

## **KAJIAN TEKNIS PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN *OVERBURDEN* TAMBANG BATUBARA DI PT. WAHANA BARATAMA MINING SATUI, KALIMANTAN SELATAN**

Ir. Ketut Gunawan. MT, Dr. Ir. Barlian Dwinagara, M.T, Alexander Julio Caesar

UPN “Veteran” Yogyakarta

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta.

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

<sup>1</sup>email: [alexanderjulio@gmail.com](mailto:alexanderjulio@gmail.com)

### **ABSTRACT**

PT. Wahana Baratama Mining (PT.WBM) sets overburden production target for 2.000 BCM/hour. While in June 2017, PT. WBM produced 1.549,65 BCM/hour from two existing mining fleets. The production at the time of the research still can not reach the production target. It is impact of the delay exposed coal, and result of non availability of coal for shipping activities.

The research observes all of two mining fleets at PT. WBM. The first fleet, with the combination of 1 Liebherr R 9250 excavator and 4 CAT 777D trucks, the match factor (MF) value is 0,73 with excavator efficiency of 43,82% and trucks efficiency of 60,44%. The second fleet, with the combination of 1 Liebherr R9350 excavator and 7 CAT 777D trucks, the MF value is 0,70 with excavator efficiency of 42,39% and trucks efficiency of 58,68%.

The production can not reach the target because low of equipment working efficiency and lack of trucks at the fleet. Some recommendations can be apply to achieve the overburden production target. Increasing the effective working time by pressing the avoidable obstacle times, using the time mode that below the time average. Increasing the effective working time can increase the production, but only for 1.584,87 BCM/hour. The production target still can not reach by increasing effective working time, so it is necessary to add 1 CAT 777D truck on the first fleet and 2 CAT 777D trucks on the second fleet. From the improvement on the first fleet, the MF value is 0,91 with the excavator efficiency of 55,57%, and the trucks efficiency of 60,12%. From the improvement on the second fleet, the MF value is 0,90 with the excavator efficiency of 55,07%, and the trucks efficiency of 59,52%.

Improvement recommendations are result of increasing production of excavators and trucks from 2 mining fleet to 2.012,83 BCM/hour. From that recommendations, overburden stripping production target of 2.000 BCM/hour can be achievable.

**Keywords:** *Production, Overburden, Match Factor, Efficiency*

### **RINGKASAN**

PT. Wahana Baratama Mining (PT.WBM) menetapkan target produksi *overburden* sebesar 2.000 BCM/jam. Sementara pada bulan Juni 2017, realisasi produksi yang dihasilkan dari dua *front* penambangan sebesar 1.549,65 BCM/jam. Produksi pada saat dilakukannya penelitian belum dapat memenuhi target produksi yang diinginkan. Hal ini berdampak pada terlambatnya *expose* batubara yang dapat ditambang, dan mengakibatkan tidak terpenuhinya ketersediaan batubara untuk dilakukan kegiatan pengapalan.

Penelitian mengamati seluruh *front* penambangan PT. WBM yang berjumlah 2 *front*. Pada *front* pertama, dengan kombinasi 1 alat muat Liebherr R9250 dan 4 alat angkut CAT 777D menghasilkan nilai MF sebesar 0,73, dengan efisiensi alat muat sebesar 43,82% dan efisiensi alat angkut sebesar 60,44%. Sedangkan pada *front* kedua, dengan kombinasi 1 alat muat Liebherr R 9350 dan 7 alat angkut CAT 777D menghasilkan nilai MF sebesar 0,70, dengan efisiensi alat muat sebesar 42,39% dan efisiensi alat angkut sebesar 58,68%.

Faktor-faktor penyebab belum tercapainya target produksi adalah rendahnya efisiensi kerja alat muat dan angkut, serta kurangnya jumlah unit alat angkut yang beroperasi. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai target produksi, yaitu meningkatkan waktu kerja efektif dengan menekan waktu hambatan yang dapat dihindari, menggunakan waktu modus yang berada dibawah waktu rata-rata. Dengan meningkatkan waktu kerja efektif, produksi menjadi sebesar 1.584,87 BCM/jam. Target produksi belum tercapai, sehingga selain meningkatkan waktu kerja efektif, perlu dilakukan penambahan 1 alat angkut CAT 777D pada *front* pertama dan 2 alat angkut

# Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut...Ketut Gunawan

CAT 777D pada *front* kedua. Perbaikan pada *front* pertama, menghasilkan nilai MF 0,91 dengan efisiensi alat muat sebesar 55,57%, dan efisiensi alat angkut sebesar 61,12%. Perbaikan pada *front* kedua, menghasilkan nilai MF 0,90 dengan efisiensi alat muat sebesar 55,07%, dan efisiensi alat angkut sebesar 59,52%.

Dari hasil rekomendasi perbaikan tersebut produksi total alat mekanis dari 2 *front* penambangan sebesar 2.012,83 BCM/jam. Sehingga dari rekomendasi perbaikan tersebut, target produksi pengupasan *overburden* sebesar 2.000BCM/jam dapat tercapai.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PT. Wahana Baratama Mining merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Sebelum dilakukannya penambangan batubara, terlebih dahulu harus dilakukan pengupasan *overburden*. PT. Wahana Baratama Mining menetapkan target produksi *overburden* sebesar 2.000 BCM/jam. Sementara pada bulan Juni 2017, produksi yang dihasilkan dari dua *front* penambangan yang ada sebesar 1.564,58 BCM/jam. Besar produksi *overburden* pada saat dilakukannya penelitian, masih belum dapat memenuhi target produksi yang diinginkan. Hal tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, serta berdampak pada terlambatnya *expose* batubara yang dapat ditambang, dan mengakibatkan tidak terpenuhinya ketersediaan batubara untuk dilakukan kegiatan pengapalan guna dikirimkan kepada konsumen.

Sebagai salah satu faktor vital terhadap besarnya produksi yang dihasilkan pada pengupasan *overburden*, perlu dilakukannya kajian teknis produksi terhadap alat muat dan alat angkut. Hal tersebut dilakukan agar dapat memenuhi target produksi pengupasan *overburden* yang telah ditetapkan.

### 1.2. Rumusan Masalah

Belum tercapainya target produksi *overburden* sebesar 2.000 BCM/jam. Hal ini berdampak pada terlambatnya *expose* batubara yang dapat ditambang, sehingga tidak terpenuhinya ketersediaan batubara untuk dilakukan kegiatan pengapalan. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian teknis produksi alat muat dan alat angkut, agar target produksi yang telah ditetapkan perusahaan dapat tercapai.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penyebab tidak tercapainya target produksi lapisan *overburden*.
2. Melakukan upaya peningkatan produksi pengupasan *overburden*, sehingga target produksi dapat tercapai.

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Data waktu tunggu alat menggunakan perhitungan *match factor*.
2. Upaya peningkatan produksi *overburden*, dilakukan dengan perbaikan waktu kerja efektif dan penambahan jumlah alat.

## II. DASAR TEORI

### 2.1. Swell Factor

Nichols (1999) menjelaskan bahwa, pengembangan (*swell*) pada tanah atau batuan terjadi ketika material tersebut dilakukan penggalian atau diledakkan dari tempat aslinya. Kegiatan tersebut menghasilkan ruang atau pori yang menyebabkan meningkatnya volume dari keadaan asli (*bank*) di lapangan, menjadi material dalam kondisi lepas (*loose*). *Swell factor* merupakan persentase volume material dalam keadaan asli dengan volume material tersebut dalam keadaan lepas.

$$Swell\ Factor = \frac{Wl}{Ws} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- Wl : Massa jenis material loose, ton/m<sup>3</sup>  
Ws : Massa jenis material insitu, ton/m<sup>3</sup>

### 2.2. Bucket Fill Factor

Menurut Rumpfelt (1972), *bucket fill factor* atau yang didalam bukunya disebut *dipper fill factor*, dipengaruhi oleh cara penggalian dan jenis material yang dilakukan penggalian. *Bucket fill factor* biasanya dinyatakan dalam persentase. Pada kondisi tertentu material yang dilakukan penggalian dapat munjung (*heap*) dengan baik dan menghasilkan nilai *bucket fill factor* melebihi 100%. Nilai *bucket fill factor* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$BFF = \frac{Vb}{Vd} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- BFF : *Bucket Fill Factor*, %  
Vb : Volume nyata alat muat, m<sup>3</sup>  
Vd : Volume baku, m<sup>3</sup>

### 2.3. Geometri Jalan Tambang

#### 2.3.1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut merupakan lebar jalan yang dilalui oleh alat berat selama kegiatan tambang berlangsung. Lebar jalan angkut biasanya disesuaikan dengan lebar alat angkut terbesar yang digunakan.

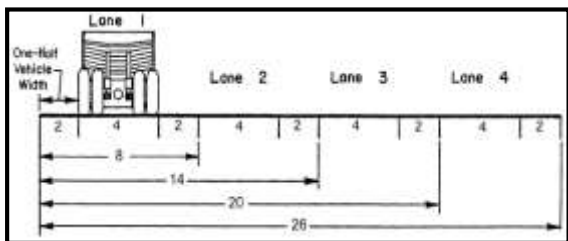
#### 1. Lebar Pada Jalan Lurus

Penentuan untuk lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus menurut Tannant dan Regensburg (2001), pada bukunya yang berjudul "*Guidelines for Mine Haul Road Design*", dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = (1,5L + 0,5)X \dots\dots\dots(2.3)$$

keterangan :

- W : Lebar minimum jalan angkut lurus, m
- L : Jumlah jalur
- X : Lebar alat angkut, m



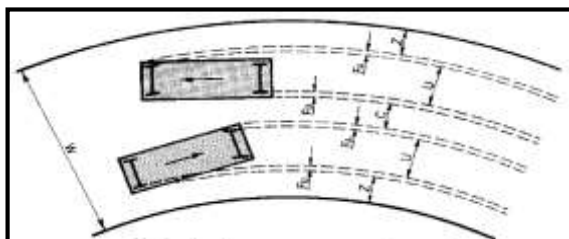
Sumber : Kaufman & Ault, 1977

Gambar 2.1

Lebar Jalan Angkut Lurus

2. Lebar Pada Jalan Tikungan

Lebar jalan angkut minimum pada tikungan selalu lebih besar daripada lebar pada jalan lurus (Gambar 2.2).



Sumber : Kaufman & Ault, 1977

Gambar 2.2

Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan

Untuk jalur ganda, lebar minimum pada tikungan dihitung berdasarkan pada :

- a. Lebar jejak ban.
- b. Lebar jantai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang roda saat membelok.
- c. Jarak antara alat angkut pada saat bersimpangan.
- d. Jarak (spasi) alat angkut terhadap tepi jalan.

Perhitungan terhadap lebar jalan angkut pada tikungan atau belokan dapat menggunakan persamaan (Kaufman & Ault, 1977):

$$W = 2 ( U + Fa + Fb + Z ) + C \dots\dots\dots(2.4)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} ( U + Fa + Fb ) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Fa = Ad \times \sin \alpha \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Fb = Ab \times \sin \alpha \dots\dots\dots(2.7)$$

keterangan :

- W : Lebar jalan angkut pada tikungan, m
- n : Jumlah jalur
- U : Jarak jejak roda kendaraan, m
- Fa : Lebar jantai depan, m
- Fb : Lebar jantai belakang, m
- Ad : Jarak as depan ke bagian depan, m
- Ab : Jarak as belakang ke bagian belakang, m
- $\alpha$  : Sudut penyimpangan (belok) roda depan
- C : Jarak antara dua *truck* bersimpangan, m
- Z : Jarak sisi luar *truck* ke tepi jalan, m

2.3.2. Kemiringan Jalan Angkut (*Grade*)

Couzens (1979) menyatakan bahwa, berdasarkan prakteknya di lapangan *grade* maksimum adalah sebesar 10%. Kegiatan operasi penambangan dapat berjalan cukup baik dengan *grade* sebesar 10%.



Sumber: Sulistyana, Waterman, 2015

Gambar 2.3.

Kemiringan Jalan Angkut

Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan 1%, berarti jalan tersebut naik atau turun 1 meter, pada jarak mendatar sejauh 100 meter (Sulistyana, 2015). Kemiringan jalan angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Grade } (\alpha\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Grade } (\alpha^\circ) = \arctan \frac{\Delta h}{\Delta x} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- $\Delta h$  : beda tinggi antara 2 titik yang diukur (m)
- $\Delta x$  : jarak datar antara 2 titik yang diukur (m)

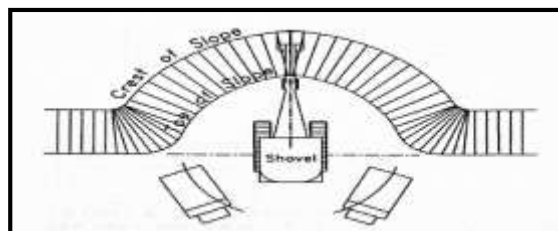
2.4. Pola Pemuatan

2.4.1. Berdasarkan Posisi Alat Muat Terhadap *Front Penggalan* dan Posisi Alat Angkut

Berdasarkan pola pemuatan ini, maka dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) cara (Hustrulid & Kuchta, 1998):

1. *Frontal Cut*

Posisi alat muat berhadapan dengan muka jenjang. Pada pola ini alat muat memuat pertama kali pada *truck* sebelah kiri sampai penuh setelah itu dilanjutkan mengisi pada *truck* disebelah kanan. (Gambar 2.4).



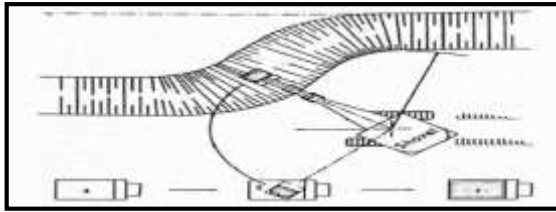
Sumber: Hustrulid & Kuchta, 1998

Gambar 2.4.

*Frontal Cut*

2. *Parallel Cut With Drive By*

Alat muat bergerak sejajar dengan permukaan penggalan, dan diterapkan apabila lokasi pemuatan memiliki 2 akses. *Swing angle* lebih baik dari *frontal cut*, dan *truck* tidak perlu bermanuver mundur (Gambar 2.5).



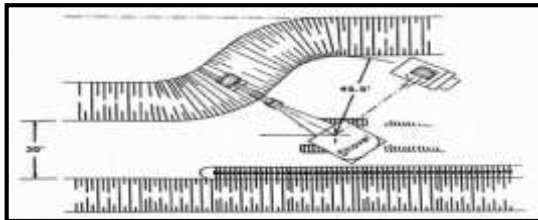
Sumber: Hustrulid & Kuchta, 1998

Gambar 2.5.  
Parallel Cut With Turn Drive-by

3. **Parallel Cut With Turn And Back**  
Parallel cut with turn and back terdiri dari 2 (dua) metode, yaitu:

a) **Single Spotting**

Pada cara ini truck kedua menunggu selagi alat muat mengisi truck pertama, setelah truck pertama berangkat, truck kedua berputar dan mundur, saat truck kedua diisi, truck ketiga datang dan menunggu untuk melakukan manuver, dan begitu seterusnya. Truck memposisikan untuk dimuati pada satu tempat (Gambar 2.6).

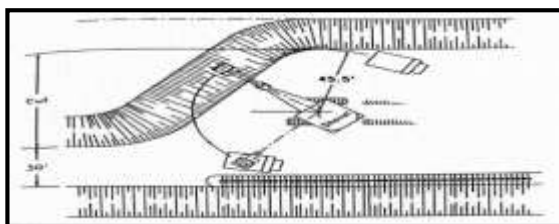


Sumber: Hustrulid & Kuchta, 1998

Gambar 2.6.  
Parallel Cut With Single Spotting of Trucks

b) **Double Spotting**

Truck kedua berputar dan mundur ke salah satu sisi alat muat, pada waktu alat muat mengisi truck pertama. Setelah truck pertama berangkat, alat muat mengisi truck kedua. Ketika truck kedua dimuati, truck ketiga datang dan berputar lalu mundur ke arah alat muat, begitu pula seterusnya. Truck memposisikan untuk dimuati pada dua tempat (Gambar 2.7).



Sumber: Hustrulid & Kuchta, 1998

Gambar 2.7  
Parallel Cut With Double Spotting of Trucks

**2.4.2. Berdasarkan Kedudukan Alat Muat Terhadap Material dan Alat Angkut**

Cara pemuatan material oleh alat muat ke dalam alat angkut ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut. Pola pemuatan ini dibagi menjadi 2, yaitu :

1. **Top Loading**

Kedudukan alat muat lebih tinggi dari alat angkut, alat muat berada diatas tumpukan material atau berada diatas jenjang. Cara ini hanya dipakai pada alat muat *backhoe*. Selain itu keuntungan yang diperoleh yaitu, operator lebih leluasa untuk melihat bak alat angkut dan menempatkan material.

2. **Bottom Loading**

Kedudukan alat muat berada satu level dengan alat angkut, cara ini dipakai pada alat muat *hydraulic shovel*. Jika cara ini dipakai oleh alat muat *backhoe*, maka hal ini akan menjadikan waktu edar menjadi lebih besar, karena mangkuk harus diangkat lebih tinggi untuk melakukan pemuatan.

**2.5. Waktu Edar (Cycle Time)**

**2.5.1. Waktu Edar Alat Muat**

Merupakan total waktu pada alat muat dalam melakukan kerja dalam satu cycle. Menurut Peurifoy (2006), terdapat empat elemen yang ada didalam waktu edar alat muat. Keempat elemen tersebut adalah waktu untuk mengisi *bucket*, waktu *swing* bermuatan, waktu penumpahan material, dan waktu *swing* kembali kosong.

$$CT_m = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \dots\dots\dots(2.10)$$

keterangan:

- CT<sub>m</sub> : Total waktu edar alat muat, detik
- T<sub>m1</sub> : Waktu untuk mengisi *bucket*, detik
- T<sub>m2</sub> : Waktu *swing* bermuatan, detik
- T<sub>m3</sub> : Waktu penumpahan material, detik
- T<sub>m4</sub> : Waktu *swing* kembali kosong, detik

**2.5.2. Waktu Edar Alat Angkut**

Waktu edar alat angkut adalah penjumlahan dari waktu pemuatan, waktu pengangkutan, waktu penumpahan, dan waktu kembali kosong dari alat angkut (Peurifoy, 2006). Sementara menurut Hartman (1987), elemen waktu edar alat angkut terdiri dari waktu mengambil posisi, waktu diisi muatan, waktu *travel* bermuatan, waktu penumpahan material, dan waktu *travel* kembali kosong.

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- C<sub>ta</sub> : Waktu edar alat angkut, menit
- T<sub>a1</sub> : Waktu mengambil posisi, menit
- T<sub>a2</sub> : Waktu diisi muatan, menit
- T<sub>a3</sub> : Waktu *travel* bermuatan, menit
- T<sub>a4</sub> : Waktu penumpahan material, menit
- T<sub>a5</sub> : Waktu *travel* kembali kosong, menit

**2.6. Efisiensi Kerja (Job Efficiency)**

Prodjosumarto (1990) menjelaskan bahwa, efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu produktif, dengan waktu kerja yang tersedia.

$$W_e = W_t - (W_{td} + W_{hd}) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$E_k = (W_e / W_t) \times 100 \% \dots\dots\dots(2.13)$$

keterangan :

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

**2.7. Kemampuan Produksi**

**2.7.1. Produksi Alat Muat**

Untuk mengetahui produksi alat muat dapat menggunakan persamaan (Peurifoy, 2006):

$$Pam = (60/Ctam) \times Kb \times Bff \times Sf \times E \dots\dots\dots(2.14)$$

keterangan :

- Pam : Produktivitas alat muat, BCM/jam
- Ctam : Waktu edar alat muat, menit
- Kb : Kapasitas baku bucket, m3
- Sf : Swell factor
- Bff : Bucket fill factor, %
- Ek : Efisiensi kerja alat muat, %

**2.7.2. Produksi Alat Angkut**

Untuk menghitung produksi truk dapat menggunakan persamaan (Peurifoy, 2006):

$$Pa = (60/Cta) \times Kb \times n \times Bff \times Sf \times Ek \times Na \dots\dots\dots(2.15)$$

keterangan :

- Pa : Produktivitas Alat Angkut, BCM/jam
- Cta : Waktu edar Alat Angkut, menit
- Kb : Kapasitas bucket alat muat, m3
- n : Banyaknya pengisian mangkuk
- Bff : Bucket fill factor, %
- Na : Jumlah alat angkut
- Ek : Efisiensi kerja Alat Angkut, %

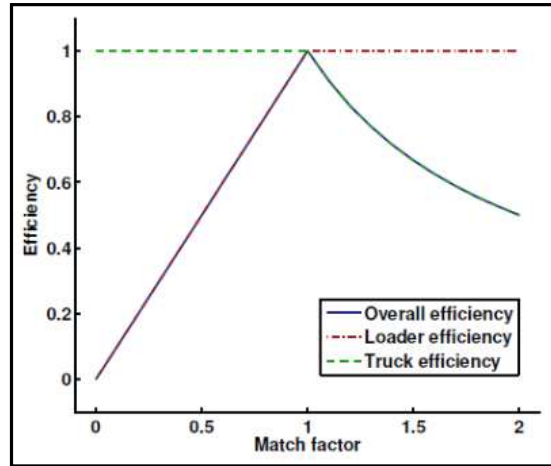
**2.8. Keserasian Kerja Alat (Match Factor)**

Morgan dan Peterson (1968) Match factor memiliki dua tujuan, yaitu mengindikasikan keserasian dari ukuran truck dan alat muat pada front penambangan, dan untuk menentukan efisiensi dari kombinasi alat pada front penambangan. Operasi kerja yang serasi antara alat muat dan alat angkut akan memperlancar kegiatan pemuatan dan pengangkutan.

$$Match\ Factor = \frac{CTm \times Na}{CTa \times Nm} \dots\dots\dots(2.16)$$

keterangan :

- Na : Jumlah alat angkut
- Nm : Jumlah alat muat
- Ctm : Waktu edar alat muat hingga bak penuh
- Cta : Waktu edar alat angkut, menit



Sumber: Burt & Caccetta, 2014

Gambar 2.8.

Grafik Keserasian Kerja Alat

**III. HASIL PENELITIAN**

**3.1. Tinjauan Lokasi Penambangan**

**3.1.1. Kondisi Front Penambangan**

Front penambangan memiliki lebar loading point yang bervariasi. Pada umumnya front penambangan blok 81 dan 84 memiliki area yang luas, karena wilayahnya relatif datar. Lebar loading point berkisar antara 35 meter hingga 110 meter, tetapi terkadang front penambangan pada blok 81 agak menyempit karena dilakukan penurunan jalan.

**3.1.2. Jarak Jalan Tambang**

Jarak jalan angkut antara front penambangan overburden pada saat penelitian dibedakan menjadi dua jalan angkut. Penambangan pada blok 81 pada elevasi -84 ke disposal area di sump elevasi -104 yang berjarak 1,3 km dan overburden pada blok 84 elevasi -39 dengan lokasi disposal area terletak pada in pit dump RL 30 sejauh 2,2 kilometer.

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

Densitas material overburden pada wilayah penambangan, diperoleh dari Divisi Geologi dan Survey PT. Wahana Baratama Mining, serta Mine Plan PT. Thiess Conctractors Indonesia. Material overburden pada wilayah penambangan memiliki densitas loose 1,44 ton/m<sup>3</sup> dan densitas bank sebesar 1,8 ton/m<sup>3</sup>, serta memiliki nilai swell factor sebesar 0,8 dan nilai persent swell sebesar 25%

**3.3. Geometri Jalan Angkut**

**3.3.1. Lebar Jalan Angkut**

a Lebar Jalan Angkut Lurus

Jalan angkut pada kegiatan penambangan overburden ke disposal area, merupakan jalan angkut dengan 2 jalur. Untuk jalur lurus dari front 1 ke in pit dump sump, memiliki lebar jalur terkecil 21,62 meter. Sementara untuk lebar jalan angkut lurus terkecil dari front 2 ke disposal RL 30 adalah sebesar 23,29 meter

b. Lebar jalan angkut pada tikungan

Untuk lebar jalan angkut pada tikungan pada jalur in pit dump sump dari front 1 terkecil memiliki lebar

24,07 meter. Sementara untuk lebar jalan angkut pada tikungan terkecil dari *front 2* ke disposal RL 30 adalah 31,73 meter

**3.3.2. Grade Jalan Angkut**

*Grade* jalan angkut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan kerja alat angkut dalam kegiatan pengangkutan. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan kemiringan jalan angkut, *grade* terbesar bernilai 10,16%. Jalan angkut *overburden* terdapat 1 titik yang memiliki *grade* diatas 10% yaitu terdapat pada jalan angkut *overburden* dari *front 1* menuju disposal *in pit dump* pada RL 30 segmen B-C.

**3.4. Faktor Pengisian Bucket**

*Bucket Fill Factor* merupakan faktor yang menunjukkan besarnya kapasitas nyata pada *bucket* alat muat dalam melakukan kegiatan kerja *loading* ke *truck*. *Bucket Fill Factor* dari alat muat *overburden* Liebherr R 9350 sebesar 129,87%, sedangkan untuk Liebherr R 9250 memiliki nilai sebesar 116,47%.

**3.5. Pola Pemuatan**

**3.5.1. Berdasarkan Posisi Alat Muat Terhadap Front Penggalian dan Truck**

Teknik pemuatan yang digunakan pada proses pemuatan material OB ke alat angkut CAT 777D, berdasarkan cara manuvernya menggunakan teknik *single spotting* atau *single truck back up*. Pada cara ini, *truck* kedua menunggu selagi alat muat mengisi *truck* pertama, setelah *truck* pertama berangkat, *truck* kedua berputar dan mundur untuk dimuat.

**3.5.2. Berdasarkan Kedudukan Alat Muat Terhadap Material dan Truck**

Jenis alat muat yang digunakan oleh PT. WBM adalah *backhoe*. Pola pemuatan berdasarkan posisi pemuatan dari alat muat ke alat angkut, menggunakan teknik *top loading*. Alat muat naik keatas tumpukan material dan melakukan pemuatan (*loading*) ke *truck* dari atas tumpukan

**3.6. Efisiensi Kerja**

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja efektif untuk bekerja, dengan waktu total yang tersedia. Efisiensi kerja dapat digunakan untuk menilai baik atau tidaknya pelaksanaan suatu pekerjaan. Dalam satu bulan, jumlah hari kerja yang tersedia adalah 30-31 hari. Sedangkan jam kerja yang diberlakukan oleh PT.TCI sebagai pelaksana produksi di *site* milik PT.WBM dibagi menjadi 2 *shift* dalam sehari. Untuk periode produksi bulan Juni 2017 memiliki waktu kerja yang tersedia sebanyak 595,36 jam.

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang digunakan oleh alat muat untuk melakukan pekerjaan yang berujung pada tingkat produksi. Besarnya waktu kerja efektif sangat bergantung pada hambatan-hambatan yang terjadi pada saat alat melakukan pekerjaan. Pada kenyataan dilapangan, ternyata waktu

kerja yang tersedia tidak dapat digunakan sepenuhnya untuk melakukan pekerjaan, karena adanya hambatan-hambatan yang dapat mengurangi waktu kerja yang tersedia.

Waktu hambatan tersebut meliputi waktu hambatan yang tidak dapat dihindari dan yang dapat dihindari.. Hambatan yang tidak dapat dihindari meliputi pergantian *shift* dan pemanasan alat, *safety talk*, *rain and wet delay*, pemindahan posisi penempatan alat, *break down* dan *maintenance* terjadwal serta pengisian *fuel*. Sementara hambatan yang dapat dihindari meliputi waktu istirahat lebih awal, terlambat kerja setelah istirahat, keperluan operator, berhenti kerja sebelum waktunya, dan waktu tunggu alat Pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. dapat dilihat besar efisiensi kerja alat muat dan alat angkut.

Tabel 3.1.  
Efisiensi Kerja Alat Muat

| No. | Jenis Alat                                      | Efisiensi Kerja |
|-----|-------------------------------------------------|-----------------|
| 1   | Liebherr R 9250 Kode EX 1641 ( <i>Front 1</i> ) | 43,82 %         |
| 2   | Liebherr R 9350 Kode EX 9016 ( <i>Front 2</i> ) | 42,39 %         |

Tabel 3.2.  
Efisiensi Kerja Alat Angkut

| No. | Jenis Alat                          | Efisiensi Kerja |
|-----|-------------------------------------|-----------------|
| 1   | CAT 777D (R 9250 / <i>Front 1</i> ) | 60,44 %         |
| 2   | CAT 777D (R 9350 / <i>Front 2</i> ) | 58,68 %         |

**3.7. Waktu Edar (Cycle Time)**

Pengamatan waktu edar alat muat dilakukan pada saat alat muat berproduksi melayani alat angkut pada *front* penambangan, waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata dari 30 data alat dalam melakukan kerja.

Tabel 3.3.  
Waktu Edar (Cycle Time) Alat Muat

| Material | Jenis alat & loading point | Cycle Time (detik) | Cycle Time (menit) |
|----------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| OB       | Liebherr R 9250            | 31,84              | 0,53               |
|          | Liebherr R 9350            | 32,66              | 0,54               |

Tabel 3.4.  
Waktu Edar (Cycle Time) Alat Angkut

| Alat Angkut | Alat Muat & Front penambangan      | Jarak Angkut (km) | Cycle Time (menit) |
|-------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| CAT 777D    | Liebherr R 9250 ( <i>Front 1</i> ) | ±1,3km            | 11,78              |
|             | Liebherr R 9350 ( <i>Front 2</i> ) | ±2,2km            | 16,15              |

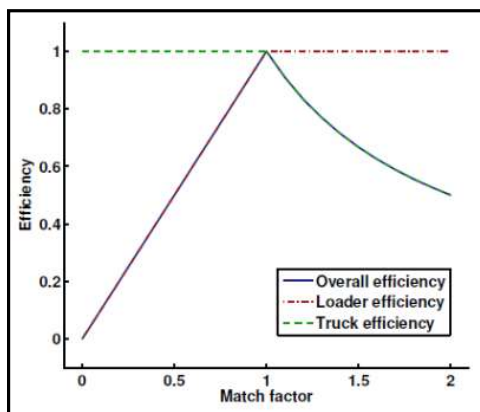
**3.8. Match Factor Alat Mekanis**

Faktor keserasian alat dari alat muat dan alat angkut yang digunakan dalam kegiatan pengupasan *overburden* pada *front 1* dan *front 2* saat ini, adalah sebagai berikut.

Tabel 3.5.  
Match Factor Alat Muat dan Angkut

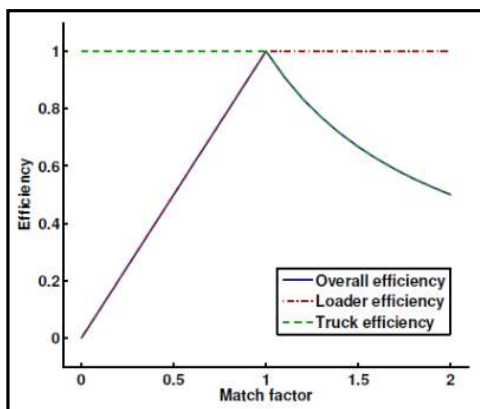
| Front penambangan | Alat Angkut | Alat Muat        | Match Factor |
|-------------------|-------------|------------------|--------------|
| Front 1           | 4 CAT 777D  | 1 Liebherr R9250 | 0,73         |
| Front 2           | 7 CAT 777D  | 1 Liebherr R9350 | 0,70         |

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan nilai *match factor* 0,73 pada *front 1* dan 0,70 pada *front 2*. Nilai *match factor* tersebut ketika dimasukkan kedalam grafik *match factor* menghasilkan nilai efisiensi seperti terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.6.

Grafik Match factor Sebelum Perubahan front 1



Gambar 3.7.

Grafik Match factor Sebelum Perubahan front 2

Dari Grafik diatas maka efisiensi berdasarkan grafik *match factor* dari alat angkut sebesar 100% pada kedua *front*. Efisiensi untuk alat muat hanya sebesar 72%

pada *front 1* dan 68% pada *front 2* dengan *overall efficiency* mengikuti alat angkut.

**3.9. Produksi Alat Muat dan Alat Angkut**

Pada saat ini produksi yang dapat dihasilkan dari 2 front penambangan yang ada pada PT. Wahana Baratama Mining, adalah sebesar 688,39 BCM/jam pada *front 1* dan 876,19 BCM/jam pada *front 2*. Sehingga produksi total dari *overburden* pada wilayah penambangan PT. Wahana Baratama Mining sebesar 1.564,58 BCM/jam.

**IV. PEMBAHASAN**

**4.1. Analisis Penyebab Tidak Tercapainya Target Produksi**

**4.1.1. Kondisi Front Penambangan**

Secara keseluruhan lokasi penambangan pada *front* penambangan 1 blok 81 dan *front* penambangan 2 blok 84 sudah baik. Lebar kedua front penambangan tersebut berkisar antara 35 meter hingga 110 meter, sehingga sudah melebihi radius putar dari alat angkut terbesar CAT 777D, yang memiliki radius putar 28,4meter.

**4.1.2. Faktor Pengembangan (Swell factor)**

Faktor pengembangan (*swell factor*) dipengaruhi oleh densitas material. Untuk densitas material dan *swell factor* tidak dapat dilakukan perubahan, dikarenakan merupakan sifat bawaan dari material tersebut.

**4.1.3. Geometri Jalan Angkut**

a Lebar Jalan Angkut Lurus

Berdasarkan perhitungan teoritis, lebar jalan angkut lurus minimum untuk 2 jalur memiliki lebar 21,168 meter. Lebar jalan minimal tersebut telah sesuai standar alat angkut CAT 777D. Untuk jalan angkut dari *front 1* ke *in pit dump sump*, memiliki lebar jalur lurus terkecil sebesar 21,62 meter. Sementara untuk lebar jalan angkut terkecil dari *front 2* ke *disposal RL 30* adalah sebesar 23,29 meter.

b. Lebar jalan angkut pada tikungan

Berdasarkan perhitungan teoritis, lebar jalan angkut pada tikungan minimum untuk 2 jalur, memiliki lebar 23,85 meter. Untuk lebar jalan angkut pada tikungan jalur *in pit dump sump* dari *front 1* terkecil memiliki lebar sebesar 24,07 meter. Untuk lebar jalan angkut pada tikungan terkecil dari *front 2* ke *disposal RL 30* adalah 31,73 meter. Sehingga lebar jalan angkut pada tikungan sudah sesuai dengan standar alat angkut CAT 777D.

c. Kemiringan Jalan Angkut (Grade)

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan kemiringan jalan angkut, jalan angkut *overburden* pada *front 2* terdapat satu titik yang memiliki *grade* 10,16%. *Grade* maksimal yang dapat diatasi oleh alat angkut CAT 777D adalah sebesar 30% sehingga tidak diperlukan perbaikan *grade* jalan angkut.

**4.1.4. Bucket Fill Factor**

*Bucket fill factor* dari alat muat Liebherr R9250 pada *front* 1 memiliki nilai sebesar 116,47%, sedangkan *bucket fill factor* dari alat muat Liebherr R9350 pada *front* 2 memiliki nilai sebesar 129,87%. Nilai *bucket fill factor* dipengaruhi oleh jenis material, kondisi tumpukan material dan kemampuan operator dalam mengoperasikan alat muat. Besar nilai *bucket fill factor* pada kegiatan penambangan PT. Wahana Baratama Mining sudah baik, bahkan melebihi kapasitas baku yang dimiliki alat muat itu sendiri.

**4.1.5. Pola Pemuatan**

a. Berdasarkan Posisi Alat Muat Terhadap *Front* Penggalian dan *Truck*

Pengangkutan material OB oleh *truck* CAT 777D menggunakan teknik *single spotting* atau *single truck back up*. Bila menggunakan teknik pemuatan ini, terjadi waktu tunggu untuk alat angkut, menunggu *truck* didepannya selesai dilakukan pemuatan. Juga terjadi waktu tunggu pada alat muat, hingga *truck* berikutnya selesai mengatur posisi.

Lokasi *loading point* pada lokasi penelitian memungkinkan menggunakan cara pemuatan *double spotting*. Cara tersebut dapat meningkatkan efisiensi kerja, dikarenakan apabila bak suatu *truck* sudah penuh, alat gali muat dapat langsung melakukan pengisian pada *truck* berikutnya, tidak perlu menunggu *truck* dalam mengatur posisi. Teknik *parallel cut with turn drive by* juga dapat diterapkan untuk perbaikan *cycle time* operasi alat mekanis, karena operator tidak harus melakukan manuver mundur yang memakan lebih banyak waktu. Terlebih kondisi *front* 1 dan *front* 2 yang sangat memungkinkan menggunakan teknik ini, tetapi harus dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengukur seberapa besar peningkatan produksi yang terjadi.

b. Berdasarkan Kedudukan Alat Muat Terhadap Material dan *Truck*

Posisi pemuatan dari alat muat ke alat angkut, menggunakan teknik *top loading*. Untuk menggunakan alat gali muat jenis *back hoe*, teknik ini sudah sesuai dibandingkan *bottom loading*. Untuk *bottom loading* lebih cocok digunakan pada alat gali muat *shovel*.

**4.1.6. Waktu Edar (Cycle Time)**

Waktu edar berpengaruh terhadap produksi yang dihasilkan dari alat mekanis. Waktu edar dipengaruhi oleh kemampuan operator dalam pengoperasian alat, kondisi *front* penambangan, dan kondisi jalan tambang yang ada. Semakin cepat waktu edar suatu alat, maka semakin banyak produksi yang dapat dihasilkan. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai perbaikan waktu edar dari alat muat maupun alat angkut.

**4.1.7. Efisiensi Kerja**

Merupakan perbandingan antara waktu kerja efektif untuk bekerja dengan waktu total yang tersedia.

Efisiensi kerja pada *front* 1 untuk alat muat Liebherr R9250 sebesar 43,82%, sedangkan efisiensi untuk alat angkut CAT 777D yang beroperasi pada *front* tersebut sebesar 60,44%. Efisiensi kerja pada *front* 2 untuk alat muat Liebherr R 9350 sebesar 42,39%, sedangkan efisiensi untuk alat angkut CAT 777D yang beroperasi pada *front* 2 sebesar 58,68% . Nilai efisiensi kerja tersebut dapat ditingkatkan dengan peningkatan waktu kerja efektif dan penambahan jumlah alat yang akan dibahas pada sub bab berikutnya.

Efisiensi kerja rendah dikarenakan tingginya hambatan *rain and wet delay* pada saat dilakukannya penelitian, yaitu rata-rata sebesar 323 menit/hari. Untuk efisiensi kerja alat muat yang berada dikisaran angka 40% rendah selain dikarenakan hal tersebut, juga terdapat banyaknya waktu tunggu yaitu sebesar 201 menit/hari pada *front* 1 dan 219 menit/hari pada *front* 2, berdasarkan perhitungan waktu tunggu *match factor*.

**4.1.8. Match Factor**

Nilai *match factor* pada kombinasi alat *front* 1 sebesar 0,73, sementara nilai *match factor* pada kombinasi alat *front* 2 sebesar 0,70. Hal ini menandakan efisiensi angkut 100% dan efisiensi alat muat kurang dari 100%, sehingga pada alat muat terdapat waktu tunggu yang dapat mengurangi efisiensi kerja. Pada kasus ini nilai *match factor* dapat ditingkatkan dengan penambahan alat angkut, dan akan lebih dibahas pada sub bab selanjutnya.

**4.2. Upaya Peningkatan Tercapainya Target Produksi Overburden.**

**4.2.1. Dengan Cara Peningkatan Waktu Kerja Efektif**

Waktu kerja efektif ditingkatkan dengan mereduksi waktu hambatan kerja yang dapat dihindari menggunakan waktu modus dibawah waktu rata-rata, sehingga akan meningkatkan efisiensi kerja alat

Tabel 4.1.

Efisiensi Kerja Alat Muat

| <i>Front</i> | Jenis Alat                      | Efisiensi Kerja Awal | Efisiensi Kerja Perubahan |
|--------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------|
| 1            | Liebherr R 9250<br>Kode EX 1641 | 43,82 %              | 44,40 %                   |
| 2            | Liebherr R 9350<br>Kode EX 9016 | 42,39 %              | 42,98 %                   |

Tabel 4.2.

Efisiensi Kerja Alat Angkut

| <i>Front</i> | Jenis Alat            | Efisiensi Kerja Awal | Efisiensi Kerja Perubahan |
|--------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| 1            | CAT 777D<br>Kode 3927 | 60,44 %              | 61,12 %                   |
| 2            | CAT 777D<br>Kode 5087 | 58,68 %              | 59,52 %                   |



Sedangkan nilai *match factor* yang dihasilkan dari kombinasi alat yang ada adalah sebesar 0,73 pada *front* penambangan 1 dan 0,70 pada *front* penambangan 2. Dari usaha peningkatan waktu kerja efektif menggunakan waktu modus dibawah rata-rata tersebut menghasilkan produksi total kedua *front* penambangan sebesar 1.584,87 BCM/jam. Upaya peningkatan produksi dengan meningkatkan waktu kerja efektif ternyata belum mampu memenuhi target produksi yang ditargetkan sebesar 2.000 BCM/jam, sehingga perlu dilakukannya penambahan jumlah alat angkut.

**4.2.2. Upaya Peningkatan Produksi Dengan Peningkatan Waktu Kerja Efektif dan Penambahan Alat Angkut**

Karena tetap tidak terpenuhinya target produksi yang telah ditetapkan sebesar 2.000 BCM/jam setelah peningkatan waktu kerja efektif, sehingga penambahan alat angkut perlu dilakukan. Secara keseluruhan dari 2 kombinasi alat yang diteliti, didapatkan nilai *match factor* kurang dari 1. Hal tersebut menunjukkan kerja alat angkut 100%, sedangkan alat muat bekerja <100%. Kombinasi alat muat Liebherr R9250 dengan 4 CAT 777D pada *front* 1 menghasilkan nilai MF 0,73, sehingga dilakukan penambahan alat angkut CAT 777D sebanyak 1 buah untuk memperbaiki nilai MF tersebut menjadi 0,91. Untuk kombinasi alat 1 Liebherr R 9350 dengan 7 CAT 777D pada *front* 2 menghasilkan nilai *match factor* 0,70, sehingga kerja dari alat muat masih belum efisien. Untuk memperbaiki nilai MF dari kombinasi alat tersebut, maka harus dilakukan penambahan alat angkut CAT 777D sebanyak 2 buah pada *front* penambangan kedua sehingga menghasilkan nilai *match factor* sebesar 0,90.

Tabel 4.3.

*Match Factor* Alat Muat dan Angkut Sebelum Perbaikan

| Front | Alat Angkut | Alat Muat        | Match Factor |
|-------|-------------|------------------|--------------|
| 1     | 4 CAT 777D  | 1 Liebherr R9250 | 0,73         |
| 2     | 7 CAT 777D  | 1 Liebherr R9350 | 0,70         |

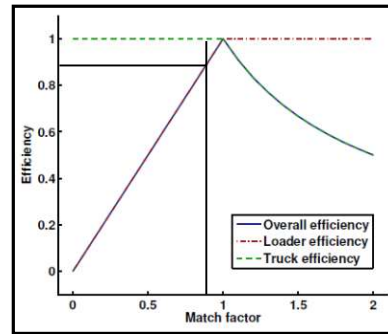
Tabel 4.4.

*Match Factor* Alat Muat dan Angkut Setelah Perbaikan

| Front | Alat Angkut | Alat Muat        | Match Factor |
|-------|-------------|------------------|--------------|
| 1     | 5 CAT 777D  | 1 Liebherr R9250 | 0,91         |
| 2     | 9 CAT 777D  | 1 Liebherr R9350 | 0,90         |

Nilai *match factor* tersebut ketika dimasukkan kedalam grafik *match factor* menghasilkan nilai efisiensi seperti terlihat pada gambar 4.1. Dari Grafik dibawah maka efisiensi berdasarkan grafik *match factor* dari alat angkut sebesar 100% pada kedua *front*,

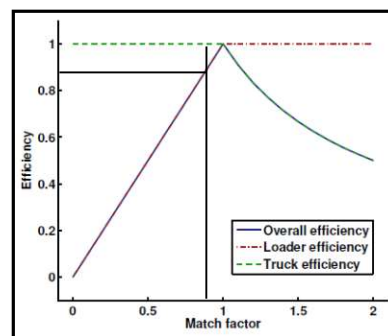
sementara untuk alat muat efisiensi menjadi sebesar 90% pada *front* 1 dan 88% pada *front* 2 dengan *overall efficiency* mengikuti alat angkut.



Gambar

4.1.

Grafik *Match factor* Setelah Perubahan *front* 1



Gambar 4.2.

Grafik *Match factor* Setelah Perubahan *front* 2

Setelah dilakukan penambahan alat angkut pada kedua *front* penambangan, hambatan yang dapat dihindari berupa waktu tunggu alat muat dapat ditekan. Hal tersebut meningkatkan efisiensi kerja dari alat muat, karena berkurangnya waktu untuk menunggu alat angkut datang.

Tabel 4.5.

Efisiensi Kerja Alat Muat Setelah Penambahan Alat Angkut

| Front | Alat Muat        | Efisiensi Awal | Efisiensi Setelah Perbaikan |
|-------|------------------|----------------|-----------------------------|
| 1     | 1 Liebherr R9250 | 44,40 %        | 55,57 %                     |
| 2     | 1 Liebherr R9350 | 42,98 %        | 55,07 %                     |

Tabel 4.6.

Produksi Setelah Perbaikan Waktu Kerja Efektif dan Penambahan Alat Angkut

| Front | Alat Muat & Angkut   | Sebelum perubahan | Setelah perubahan |
|-------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 1     | 5 CAT 777D & 1 R9250 | 688,39 BCM/jam    | 870,17 BCM/jam    |
| 2     | 9 CAT 777D & 1 R9350 | 876,19 BCM/jam    | 1142,66 BCM/jam   |

Dari hasil rekomendasi perbaikan tersebut, produksi total dari kedua front penambangan adalah sebesar 2.012,83 BCM/jam. Sehingga dari rekomendasi perbaikan tersebut target produksi pengupasan *overburden* sebesar 2.000BCM/jam dapat tercapai.

Untuk upaya peningkatan produksi hanya dilakukan dengan peningkatan waktu kerja efektif dan penambahan jumlah alat dikarenakan pada faktor yang mempengaruhi dapat dilakukan perubahan lainnya, yaitu perubahan pola pemuatan harus diterapkan dan dilakukan pengamatan secara langsung terhadap perubahan waktu tunggu dan peningkatan produksi yang terjadi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Hasil dari perhitungan dan pembahasan uraian materi yang dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor penyebab belum tercapainya target produksi adalah rendahnya efisiensi kerja alat muat dan angkut serta kurangnya jumlah unit alat angkut yang beroperasi. Rendahnya efisiensi kerja disebabkan lamanya hambatan *rain and wet delay* dan banyaknya waktu tunggu dari alat muat.
2. Untuk mencapainya target produksi 2.000 BCM/jam dilakukan perbaikan waktu kerja efektif menggunakan waktu modus dibawah nilai rata-rata dan penambahan alat angkut CAT 777D 1 unit pada *front* pertama, dan 2 unit pada *front* kedua. Produksi total dari 2 *front* penambangan setelah perbaikan sebesar 2.012,83 BCM/jam.

### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan, adalah sebagai berikut:

1. Perlu dipertimbangkan perubahan pola pemuatan dari *single spotting* menjadi *double spotting* atau *cut with turn drive by*. Tetapi peningkatan produksi yang terjadi perlu dikaji dan dilakukan penelitian lebih lanjut.
2. Meningkatkan pengawasan terhadap kegiatan penambangan, sehingga waktu kerja efektif dan efisiensi penggunaan alat muat dan angkut dapat meningkat. Diperlukan juga penambahan alat angkut CAT 777D sebanyak 1 unit pada *front* pertama, dan 2 unit pada *front* kedua untuk mencapai target produksi yang diinginkan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Boulter, George. 1972. Cyclical Methods – Draglines and Clamshells. In: *Surface Mining*. (Eugene P. Pfeider, editor): 445-462. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical. And Petroleum Engineers, Inc.
2. Burt C. and Caccetta L. 2014. Equipment Selection for Surface Mining, *Interfaces* 44(2) 143-162. In: *Optimization of Load-Haul-Dump Mining System*

*by OEE and Match Factor for Surface Mining*. (Ram Prasad Choudhary): 96-102. International Journal of Applied Engineering and Technology.

3. 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): 219-231. New York: SME-AIME.
4. Hartman, Howard L. 1987. *Introductory Mining Engineering*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
5. Hustrulid, W. and M. Kuchta. 1998. *Open Pit Mine and Design, Vol 1: Fundamentals*. Rotterdam: A.A. Balkema.
6. Kaufman, Walter W. and James C. Ault. 1977. *Design of Surface Mine Haulage Road – Manual*. Washington: United States Department of The Interior, Bureau of Mines.
7. Morgan, W. and Peterson, L. 1968. Determining Shovel – Truck Productivity. *Mining Engineering*. 76-80.
8. Nichols, Herbert L. and David A. Day. 1999. *Moving the Earth – The Workbook of Excavation, 4<sup>th</sup> ed*. New York: McGraw-Hill.
9. Peurifoy, Robert L. et al. 2006. *Construction Planning, Equipment, and Methods, 7<sup>th</sup> ed*. New York: McGraw-Hill.
10. Prodjosumarto, Partanto. 1990. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
11. Rumfelt, Henry. 1972. Cyclical Methods – Shovel and Backhoes. In: *Surface Mining*. (Eugene P. Pfeider, editor): 427-444. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical. And Petroleum Engineers, Inc.
12. Sulistyana, Waterman. 2015. *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Prodi Teknik Pertambangan, UPN “V” Yogyakarta
13. Tannant, Dwayne D. and Bruce Regensburg. 2001. *Guidelines for Mine Haul Road Design*. Kelowna: School of Engineering University of British Columbia.
14. \_\_\_\_\_. *Caterpillar Performance Handbook, 45<sup>th</sup> ed*. 2015. Peoria, Illinois: Caterpillar Inc.