkirakan nilai efisiensi kerja karena banyak faktor yang terlibat. Faktor kehilangan waktu kerja ini mengurangi waktu kerja efektif yang terjadi di alat muat dan alat angkut dan juga berakibat memperkecil efisiensi kerja. Berdasarkan pengamatan dilapangan, kehilangan waktu kerja terbesar disebabkan oleh hujan, *slippery*, *standby* dan tidak adanya kegiatan *barging*.

### F. Cycle Time

#### 1) Waktu edar alat muat

Waktu edar alat muat adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat muat mulai dari waktu untuk menggali (*digging time*), waktu untuk berputar dengan muatan (*swing load*), waktu menumpahkan muatan ke bak alat angkut (*dumping time*), waktu berputar tanpa muatan (*swing empty*) sampai pada posisi mulai menggali kembali yang disebut dengan waktu sekali mengisi ke alat angkut. Pengamatan waktu edar dilakukan pada saat alat gali muat memproduksi melayani alat angkut di permukaan

kerja (*front*) penambangan. Waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata pada saat alat muat melayani alat angkut sebesar 17,7254 detik atau 0,2954 menit dengan alat muat *excavator* Komatsu PC 300-8.

#### 2) Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat angkut mulai dari waktu manuver isi, waktu diisi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu manuver *dumping*, waktu *dumping*, waktu kembali kosong. Waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata alat angkut sebesar 2.365 detik atau 39,42 menit dengan alat angkut *dump truck* UD Qvester CWE 370.

Tabel 4.2

Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

Alat Muat dan Alat Angkut	Cycle Time (detik)
<i>Excavator Komatsu PC 300</i>	17,7254
<i>Dump truck</i> Qvester CWE 370	2.365

### G. Produktivitas Alat

Produksi aktual adalah hasil yang dapat dicapai suatu alat secara nyata ketika alat tersebut dioperasikan. Alat mekanis yang digunakan untuk kegiatan pemuatan dan pengangkutan yaitu 1 unit

alat muat *excavator* Komatsu PC 300 dan 12 unit alat angkut UD Quester CWE 370. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data di lapangan dengan menggunakan 1 unit alat muat dan 12 unit alat angkut produksi yang didapatkan sebesar 68.596 ton/bulan, sehingga masih terdapat kekurangan sebesar 2.544 ton/bulan. Berdasarkan pengamatan data didapatkan faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya target produksi yaitu terdapat *lost time* pada waktu edar baik waktu edar alat muat maupun alat angkut, dan juga belum optimalnya waktu kerja belum optimalnya waktu kerja dikarenakan adanya hambatan sehingga berdampak pada efisiensi kerja. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pencapaian produksi alat gali muat sudah mencapai target produksi sedangkan pencapaian produksi alat angkut belum mencapai target yang ditentukan oleh perusahaan.

Tabel 4.3

Kemampuan Produksi Alat Muat dan Alat Angkut

Rangkaian Kerja	Produktivitas (Ton/jam)	Produksi (Ton/bulan)
<i>Excavator</i> Komatsu PC 300-8	629,885	101.033,625
<i>Dump truck</i> UD Quester CWE 370	394,0142	68.596

#### H. Faktor Keserasian (*Match Factor*)

##### 1) *Match Factor* Aktual

Angka keserasian kerja (MF) untuk rangkaian kerja antara alat gali muat dengan alat angkut yang beroperasi adalah sebesar 0,44 pada pengangkutan material *ore*. Nilai MF > 1, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%. Nilai MF < 1, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedangkan alat angkut bekerja 100%. MF = 1, artinya alat gali muat dan alat angkut bekerja 100%.

##### 2) *Match Factor* =1

Apabila angka keserasian kerja (MF) pada pengangkutan *ore* disimulasikan 1 (serasi) atau tidak adanya waktu tunggu antara alat muat dan alat angkut, membutuhkan 1 *excavator* Komatsu PC 300 dan 27 *dump truck* UD Quester CWE 370 sehingga alat muat dan alat angkut bekerja 100%. Produksi yang dapat dicapai sebesar 176.027,2 ton/bulan meningkat sebesar 246,26%, akan tetapi penggunaan alat angkut sebanyak 27 unit dari total 40 unit yang dimiliki perusahaan dapat mempengaruhi kegiatan penambangan lainnya sehingga tidak mungkin diterapkan oleh perusahaan.

#### I. *Multiple Channel Single Phase* (Teori Antrian)

Berdasarkan data yang didapatkan dari pengamatan di lapangan tingkat kedatangan alat angkut adalah 11 alat angkut perjam dan tingkat pelayanan alat muat adalah 10 alat angkut perjam dengan tingkat intensitas pelayanan dari alat muat adalah 0,55 dan probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem adalah 1,56. Simulasi yang dilakukan menggunakan 14 unit alat angkut dengan waktu tunggu 1,936 menit atau 116,16 detik, sedangkan jumlah unit yang diharapkan dalam antrian 0,0234 unit dan jumlah *dump truck* yang dilayani oleh *excavator* 1,1234 unit dengan probabilitas kepastian *dump truck* pada *excavator* 2,1.

Menggunakan 2 alat muat *excavator* Komatsu PC 300 dan 14 *dump truck* UD Quester CWE 370 dengan produksi sebesar 91.273,39 ton/bulan meningkat sebesar 127,66% dari total target produksi bulan januari 2022.

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan uraian pembahasan pada bab diatas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan produksi saat ini, 1 unit alat muat *excavator* Komatsu PC300 sebesar 104.822,3861 Ton/bulan dan 12 unit alat angkut *dump truck* UD Quester CWE 370 sebesar 78.234,33 Ton/bulan, tapi produksi aktualnya adalah 68.596 Ton/bulan dan belum dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan di bulan Januari sebesar 71.500 Ton/Bulan.
2. Kondisi yang mempengaruhi produktivitas yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi pada alat angkut adalah kehilangan waktu kerja yang diakibatkan oleh hujan, *slippery*, *standby* dan tidak adanya kegiatan *barging*.
3. Jumlah alat optimal berdasarkan match factor dan teori antrian yaitu 1 unit *excavator* Komatsu PC 300 dan 27 unit *dump truck* UD Quester CWE 370 untuk match factor =1 dan 2 unit *excavator* Komatsu PC 300 dan 14 unit *dump truck* UD Quester CWE 370 sesuai teori antrian dengan metode *multiple channel single phase*.
4. Metode *multiple channel single phase* dengan sistem *first come first service* dengan menggunakan 2 unit *excavator* Komatsu PC 300 dan 14 *dump truck* UD Quester CWE 370 dapat meningkatkan produksi sebesar 127,66% dengan total produksi 91.273,39 ton/bulan sudah dapat

memenuhi target produksi perusahaan sebesar 71.500 ton/bulan

#### B. Saran

1. Diperlukan pengawasan yang lebih ketat dan perlu adanya kedisiplinan kepada para pekerja juga mewajibkan para pekerja untuk tepat waktu dalam waktu kerja yang telah ditetapkan guna mencegah waktu hambatan yang terjadi selama bekerja, karena waktu kerja efektif akan mempengaruhi kemampuan produksi alat mekanis yang dioperasikan.
2. Melakukan perbaikan pada sistem penyaliran tambang agar air limpasan pada saat hujan air limpasan tidak masuk ke lahan pertanian sehingga tidak terjadi penghadangan jalan dan memaksimalkan perbaikan jalan ETO EFO yang dapat memaksimalkan kegiatan pengangkutan *ore*.
3. Menambah 1 unit *excavator* Komatsu PC 300 dan 2 unit *dump truck* UD Quester CWE 370 pada pengangkutan *ore* ETO EFO agar sesuai dengan teori antrian.
4. Menerapkan teori antrian dengan metode *multiple channel single phase* dengan *sistem first come first service* secepatnya.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Aminudin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
2. Awang, Suwandhi. 2014. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, UNISBA. Bandung.
3. Christina N. Burt, 2014. *Model for Mining Equipment Selection [jurnal]*, Curtin University Of Technology. Perth Australia.
4. Couzens, T.R. 1979. Aspects Of Production Planning: Operating layout and phase plans. In: Open pit Mine Planning and Design (J.T. Crawford and W.A. Hustrulid, editors): 217-232. SME.
5. Hustrulid, W. And Kuchta M. 1998. *Open pit Mine Planning & Design Volume 1*. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
6. Hitachi, 2008, Hitachi : *Zaxis Dash-5 Utility Class Excavators*, USA.
7. Kaufman, W.W., and Ault J.C, 1977, *Design of Surface Mine Haulage Roads-A Manual*. U.S Dept. of The Interior, Bureau Mines.
8. Komatsu, 2009, *Komatsu: Specification & Application Handbook Edition 30*, Japan.
9. Mohammadi Mousa, *Performance Measurement of Mining Equipment*, Internasional Journal Of

Emerging Tecnology and Advanced Engineering. Varansi India.

10. Morgan, W. and Peterson, L. (1968), Determining Shovel-Truck Productivity, *Mining Engineering*, 76-80, December.
11. Nakajima S., "Introduction to TPM: total productive maintenance", Productivity Press, Cambridge, 1988 .
12. Nicols, H.L., and Day D.A, 1999, *Moving the Earth – The Workbook of Excavation 4th ed*, McGraw-Hill, New York
13. Partanto, Projosumarto. 1983. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Departemen Tambang, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
14. Peurifoy. RL, 1979, *Construction Planning Equipment and Methods*, Three Edition, Mc Graw Hill Internasional Book Company, London, Sydney, Tokyo, p38.
15. Pfeider, E.P., 1972. *Surface Mining 1st Edition*, America Institute of Minin, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York.
16. Roy, Obed 2018. *Kajian Teknis Produksi Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Memenuhi Kegiatan Produksi Batubara Di Blok Selatan Pt. Putra Hulu Lematang Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan* [Skripsi], Yogyakarta, Universitas Pembangunan Nasional "veteran" Yogyakarta.
17. Rudy, Azwari. 2016. *Evaluasi Jalan Angkut Dari Front Penambangan Batubara Menuju Stockpile Block B pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sorolangun Provinsi Jambi*. [Jurnal Evaluasi Jalan Tambang, Geometri Jalan Tambang], Bandung, Universitas Islam Bandung.
18. Thoni Riyanto, *Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung Tanah pada Lapisan Dasar Pit Tutupan Area Highwal 2016*. [Jurnal Daya Dukung Jalan Tambang, Evaluasi Jalan Tambang, Geometri Jalan Tambang].
19. Waterman, Sulistyana. 2017. *Perencanaan Tambang*. Prodi Teknik Pertambangan. UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.
20. Yanto, Indonesianto. 2013. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.