

Studi Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* Menggunakan Metode *Match Factor* Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional Di *Pit Eagle 3* PT. Bumi Karya Makmur, *Job Site* PT. IPC, Bantuas, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

Joko Handayani^{1*}, Tri Gamela Saldy^{1**}

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*jokohandayani27@gmail.com

**trigamelasaldy@gmail.com

Abstract. *Overburden stripping* is one of the activities that greatly affects mining activities, the faster the *overburden stripping* activity, the coal mining activities will be in accordance with the targets set by PT. Prosperous Work Earth. In carrying out the activities of stripping and transporting *overburden* in *pit eagle 3* PT. Bumi Karya Makmur operates Caterpillar Excavator 345 GC, 340 D, and 320 GC units as digging and loading equipment and Dump Truck units for HINO 500 FM 260 JD and IVECO 682. The current problem is not achieving the *overburden* production target at *pit eagle 3* in April 2021 is 125,000 bcm while the actual is 108,980,21 bcm. The method used in this study is the match factor method. Due to the incompatibility of work between digging and loading equipment, it is necessary to optimize tool productivity and work compatibility between loading and unloading equipment and transportation equipment. The actual value of the match factor between the digging and loading equipment is 1.186. To get the match factor value, cycle time optimization is carried out and the reduction in the number of transportation equipment used so that the match factor value becomes 0.986. So the production of loading and unloading equipment is 135.343,894 bcm/month and the means of transportation is 210.633,110 bcm/month. From the calculation results, it is obtained that the operational costs of loading equipment and transportation equipment for *overburden* removal before being analyzed are Rp. 469.266.180,92 or Rp. 4.247,04 /bcm. After analyzing the *overburden* stripping in accordance with the planned production target, the costs incurred are Rp 492.437.946,74 or Rp. 3.638,42 /bcm.

Keywords: production, *overburden*, match factor, cycle time, operational cost

1. Pendahuluan

Pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) merupakan salah satu kegiatan yang sangat mempengaruhi dalam kegiatan penambangan, makin cepat kegiatan pengupasan *overburden* maka kegiatan penambangan batubara akan sesuai dengan target yang ditetapkan oleh PT. Bumi Karya Makmur. Pengupasan *overburden* dan pengambilan batubara dilakukan oleh PT. Bumi Karya Makmur selaku kontraktor dari PT. Internasional Prima Coal. Kegiatan ini membutuhkan peralatan dan kesiapan kegiatan produksi yang harus dilakukan dengan baik untuk mencapai sasaran target produksi akhir yang telah ditentukan perusahaan. Pentingnya memperkirakan produktivitas dari alat gali muat dan alat angkut ini karena berkaitan dengan target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan.

Dalam melakukan kegiatan pengupasan dan pengangkutan *overburden* di *pit eagle 3* PT. Bumi Karya Makmur mengoperasikan unit *Excavator Caterpillar* 345 GC, 340 D, dan 320 GC sebagai alat gali muat dan unit alat angkut *Dump Truck* HINO 500 FM 260 JD dan IVECO 682.

Target produksi *overburden* perbulan di *pit eagle 3* PT. Bumi Karya Makmur sebesar 125.000 bcm. Pada

kegiatan ini sering terdapat waktu tunggu untuk alat angkut yang mana diketahui dari pengamatan langsung di lapangan dan perhitungan nilai MF dimana nilai MF yang didapatkan adalah 1,186 atau nilai MF nya > 1 berarti faktor kerja alat gali muat 100 % dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100 % atau kemampuan alat gali muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya terjadi waktu tunggu untuk alat angkut. Adapun waktu tunggu untuk alat angkutnya adalah sebesar 2,66 menit sehingga mengakibatkan ketidakserasian kerja alat gali muat dan alat angkut.

Masalah yang dihadapi saat sekarang ini adalah tidak tercapainya target produksi *overburden* di *pit eagle 3* yang telah ditetapkan oleh perusahaan pada bulan April 2021 yaitu sebesar 125.000 bcm sedangkan produksi aktualnya sebesar 108.980,21 bcm. Hal ini disebabkan oleh adanya waktu tunggu untuk alat angkut yaitu sebesar 2,66 menit. Masalah pada alat angkut berupa dump truck bekerja dengan adanya waktu hambatan yang dapat dihindari seperti keterlambatan kerja, waktu tunggu pada alat angkut, berhenti kerja lebih awal, berhenti sebelum istirahat, istirahat terlalu lama dan keperluan operator, jumlah pengisian bucket excavator tidak sesuai dengan kapasitas vessel, dan adanya waktu tunggu dump truck saat akan berpasasan. Masalah pada alat gali muat berupa excavator mengalami waktu-waktu hambatan yang bisa

dihindari seperti terlambat memulai kerja, waktu tunggu, berhenti kerja lebih cepat, istirahat sebelum waktu istirahat, istirahat terlalu lama dan keperluan operator serta *swing angle* mencapai kisaran 45°-135°.

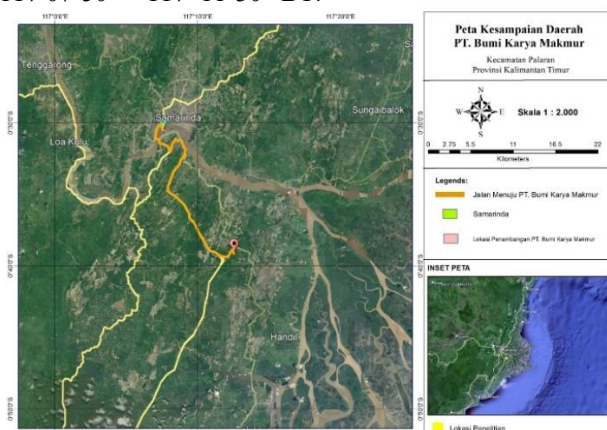
Dengan adanya waktu tunggu pada alat angkut berarti disini alat angkut dalam keadaan mesin hidup tetapi alatnya tidak memproduksi sehingga disini terjadi kelebihan pembiayaan dalam penggunaan bahan bakar (fuel). Hal ini disebabkan belum optimalnya penggunaan *excavator* dan *dump truck* yang bekerja di lapangan, terlihat dari waktu yang tidak produktif dan ketidaksesuaian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Sehingga perlu dilakukan optimalisasi produktivitas alat dan keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Sehingga penggunaan alat tersebut dapat dioptimalkan sesuai dengan jam kerja yang telah ditetapkan sehingga biaya operasional yang dikeluarkan untuk peralatan bongkar muat dapat menjadi efisien.

Pada penelitian ini akan membahas beberapa aspek persoalan diantaranya berapa produktivitas aktual *excavator* CAT 345 GC dan *dump truck* HINO 500 FM 260 JD di kegiatan pengupasan *overburden*, bagaimana keserasian kerja *excavator* CAT 345 GC serta *dump truck* HINO 500 FM 260 JD, bagaimana sistem kerja alat gali muat dan alat angkut agar sesuai dengan jam kerja yang telah ditetapkan untuk mencapai target produksi *overburden*, berapa biaya operasional yang efisien diperoleh *excavator* CAT 345 GC serta *dump truck* HINO 500 FM 260 JD untuk aktivitas pengupasan *overburden*. Dengan melakukan penelitian pada aspek-aspek tadi maka bisa didapatkan beberapa tujuan.

2. Kajian Pustaka

2.1 Lokasi dan Kesempaihan Daerah

PT. Bumi Karya Makmur site PT. IPC secara administratif terletak di Bantuas, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Berjarak + 32 Km sebelah Selatan dari Kota Samarinda. Secara geografis dibatasi oleh garis koordinat 00° 38' 20" – 00° 43' 00" LS dan 117° 07' 50" – 117° 11' 30" BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Kesempaihan Daerah PT. Bumi Karya Makmur

2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

Dalam menentukan kemampuan produksi *excavator* dan *dump truck* yang dipakai dalam kegiatan penambangan perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi alat-alat tersebut. Faktor-faktornya, yaitu:

2.2.1 Kapasitas Alat

Kapasitas alat dipengaruhi oleh faktor pengembangan material dan faktor pengisian. Perencanaan pemilihan alat sangat penting agar alat dapat bekerja maksimal sehingga produksi dapat tercapai. Kemampuan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis yang digunakan dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama waktu kerja dari alat yang tersedia. (Rochmanhadi, 1992)

2.2.1.1 Faktor Pengembangan (Swell Factor)

Bahan-bahan di alam ditemukan dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sebagian kecil dari tanah yang kosong atau ruang yang terisi udara. Ketika material digali dari tempat asalnya, akan terjadi *swell*. Volume tanah yang telah digali (*loose volume*) umumnya lebih besar dari volume tanah asli di alam (*in situ volume*). Hal ini dikarenakan dalam proses penggalian terjadi perubahan densitas material. Peningkatan volume ini disebut perkembangan tanah, sehingga yang dimaksud dengan faktor pengembangan (*swell factor*) adalah perbandingan antara volume tanah asli di alam dengan volume yang telah digali dan dinyatakan dalam persen (%). dan dinyatakan dengan rumus:

$$SF = \frac{\text{Volume insitu}}{\text{Volume Loose}} \times 100 \% \tag{1}$$

2.2.1.2 Faktor Pengisian (Bucket fill factor)

Faktor pengisian mangkuk adalah perbandingan antara volume material nyata yang dimuat oleh *bucket* dengan dengan kapasitas teoritis *bucket* tersebut yang dinyatakan persen (%).

- Beberapa jenis kapasitas *bucket* yang perlu diperhatikan
- Kapasitas Munjung (*Heaped Capacity*)
 - Kapasitas Peres (*Struck Capacity*)
 - Kapasitas Batas Muatan Statis (*Static Tipping Load*)

bucket fill factor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Vn = \left(\frac{\text{rata-rata payload}}{\text{density loose}} \right) \times \frac{1}{\text{rata-rata passing}} \tag{2}$$

$$K = \frac{Vn}{Vt} \times 100 \% \tag{3}$$

Dimana:

- K = Faktor pengisian mangkuk (*bucket fill factor*) (%)
- Vn = Volume material nyata (m³)

V_t = Volume teoritis (m^3)

2.2.2 Keterampilan dan Pengalaman Operator (Skill Operator)

Semakin baik kemampuan operator dalam mengope rasikan alat yang digunakan, maka akan memperkecil waktu edar dari peralatan tersebut.

2.2.3 Cuaca

Cuaca ialah keadaan udara seperti temperatur, cahaya matahari, kelembapan, kecepatan angin, pada suatu tempat tertentu dengan jangka waktu terbatas. Dengan kondisi cuaca hujan, maka hampir dipastikan penambangan pada tempat kerja akan ditunda, karena akses jalan yang berada di tempat kerja menjadi licin dan kurang bagus untuk ditempuh oleh *dump truck*.

Bila cuaca sedang kemarau, maka diperlukan mobil *water truck*. Hal ini diperlukan untuk mengurangi debu batubara yang berada di *front* penambangan. Dapat disimpulkan bahwa cuaca akan mengurangi efisiensi kerja dari alat tersebut.

2.3 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

2.3.1 Alat Gali Muat (Excavator)

Produksi alat gali muat dalam hal ini *backhoe* di pengaruhi oleh kapasitas *bucket*, *fill factor*, waktu edar dan efisiensi kerja alat. Untuk mengetahui kemampuan produksi *backhoe* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$PE = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times Eff \times 3600}{Ct} \frac{\text{detik}}{\text{jam}} \tag{4}$$

Keterangan :

- PE = Produksi alat muat (m^3/jam)
- Eff = Effisiensi kerja (%)
- Kb = Kapasitas *bucket* (m^3)
- Sf = *Swell Factor* (%)
- Ff = *Fill factor* (%)
- Ct = *Cycle time* (detik)

2.3.2 Alat Angkut (Dump Truck)

Alat angkut yang digunakan adalah *Dump Truck*. Untuk menghitung produksi alat angkut dapat dicari dengan rumus:

$$PD = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times n \times Eff \times 3600}{Ct} \frac{\text{detik}}{\text{jam}} \tag{5}$$

Keterangan :

- PD = Produksi *dump truck* (m^3/jam)
- Kb = Kapasitas bak (m^3)
- Eff = Effisiensi kerja (%)
- Ct = *Cycle time* (detik)
- N = Jumlah pengisian

Sf = *Swell Factor* (%)

Ff = *Fill Factor* (%)

Cta = Waktu edar *dump truck* (menit)

2.4 Keserasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Hubungan antara keserasian kerja antar alat mekanik merupakan hal yang penting disamping upaya peningkatan produksi. Kesesuaian hubungan kerja antara alat gali dan alat muat dapat dilihat dari besarnya *match factor*. *Match Factor* dapat dihitung dengan rumus:

$$MF = \frac{Na \times Ctm \times n}{Cta \times Nm} \tag{6}$$

Keterangan:

- n = Jumlah *bucket*
- Na = Jumlah *dump truck*
- Ctm = Waktu edar *excavator* (menit)
- Nm = Jumlah *excavator* (unit)
- Cta = Waktu edar alat angkut (menit)

Dan jumlah alat angkut dapat dihitung dengan rumus:

$$Na = \frac{Pm}{Pa} \tag{7}$$

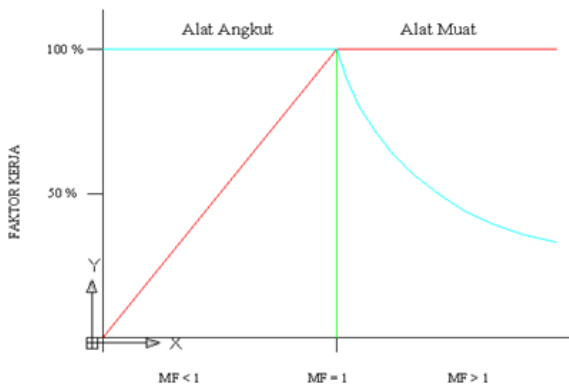
Keterangan:

- Na = Jumlah alat angkut (unit)
- Pm = Produksi penggalian oleh *excavator* (m^3/hari)
- Pa = Produksi pengangkutan oleh *dump truck* (m^3/hari)

Dan untuk nilai *match factor* dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik *match faktor* pada Gambar 2 berikut.

Tabel 1. Nilai Faktor Keserasian Kerja

Nilai MF	Nilai Match Faktor
MF<1	Kinerja untuk alat gali muat 100% dan kinerja untuk alat angkut kurang dari 100%, maka terjadi waktu tunggu untuk alat gali muat
MF=1	Kinerja untuk alat gali muat 100% dan kinerja untuk alat angkutnya 100% maka disini tidak terjadi waktu tunggu untuk alat gali muat dan alat angkut
MF>1	Kinerja untuk alat gali muat kurang dari 100 % dan kinerja untuk alat angkut 100 %, maka disini terjadi waktu tunggu untuk alat angkut



Gambar 2. Grafik Match Factor

2.5 Biaya Produksi

Biaya produksi ialah biaya yang harus dikeluarkan oleh pemakai alat-alat mekanis tersebut saat alat mekanis tersebut digunakan. Ada 5 hal yang diperhitungkan dalam biaya produksi, yaitu:

2.5.1 Bahan Bakar (fuel)

$$\text{Ongkos BBM} = \text{Harga Fuel/Liter} \times \text{Waktu Lama Pemakaian} \quad (8)$$

2.5.2 Oil, Grease dan Filters

$$\begin{aligned} \text{Biaya Oli} &= \text{Kebutuhan per jam (kg)} \times \text{harga per kg} \quad (9) \\ \text{Biaya Filter} &= \frac{\text{Jumlah filter (unit)} \times \text{harga per unit}}{\text{Interval penggantian filter (jam)}} \quad (10) \\ \text{Biaya Grease} &= \text{Kebutuhan per jam (kg)} \times \text{harga per kg} \quad (11) \end{aligned}$$

2.5.3 Ban (Tires)

$$\text{Biaya penggantian ban} = \frac{\text{Harga ban (Rp)}}{\text{Umur (jam)}} \quad (12)$$

2.5.4 Biaya Perbaikan (Repair Cost)

$$\text{Biaya perbaikan} = \frac{\text{Repair factor} \times (\text{harga mesin-harga ban (Rp)})}{\text{Umur kegunaan alat (jam)}} \quad (13)$$

2.5.5 Gaji Operator

$$\text{Upah operator/jam} = \frac{\text{Upah operator /bulan(Rp)}}{\text{Jam operasi /bulan(Rp)}} \quad (14)$$

3. Metode Penelitian

Di dalam melakukan kajian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data yang ada dilapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Metode kajian yang dipakai ialah jenis penelitian kuantitatif dan penelitian ini lebih terarah kepada penelitian terapan. Penelitian ini lebih mengarah ke penelitian terapan (*Applied Research*), yaitu salah satu penelitian yang tujuannya untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Jam Kerja Alat Mekanis

Tabel 2. Jam Kerja Alat Mekanis

No	Unit	Jam Tersedia (jam)	Work (Jam)	Repair (Jam)	Standby (Jam)
1	Excavator Caterpillar 345 GC	555	447.51	39	68.49
2	DT Hino 500 FM 260 JD 303	555	433.25	46.7	75.05
3	DT Hino 500 FM 260 JD 304	555	430.26	49.4	75.34
4	DT Hino 500 FM 260 JD 305	555	428.61	46.5	79.89
5	DT Hino 500 FM 260 JD 308	555	429.02	48.2	77.78
6	DT Hino 500 FM 260 JD 309	555	430.03	50.5	74.47

Dari data jam kerja alat mekanis pada tabel 2 diatas maka dapat dihitung MA,PA,UA, dan EU dari alat muat dan alat angkut sebagai berikut:

4.1.1.1 Excavator CAT 345 GC

4.1.1.1.1 Mechanical Availability

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja (W)} &= 447,51 \text{ jam} \\ \text{Waktu repair (R)} &= 39 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MA} &= \frac{W}{W + R} \times 100\% \\ &= \frac{447,51 \text{ jam}}{447,51 \text{ jam} + 39 \text{ jam}} \times 100\% \\ \text{MA} &= 91,98 \% \end{aligned}$$

Jadi didapatkan nilai *mechanical availability* Excavator Caterpillar 345 GC bekerja 91,98 % yang berarti secara mekanis alat bekerja dengan baik.

4.1.1.1.2 Physical Availability

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja (W)} &= 447,51 \text{ jam} \\ \text{Waktu Repair (R)} &= 39 \text{ jam} \\ \text{Waktu Standby (S)} &= 68,49 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PA} &= \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\% \\ \text{PA} &= \frac{447,51 \text{ jam} + 68,49 \text{ jam}}{447,51 \text{ jam} + 39 \text{ jam} + 68,49 \text{ jam}} \times 100\% \\ \text{PA} &= 92,97 \% \end{aligned}$$

Jadi didapatkan nilai *Physical availability* Excavator Caterpillar 345 GC bekerja 92,97 % yang berarti secara fisik alat dalam kondisi baik.

4.1.1.1.3 Use of Availability

Waktu kerja (W) = 447,51 jam
 Waktu Standby (S) = 68,49 jam

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\%$$

$$UA = \frac{447,51 \text{ jam}}{447,51 \text{ jam} + 68,49 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$UA = 86,72 \%$$

Jadi didapatkan nilai *use of availability Excavator Caterpillar 345 GC* dengan persentase 86,72 % artinya dari nilai ini dikatakan alat dalam kondisi bagus.

4.1.1.1.4 Effective Utilization

Waktu kerja (W) = 447,51 jam
 Waktu Repair (R) = 39 jam
 Waktu Standby (S) = 68,49 jam

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100\%$$

$$EU = \frac{447,51 \text{ jam}}{447,51 \text{ jam} + 39 \text{ jam} + 68,49 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$EU = 80,63 \%$$

Jadi didapatkan nilai *Effective Utilization Excavator Caterpillar 345 GC* sebesar 80,63 % artinya dari nilai ini dikatakan alat dalam kondisi kerja yang baik.

4.1.1.2 Alat Angkut

4.1.1.2.1 Ketersediaan Mekanis

Waktu kerja (W) = 433,25 jam
 Waktu repair (R) = 46,7 jam

$$MA = \frac{W}{W + R} \times 100\%$$

$$MA = \frac{433,25 \text{ jam}}{433,25 \text{ jam} + 46,7 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$MA = 90,26 \%$$

Jadi didapatkan nilai *mechanical availability* sebesar 90,26 % yang berarti alat angkut secara mekanis bekerja dengan baik.

4.1.1.2.2 Physical Availability

Waktu kerja (W) = 433,25 jam
 Waktu Repair (R) = 46,7 jam
 Waktu Standby (S) = 75,05 jam

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\%$$

$$PA = \frac{433,25 \text{ jam} + 75,05 \text{ jam}}{433,25 \text{ jam} + 46,7 \text{ jam} + 75,05 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$PA = 91,58 \%$$

Jadi didapatkan nilai *Physical availability* bekerja sebesar 91,58 % yang berarti secara fisik alat berada dalam kondisi baik.

4.1.1.2.3 Use of Availability

Waktu kerja (W) = 433,25 jam
 Waktu Standby (S) = 75,05 jam

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\%$$

$$UA = \frac{433,25 \text{ jam}}{433,25 \text{ jam} + 75,05 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$UA = 85,23 \%$$

Jadi didapatkan nilai *use of availability* bekerja sebesar 85,23 % dengan artian alat dalam kondisi bagus.

4.1.1.2.4 Effective Utilization

Waktu kerja (W) = 433,25 jam
 Waktu Repair (R) = 46,7 jam
 Waktu Standby (S) = 75,05 jam

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100\%$$

$$EU = \frac{433,25 \text{ jam}}{433,25 \text{ jam} + 46,7 \text{ jam} + 75,05 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$EU = 78,06 \%$$

Jadi didapatkan nilai *Effective Utilization* sebesar 78,06 % dan kondisi ini dikatakan alat dalam kondisi kerja yang baik.

Semua hasil dari perhitungan nilai MA, PA, UA, dan EU dari alat gali muat dan alat angkut di atas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Ketersediaan Alat Mekanis

No	Unit	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
1	Exca Cat 345 GC	91,98	92,97	86,72	80,63
2	DT Hino 303	90,26	91,58	85,23	78,06
3	DT Hino 304	89,70	91,09	85,09	77,52
4	DT Hino 305	90,21	91,62	84,28	77,22
5	DT Hino 308	89,89	91,31	84,65	77,30
6	DT Hino 309	89,49	90,90	85,23	77,48

4.1.2 Waktu Edar excavator dan dump truck

4.1.2.1 Excavator CAT 345 GC

Tabel 4. Waktu Edar Alat Gali Muat

Gali (Detik)	Putar isi (Detik)	Tumpah (Detik)	Putar kosong (Detik)	Waktu Edar (Detik)
9.625	7.771	7.594	6.991	31.981

4.1.2.2 Dump truck HINO 500 FM 260 JD

Tabel 5. Waktu Edar Alat Angkut

Nama Alat	Waktu Manuver Muat (Detik)	Waktu Muat (Detik)	Waktu Angkut (Detik)	Waktu Manuver Tumpah (Detik)	Waktu Tumpah (Detik)	Waktu Kembali (Detik)	Cycle Time Alat Angkut (Detik)
DT 303	46,88	55,14	154,92	39,54	41,02	201,78	539,28
DT 304	47,85	55,1	154,86	40,1	41,34	201,69	540,94
DT 305	49	56,3	154,18	39,4	40,04	197,99	536,91
DT 308	47,35	55,88	153,61	41,2	42,35	199,99	540,38
DT 309	50,8	55,9	153,79	39,6	41,0	196,03	537,12

4.1.3 Efisiensi Kerja Alat Mekanis

4.1.3.1 Excavator CAT 345 GC

Diketahui:

Waktu bekerja : 5.806,2 detik

Waktu hambatan: 1.393,8 detik

Waktu tersedia : 7.200 detik

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{5.806,2 \text{ detik}}{7.200 \text{ detik}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi kerja} = 80,64 \%$$

4.1.3.2 Alat Angkut

Diketahui :

Waktu bekerja : 14.145,3 detik

Waktu hambatan: 3.854,7 detik

Waktu tersedia : 18.000 detik

$$\text{Efisiensi kerja} = \frac{14.145,3 \text{ detik}}{18.000 \text{ detik}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi kerja} = 78,58 \%$$

4.1.4 Perhitungan Produktivitas Aktual Alat Mekanis

4.1.4.1 Excavator CAT 345 GC

Diketahui :

Kapasitas bucket (Kb) = 3,4 m³

Swell Factor (Sf) = 80 %

Fill Factor Bucket = 100 %

Effisiensi Kerja (Eff) = 80,64 %

Cycle Time (Ct) = 31,981 detik

$$PE = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times Eff \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{Ct}$$

$$PE = \frac{3,4 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 1 \times 0,8064 \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{31,981 \text{ detik}}$$

$$PE = 246,905 \text{ bcm/jam}$$

Jika produktivitas excavator per jam adalah 246,905 bcm dan waktu kerja efektif dalam 1 bulan adalah 447,51 jam, maka untuk jumlah produktivitas excavator dalam 1 bln adalah

$$PE = \text{jumlah produktivitas/jam} \times \text{jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan}$$

$$= 246,905 \text{ bcm} \times 447,51 \text{ jam}$$

$$= 110.492,456 \text{ bcm/bulan}$$

4.1.4.2 Alat Angkut

Diketahui :

Jumlah Bucket (n) = 4

Kapasitas Bucket (Kb) = 3,4 m³

Swell Factor (Sf) = 80 %

Fill Factor (Ff) = 100 %

Effisiensi kerja (Eff) = 78,58 %

Cycle Time (Ct) = 539,28 detik

$$PD = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times n \times Eff \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{Ct}$$

$$PD = \frac{3,4 \times 0,8 \times 1 \times 4 \times 0,7858 \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{539,28 \text{ detik}}$$

$$PD = 57,073 \text{ bcm/jam}$$

Jam kerja efektif dalam 1 bulan adalah 433,25 jam, maka:

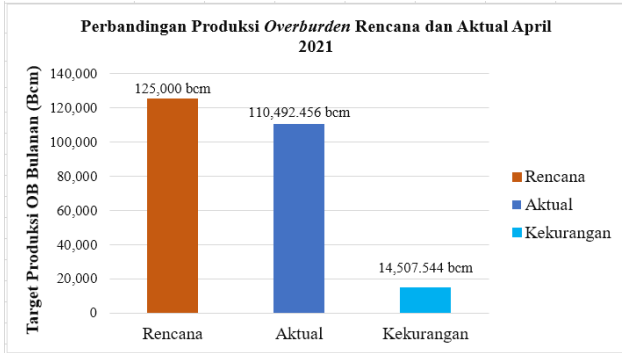
$$PD = \text{jumlah produktivitas/jam} \times \text{jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan}$$

$$= 57,073 \text{ bcm} \times 433,25 \text{ jam}$$

$$= 24.726,786 \text{ bcm/bulan}$$

Tabel 6. Produksi Teoritis Alat Angkut

No	Alat	Produktivitas per jam	Jam kerja efektif	Total produksi/bulan
1	DT 303	57,073 bcm	433,25 jam	24.726,786 bcm
2	DT 304	56,359 bcm	430,26 jam	24.248,921 bcm
3	DT 305	56,782 bcm	428,61 jam	24.337,209 bcm
4	DT 308	56,234 bcm	429,02 jam	24.125,455 bcm
5	DT 309	56,857 bcm	430,03 jam	24.450,422 bcm
Total				120.307,961 bcm



Gambar 3. Perbandingan Produksi Overburden Rencana dan Aktual Bulan April 2021

4.1.5 Perhitungan Untuk Ketercapaian Target Produksi

4.1.5.1 Excavator CAT 345 GC

Diketahui :

- Kapasitas bucket (Kb) = 3,4 m³
- Swell Factor (Sf) = 80 %
- Fill Factor Bucket = 100 %
- Effisiensi Kerja (Eff) = 87,06 %
- Cycle Time (Ct) = 29,226 detik

$$PE = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times Eff \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{Ct}$$

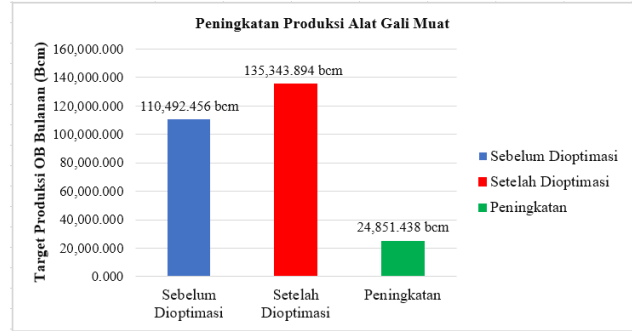
$$PE = \frac{3,4 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 1 \times 0,8706 \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{29,226 \text{ detik}}$$

$$PE = 291,689 \text{ bcm/jam}$$

Dengan adanya perbaikan waktu Standby diawal, jam kerja efektif dalam 1 bulan menjadi 464 jam.
 PE = jumlah produktivitas/jam x jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan
 = 291,689 bcm x 464 jam
 = 135.343,894 bcm/bulan sehingga target produksi overburden tercapai.

Tabel 7. Peningkatan Produksi Setelah Optimasi Alat Gali Muat

Alat	Kondisi	Cycle time (detik)	Jam kerja efektif (jam)	Produksi/bulan (bcm)
Excavator Caterpillar 345 GC	Sebelum dioptimasi	31,988	447,51	110.492,456
	Setelah dioptimasi	29,226	464	135.343,894



Gambar 4. Grafik Peningkatan Produksi Setelah Optimasi Alat Gali Muat

4.1.5.2 Alat Angkut

Diketahui:

- Jumlah Bucket (n) = 4
- Kapasitas Bucket (Kb) = 3,4 m³
- Swell Factor (Sf) = 80 %
- Fill Factor (Ff) = 100 %
- Effisiensi kerja (Eff) = 85,37 %
- Cycle Time (Ct) = 355,38 detik

$$PD = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times n \times Eff \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{Ct}$$

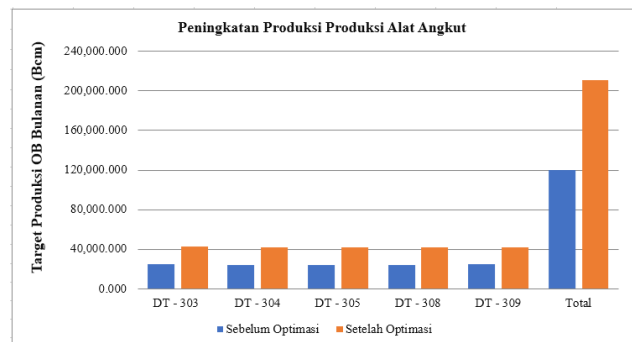
$$PD = \frac{3,4 \times 0,8 \times 1 \times 4 \times 0,8537 \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}}{355,38 \text{ detik}}$$

$$PD = 90,090 \text{ bcm/jam}$$

Dengan adanya perbaikan waktu standby diawal maka jam kerja efektif dalam 1 bulan menjadi 455,3 jam
 PD = jumlah produktivitas/jam x jumlah jam kerja efektif dalam 1 bulan
 = 94,090 bcm x 455,3 jam
 = 42.839,199 bcm/bulan

Tabel 8. Peningkatan Produksi Setelah Optimasi Alat Angkut

Alat	Dump truck	Jumlah passing	Cycle time (menit)	Effisiensi kerja	Jam kerja (jam)	Produksi/bulan (bcm)
DT HINO 500	DT 303	4	5,923	85,37 %	455,3	42.839,199
	DT 304	4	5,953	84,67 %	452,6	42.023,128
	DT 305	4	5,595	84,54 %	454,5	42.092,323
	DT 308	4	5,993	84,30 %	452,8	41.578,6
	DT 309	4	6	84,95 %	455,5	42.099,861
Total						210.633,110



Gambar 5. Grafik Peningkatan Produksi Setelah Optimasi Alat Angkut

Jumlah alat angkut yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus:

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

$$Na = \frac{355,38 \text{ detik}}{29,226 \text{ detik} \times 4}$$

$$Na = 3,04 \approx 3 \text{ dump truck}$$

Jadi, jumlah alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit *dump truck* HINO 500 FM 260 JD berarti disini perlu adanya pengurangan *dump truck* agar keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut menjadi serasi.

4.1.6 Keserasian Kerja Alat Mekanis (Match Factor) Aktual

Keserasian kerja alat mekanis (*match factor*) pada penelitian ini menganalisa keserasian antara 1 unit alat gali muat *Excavator Caterpillar* 345 GC dan 5 unit alat angkut *Dump Truck* Hino 500 FM 260 JD yang bekerja pada penambangan batubara *pit eagle* 3 PT. Bumi Karya Makmur guna mengetahui faktor kerja alat mekanis tersebut.

Diketahui :

Jumlah alat angkut (Na)	= 5 unit
Jumlah alat muat (Nm)	= 1 unit
Banyak pengisian (n)	= 4
Waktu edar alat gali muat (Ctm)	= 31,981 detik
Waktu edar alat angkut (Cta)	= 539,28 detik

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

$$MF = \frac{5 \times 31,981 \times 4}{539,28 \times 1}$$

$$MF = 1,186$$

Jika nilai $MF > 1$ berarti disini terjadi waktu tunggu untuk alat angkut.

Dari perhitungan untuk ketercapainya keserasian kerja, maka diperlukan kajian ulang mengenai produktivitas alat gali muat dan alat angkut selanjutnya dilakukan perhitungan kembali keserasian kerja.

4.1.7 Keserasian Kerja Alat Mekanis (Match Factor) Setelah Optimasi

Diketahui:

Jumlah alat angkut (Na)	= 3 unit
Jumlah alat muat (Nm)	= 1 unit
Banyak pengisian (n)	= 4
Waktu edar alat gali muat (Ctm)	= 29,226 detik
Waktu edar alat angkut (Cta)	= 355,38 detik

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

$$MF = \frac{3 \times 29,226 \times 4}{355,38 \times 1}$$

$$MF = 0,986 \approx 1$$

$MF = 1$, artinya faktor kerja alat muat sudah 100 % dan faktor kerja alat angkut 100 % sehingga disini tidak terjadi waktu tunggu untuk alat muat dan alat angkut.

4.1.8 Biaya Operasional *excavator* dan *dump truck*

4.1.8.1 *Excavator CAT 345 GC*

4.1.8.1.1 *Biaya Bahan Bakar*

Diketahui:

Konsumsi bahan bakar per jam	= 30 liter
Harga bahan bakar per liter	= Rp. 9.800

$$\text{Biaya bahan bakar per jam} = \text{Konsumsi bahan bakar} \times \text{Harga}$$

$$= 30 \text{ ltr/jam} \times \text{Rp. 9.800 /ltr}$$

$$= \text{Rp. 294.000 /jam}$$

Jadi, biaya bahan bakar untuk mengoperasikan *excavator caterpillar* 345 GC sebesar Rp. 294.000 /jam.

4.1.8.1.2 *Biaya Oli dan Grease*

Diketahui:

Konsumsi oli mesin per jam	= 0,108 liter
Konsumsi oli <i>hydraulic</i> per jam	= 0,0525 liter
Konsumsi <i>grease</i> per jam	= 0,032 pail
Harga oli mesin per liter	= Rp. 27.600
Harga oli <i>hydraulic</i> per liter	= Rp. 27.625
Harga <i>grease</i> per pail	= Rp. 475.000

- Biaya oli mesin per jam = konsumsi oli mesin x harga
= 0,108 ltr/jam x Rp. 27.600 /ltr
= Rp. 2.980,8 /jam
- Biaya oli *hydraulic* = konsumsi oli *hydraulic* x harga
= 0,0525 ltr/jam x Rp. 27.625 /ltr
= Rp. 1.450,31 /jam
- Biaya *grease* = konsumsi *grase* x harga
= 0,032 pail/jam x Rp. 475.000 /pail
= Rp. 15.200 /jam
- Total biaya oli dan *grease* = biaya oli mesin + biaya oli *hydraulic* + biaya *grease*
= Rp. 2.980,8 /jam + Rp. 1.450,31 /jam + Rp. 15.200 /jam
= Rp 19.631 /jam

4.1.8.1.3 *Biaya Filter*

Diketahui:

Harga <i>filter</i> oli	= Rp. 513.000
Harga <i>filter</i> minyak	= Rp. 575.000

Harga *filter* udara = Rp. 260.000
 Jumlah *filter* oli = 1 buah
 Jumlah *filter* minyak = 1 buah
 Jumlah *filter* udara = 1 buah

Biaya Filter

$$= \frac{\text{Jumlah Filter (unit)} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Interval Penggantian Filter (jam)}}$$

➤ **Biaya Filter Oli** = $\frac{1 \times \text{Rp.}513.000}{250 \text{ jam}}$

= Rp. 2.052 /jam

➤ **Biaya Filter Minyak** = $\frac{1 \times \text{Rp.}575.000}{500 \text{ jam}}$

= Rp. 1.150 /jam

➤ **Biaya Filter Udara** = $\frac{1 \times \text{Rp.}260.000}{2000 \text{ jam}}$

= Rp. 130 /jam

➤ Total biaya *filter* = Biaya *Filter* Oli + Biaya *Filter* Minyak + Biaya *Filter* Udara
 = Rp. 2.052 /jam + Rp. 1.150 /jam + Rp. 130 /jam
 = Rp. 3.332 /jam

4.1.8.1.4 Gaji Operator

Gaji operator berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Bumi Karya Makmur yaitu Rp 30.000 per jam.

Dari hasil kalkulasi data yang didapatkan, maka didapat biaya operasional *Excavator CAT 345 GC* pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Biaya Operasional Alat Gali Muat

Noi	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp. 294.000
2	Oli dan <i>grease</i>	Rp. 19.631
3	<i>Filter</i>	Rp. 3.332
4	Gaji operator	Rp. 30.000
Total		Rp. 346.963

4.1.8.2 Dump truck HINO 500 FM 260 JD

4.1.8.2.1 Biaya Bahan Bakar

Diketahui:

Konsumsi bahan bakar per jam = 8 liter
 Harga bahan bakar per liter = Rp. 9.800

Biaya bahan bakar per jam = Konsumsi bahan bakar x Harga
 = 8 ltr/jam x Rp. 9.800 /ltr
 = Rp. 78.400 /jam

Jadi, biaya bahan bakar untuk mengoperasikan *Dump Truck Hino 500 FM 260 JD* sebesar Rp. 78.400 /jam.

4.1.8.2.2 Biaya Oli dan Grease

Diketahui:

Konsumsi oli mesin per jam = 0,06 liter
 Konsumsi oli *hydraulic* per jam = 0,12 liter
 Konsumsi *grease* per jam = 0,011 pail
 Harga oli mesin per liter = Rp. 27.600
 Harga oli *hydraulic* per liter = Rp. 27.625
 Harga *grease* per pail = Rp. 475.000

➤ Biaya oli mesin per jam = konsumsi oli mesin x harga
 = 0,06 ltr/jam x Rp. 27.600 /ltr
 = Rp. 1.656 /jam

➤ Biaya oli *hydraulic* = konsumsi oli *hydraulic* x harga
 = 0,12 ltr/jam x Rp. 27.625 /ltr
 = Rp. 3.315 /jam

➤ Biaya *grease* = konsumsi *grase* x harga
 = 0,011 pail/jam x Rp. 475.000 /pail
 = Rp. 5.225 /jam

➤ Total biaya oli dan *grease* = biaya oli mesin + biaya oli *hydraulic* + biaya *grease*
 = Rp. 1.656 /jam + Rp. 3.315 /jam + Rp. 5.225 /jam
 = Rp 10.196 /jam

4.1.8.2.3 Biaya Filter

Diketahui:

Harga *filter* oli = Rp. 135.000
 Harga *filter* minyak = Rp. 135.000
 Interval penggantian filter oli = 250 jam
 Interval penggantian filter minyak = 250 jam
 Jumlah *filter* oli = 1 buah
 Jumlah *filter* minyak = 1 buah

Biaya Filter

$$= \frac{\text{Jumlah Filter (unit)} \times \text{Harga Per Unit}}{\text{Interval Penggantian Filter (jam)}}$$

➤ **Biaya Filter Oli** = $\frac{1 \times \text{Rp.}135.000}{250 \text{ jam}}$

= Rp. 540 /jam

➤ **Biaya Filter Minyak** = $\frac{1 \times \text{Rp.}135.000}{250 \text{ jam}}$

= Rp. 540 /jam

➤ Total biaya *filter* = Biaya *Filter* Oli + Biaya *Filter* Minyak
 = Rp. 540 /jam + Rp. 540 /jam
 = Rp. 1.080 /jam

4.1.8.2.4 Biaya Ban

Diketahui :
 Harga ban = Rp. 5.258.182
 Jumlah ban = 10 buah
 Interval penggantian ban = 2000 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Pemakaian Ban} &= \frac{\text{Jumlah Ban} \times \text{Harga Ban (Rp)}}{\text{Umur (jam)}} \\
 \text{Biaya Pemakaian Ban} &= \frac{10 \times \text{Rp. 5.258.182}}{2000 \text{ (jam)}} \\
 &= \text{Rp. 26.290,91 /jam}
 \end{aligned}$$

4.1.8.2.5 Gaji Operator

Gaji operator berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Bumi Karya Makmur yaitu Rp 30.000 per jam

Dari hasil kalkulasi data yang didapatkan, maka didapat biaya operasional *Dump truck* HINO 500 FM 260 JD pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Biaya Operasional Alat Angkut

No	Keterangan	Biaya per jam
1	Bahan bakar	Rp. 78.400
2	Oli dan <i>grease</i>	Rp. 10.196
3	<i>Filter</i>	Rp. 1.080
4	Ban	Rp. 26.290,91
5	Gaji operator	Rp. 30.000
Total		Rp. 145.966,91

Untuk total biaya operasional alat gali muat dan alat angkut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 11. Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebelum Perbaikan Jam Kerja

No	Alat	Jam kerja efektif	Biaya operasional per jam	Jumlah unit	Total biaya operasional/bulan
1	CAT 345 GC	447,51 jam	Rp. 346.963	1	Rp. 155.269.462,5
2	HINO FM 260 JD	430,23 jam	Rp. 145.966,91	5	Rp. 313.996.718,45
Total biaya operasional					Rp. 469.266.180,92
$ \begin{aligned} &\text{Biaya operasional alat gali muat dan alat angkut untuk mengupas 1 bcm OB} \\ &= \frac{\text{Total biaya produksi}}{\text{Jumlah produksi overburden per bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp. 469.266.180,92}}{110.492,456} \end{aligned} $					Rp. 4.247,04 /bcm

Tabel 12. Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut Setelah Perbaikan Jam Kerja

No	Alat	Jam kerja efektif	Biaya operasional per jam	Jumlah unit	Total biaya operasional/bulan
1	CAT 345 GC	464 jam	Rp. 346.963	1	Rp. 160.990.884,2
2	HINO FM 260 JD	454,14 jam	Rp. 145.966,91	5	Rp. 331.447.062,54
Total biaya operasional					Rp. 492.437.946,74
$ \begin{aligned} &\text{Biaya operasional alat gali muat dan alat angkut untuk mengupas 1 bcm OB} \\ &= \frac{\text{Total biaya produksi}}{\text{Jumlah produksi overburden per bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp. 492.437.946,74}}{135.343,894} \end{aligned} $					Rp. 3.638,42 /bcm

4.2 Pembahasan

Dari hasil pengamatan dan pengolahan data pada kegiatan alat gali muat pada PT. Bumi Karya Makmur Sebelum dilakukan analisis dan perbaikan produksinya sebesar 110.492,456 bcm/bulan sedangkan setelah dilakukan perbaikan jam kerja dan *swing angle* produksinya sebesar 135.343,894 bcm/bulan, Sedangkan pada alat angkut Sebelum dilakukan analisis dan perbaikan produksinya sebesar 120.307,961 bcm/bulan sedangkan setelah dilakukan perbaikan jam kerja dan analisis produksinya sebesar 210.633,110 bcm/ bulan, Sedangkan target produksi yang ditetapkan perusahaan sebesar 125.000 bcm/ bulan. Untuk melakukan upaya peningkatan produksi *overburden* dan produktivitas alat mekanis yang digunakan perlu dilakukan analisa mengenai faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi *overburden*.

Dengan menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan terhambatnya proses kegiatan penambangan di lapangan, peningkatan alat muat dan alat angkut dapat dilakukan dengan cara melakukan peningkatan waktu kerja efektif, memperkecil *cycle time* alat mekanis dan pengurangan unit alat angkut.

4.2.1 Menganalisis Produktivitas Aktual Alat Mekanis

Produktivitas alat gali muat dan alat angkut terdapat tingginya waktu *standby* sehingga rendahnya jam kerja efektif pada alat gali muat dan alat angkut yang menyebabkan rendahnya produktivitas yang dihasilkan, walaupun dari hasil produktivitas yang didapat sudah mendekati target namun perlu juga untuk dilakukan peningkatan.

Produktivitas alat angkut tidak mencapai target dari yang telah direncanakan. Terdapat perbedaan dari jam kerja dari alat angkut menyebabkan produktivitas dari alat angkut tidak mencapai yang telah ditargetkan. Pada alat angkut terdapat tingginya waktu *standby* sehingga saat beroperasi mempengaruhi rendahnya waktu kerja efektif setiap alat.

Berikut ini adalah analisis dari faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dari alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan :

- a. Faktor Pengembangan material (*swell factor*) dipengaruhi oleh densitas material. Untuk densitas material dan *swell factor* tidak dapat dilakukan perubahan, dikarenakan sifat bawaan dari material tersebut.
- b. Faktor Pengisian Mangkuk (*Bucket fill factor*) merupakan faktor yang menunjukkan kemampuan kapasitas nyata dari *bucket* alat muat untuk melakukan pemuatan ke alat angkut. Nilai *bucket fill factor* dipengaruhi oleh jenis material, kondisi tumpukan material dan kemampuan operator mengoperasikan alat muat. Nilai faktor pengisian mangkuk *Caterpillar* 345 GC sudah baik karena melebihi kapasitas baku dari alat muat itu sendiri.
- c. Pola Pemuatan Pada PT. Bumi Karya Makmur pola pemuatan yang sering di gunakan yaitu pola pemuatan *Top Loading*. Pola pemuatan *Top Loading* adalah pola pemuatan dimana posisi alat muat berada diatas *bench* (jenjang) sehingga kedudukan alat muat sama atau sejajar dengan *vessel truck*. Metode digunakan hanya pada alat muat *backhoe*. Dalam metode ini operator lebih leluasa/bebas untuk melihat *bucket* dan menempatkan material.
- d. Waktu edar (*cycle time*) berpengaruh dalam kemampuan produksi alat mekanis. Waktu edar tersebut dipengaruhi oleh kemampuan operator alat, kondisi *front* penambangan, dan kondisi jalan tambang yang ada. Semakin kecil waktu edar alat maka produksi semakin besar. Ketika pengamatan di lapangan terdapat waktu tunggu

pada alat angkut, waktu tunggu ini dikarenakan oleh jarak *front* ke *disposal* 700 meter dan alat angkut yang digunakan 5 unit sehingga terjadi waktu tunggu untuk alat angkut.

- e. Efisiensi kerja merupakan presentase perbandingan antara waktu yang digunakan untuk bekerja dengan waktu kerja yang tersedia. Efisiensi kerja untuk alat muat sebelum perbaikan sebesar 80,64 % sedangkan untuk alat angkut sebesar DT 303 = 78,58 % DT 304 = 77,83 % DT 305 = 77,84 % DT 308 = 77,58 % DT 309 = 77,97 %. Nilai efisiensi kerja dapat ditingkatkan dengan meningkatkan waktu kerja efektif. Nilai efisiensi kerja tersebut belum relatif tinggi sehingga belum bisa memenuhi dari target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan maka perlu dilakukan peningkatan waktu kerja efektif dengan cara mengurangi waktu *standby*. Hal tersebut dapat dilakukan sehingga dapat meningkatkan waktu kerja efektif dan efisiensi kerja.
- f. Faktor keserasian kerja alat (*match factor*) berdasarkan data hasil pengamatan waktu edar dan jumlah alat yang digunakan nilai MF nya adalah 1,186 sehingga sesuai dengan nilai MF yang didapatkan berarti disini kinerja untuk alat angkut kurang dari 100 % sehingga terdapat waktu tunggu untuk alat angkut dan mengurangi efisiensi kerja secara sistem.

4.2.2 Analisis Match Factor

Sebelum melakukan perbaikan nilai *match factor* yang didapatkan adalah 1,186 berarti disini terjadi waktu tunggu untuk alat angkut. Dan setelah dilakukan perbaikan pada *cycle time* alat mekanis dan jumlah unit *dump truck* yang seharusnya digunakan maka didapatkan hasil perhitungan untuk nilai *match factor* baru, yaitu sebesar $0,986 \approx 1$ dan disini tidak ada lagi terjadi waktu tunggu untuk alat angkut maupun alat muat.

4.2.3 Biaya Operasional Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Biaya operasional adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh pengguna alat berat tersebut saat alat berat dioperasikan. Adapun biaya-biaya operasional yang harus dikeluarkan antara lain, yaitu biaya bahan bakar, biaya oli, biaya *grease*, biaya *filter*, biaya ban, biaya perbaikan dan biaya untuk gaji operator. Adapun jumlah biaya yang harus dikeluarkan untuk alat gali muat, yaitu untuk bahan bakar Rp. 294.000 /jam, biaya oli dan *grease* Rp. 19.631 /jam, biaya *filter* Rp. 3.332 /jam dan gaji operator Rp. 30.000/ jam dan untuk alat angkut biaya bahan bakar Rp. 78.400 /jam, biaya oli dan *grease* Rp. 10.196 /jam, biaya *filter* Rp. 1.080 /jam, biaya ban Rp. 26.290,91 /jam dan gaji operator Rp. 30.000 /jam.

Jadi, total biaya operasional yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan unit alat muat *Caterpillar* 345 GC adalah Rp. 346.963 /jam dan biaya

operasional untuk mengoperasikan 1 *unit dump truck* sebesar Rp. 145.966,91 /jam. Jam kerja efektif sebelum perbaikan untuk alat muat adalah 447,51 jam/bulan dan untuk alat angkut 430,23 jam/bulan, sehingga biaya operasional yang dikeluarkan per bulan untuk alat muat sebesar Rp. 155.269.462,5 dan alat angkut sebesar Rp. 313.996.718,45 dan total biaya operasional alat gali muat dan alat angkut sebesar Rp. 469.266.180,92 /bulan dan biaya untuk mengupas 1 bcm OB sebesar Rp. 4.247,04 /bcm.

Selanjutnya, setelah adanya perbaikan jam kerja efektif alat gali muat menjadi 464 jam/bulan dan alat angkut 454,14 jam/bulan maka biaya operasional yang harus dikeluarkan untuk alat gali muat sebesar Rp. 160.990.884,2 / bulan dan untuk alat angkut sebesar Rp. 331.447.062,54 /bulan, jadi total biaya operasional alat gali muat dan alat angkut setelah adanya perbaikan jam kerja adalah Rp. 492.437.946,74 /bulan sehingga biaya untuk mengupas 1 bcm OB nya menjadi Rp. 3.638,42 /bcm. Adanya perubahan pengeluaran biaya operasional ini disebabkan oleh berubahnya jam kerja efektif alat mekanis dan perubahan yang terjadi pada produktivitas alat mekanis.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Produktivitas alat gali muat dan alat angkut.
 - a. *Excavator CAT 345 GC* secara teoritis adalah 246,905 bcm/jam dan 110.492,456 bcm/ bulan, setelah dilakukan perbaikan waktu kerja dan sudut putar alat gali muat produktivitas menjadi 291,689 bcm/jam dan produksi mencapai 135.343,894 bcm/bulan.
 - b. *Dump truck HINO 500 FM 260 JD*
 - 1) DT-303 secara teoritis adalah 57,073 bcm/jam dan 24.726,786 bcm/ bulan, setelah perbaikan menjadi 94,090 bcm/jam dan produksi mencapai 42.839,199 bcm/ bulan.
 - 2) DT-304 secara teoritis adalah 56,359 bcm/jam dan 24.248,921 bcm/ bulan, setelah perbaikan menjadi 92,848 bcm/jam dan produksi mencapai 42.023,128 bcm/ bulan.
 - 3) DT-305 secara teoritis adalah 56,782 bcm/jam dan 24.337,209 bcm/ bulan, setelah perbaikan menjadi 92,612 bcm/jam dan produksi mencapai 42.092,323 bcm/bulan.
 - 4) DT-308 secara teoritis adalah 56,234 bcm/jam dan 24.125,455 bcm/ bulan, setelah perbaikan menjadi 91,825 bcm/jam dan produksi mencapai 41.578,6 bcm/bulan.
 - 5) DT-309 secara teoritis adalah 56,857 bcm/jam dan 24.450,422 bcm/ bulan, setelah perbaikan menjadi 92,425 bcm/jam dan produksi mencapai 42.099,861 bcm/ bulan.
2. Keserasian kerja (*match factor*) aktual alat gali muat dan alat angkut yang tinggi yaitu 1,186 untuk *excavator CAT 345 GC* dengan *dump truck HINO 500 FM 260 JD*, ini menyebabkan adanya

waktu tunggu bagi alat angkut. Untuk mencapai keserasian kerja (*match factor*) = 1 atau mendekati satu, maka dilakukan optimasi *cycle time* dan pengurangan jumlah alat angkut yang bekerja dalam 1 *fleet* sehingga *match factor* mencapai $0,986 \approx 1$.

3. Biaya operasional alat gali muat dan alat angkut
 - a. Biaya operasional sebelum dilakukan perbaikan jam kerja pada kegiatan pengupasan *overburden* adalah Rp. 469.266.180,92 sehingga didapat biaya untuk mengupas 1 bcm *overburden* sebesar Rp. 4.247,04 / bcm.
 - b. Biaya operasional setelah dilakukan perbaikan jam kerja pada kegiatan pengupasan *overburden* adalah Rp. 492.437.946,74 sehingga didapat biaya untuk mengupas 1 bcm *overburden* sebesar Rp. 3.638,42 / bcm.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan di PT. Bumi Karya Makmur, pengolahan data dan analisis, maka penulis menyarankan bahwa:

1. Untuk mengoptimalkan produksi *excavator* dan *dump truck* diperlukan perubahan pada sudut putar alat gali muat menjadi $\leq 105^\circ$, jumlah alat angkut yang sebelumnya 5 dikurangi menjadi 3 dan memperkecil *cycle time* alat gali muat dan alat angkut.
2. Diperlukan perbaikan jam kerja diawal untuk meminimalisir waktu *standby*.
3. Diperlukan pengawasan terhadap keserasian alat gali muat dan alat angkut agar tidak terjadi waktu tunggu pada alat gali muat maupun alat angkut.
4. Diperlukan pelebaran jalan dan perbaikan kondisi *disposal* agar meminimalisir hambatan pada alat angkut sehingga terjadi peningkatan efisiensi kerja alat angkut.

Daftar Pustaka

- [1] Anisari, R. (2012). Keserasian Alat Muat dan Angkut Untuk Kecapaian Target Produksi Pengupasan Batuan Penutup Pada PT. Unirich Mega Persada Site Hajak Kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah. *Jurnal INTEKNA: Informasi Teknik dan Niaga*, 12(1).
- [2] Caterpillar. 2004. Caterpillar Performance Handbook 30th Edition. Caterpillar Inc: Amerika.
- [3] Gunawan, K., Dwinagara, B., Caesar, A.J. 2017. Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara Di PT. Wahana Baratama Mining Satui, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Pertambangan* 3(2), 155-164.
- [4] Istiqamah, D. A., & Gusman, M. (2020). Kajian Teknis Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional Di Pit Barat PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto. *Bina Tambang*, 5(1), 61-73.
- [5] Indonesianto, Yanto. 2005. Pemindahan Tanah Mekanis. UPN "Veteran" : Yogyakarta.

- [6] Indonesianto, Yanto. 2018. Pemindahan Tanah Mekanis. UPN “Veteran” : Yogyakarta.
- [7] Khair, A., Triantoro, A., Riswan, R., & Hidayat, W. N. 2019. Evaluasi Pencapaian Target Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Aktivitas Pemindahan Overburden Di Pit1 Blok15 Pt Rimau Energy Mining, Site Putut Tawuluh. *Jurnal Himasapta*, 4(01).
- [8] Kurniawan, T. (2009). Studi Analisis Produktivitas Excavator Backhoe Hitachi EX2500 dan Liebherr R 994 di Pit 7 Tambang Batubara Mulia PT Arutmin Indonesia. *Bandung: Program Studi Teknik Pertambangan dan Perminyakan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung*.
- [9] Partanto, Projosumarto. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [10] Siregar, A. A., & Sumarya, S. (2018). Studi Analisis dan Simulasi Peningkatan Produktivitas Excavator Hitachi Ex1900-6 Dalam Pengupasan Overburden Pada Tambang Batubara PT. Mandala Karya Prima Jobsite PT. Mandiri Intiperkasa Provinsi Kalimantan Utara. *Bina Tambang*, 3(4), 1342-1356.
- [11] Sumarya, 2009, Bahan Ajar Alat Berat dan Interaksi Alat Berat, Padang, Diploma, III Teknik Pertambangan UNP
- [12] Tenriajeng, Andi Tenrisukki. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Gunadarma : Jakarta.
- [13] Tenriajeng, A. T. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
- [14] Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara
- [15] Yanto, Indonesianto. 2014. Pemindahan Tanah Mekanis. Teknik Pertambangan, UPN Veteran: Yogyakarta.