

Evaluasi Kinerja dan Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan *Dump Truck* dan *Belt Conveyor* pada Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk.

M. Fuadi Shiddiqi^{1*}, and Tamrin Kasim^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*mfuadishiddiqi13@gmail.com

**tamrinkasim@ft.unp.ac.id

Abstract. Based on observations in the field in the process of transporting coal from the mining front to the temporary stockpile at the Coal Mine Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk, obtained transportation equipment productivity is not optimal. This is because there is a long queue of dump trucks in the dumping process of coal material to the dump hopper, as well as low work efficiency of the tool. Actual productivity of dump trucks from field observations is 36.77 tons / hour on fleet 1 and 52,64 tons / hour on fleet 2, while productivity of conveyor belts is 1640,21 tons / hour. After the analysis is obtained the cause of the low productivity of the tool is low work efficiency. By increasing work efficiency, the ideal productivity of dump trucks is 50.72 tons / hour on fleet 1 and 72.60 tons / hour on fleet 2, while the ideal productivity of conveyor belts is 1879.41 tons / hour. From the calculations, the cost of transporting coal from the mining front to the temporary stockpile using a dump truck is Rp.17.882 / ton, using a dump truck and a conveyor belt is Rp.23.631 / ton. After an analysis of the amount of the cost of transporting coal using a dump truck is Rp. 14,576 / ton, using a dump truck and conveyor belt is Rp.17,705 / ton.

Keywords: *Front, Temporary Stockpile, Productivity, Work Efficiency, Fleet, Cost Transportation*

1. Pendahuluan

PT. Bukit Asam, Tbk perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara yang bertempat di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumater Selatan pada koordinat 3° 42' 30" LS - 4° 47' 30" LS dan 103° 45' 00" BT - 103° 50' 10" BT. Didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 berdasarkan peraturan pemerintah No. 41 Tahun 1980, PT. Bukit Asam, Tbk memiliki luas area penambangan seluas 15.400 Ha. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka yang terdiri dari pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan tanah pucuk, pengupasan lapisan batuan penutup (*overburden removal*), pemuatan batubara (*coal getting*), dan pengangkutan batubara (*coal hauling*).

Alat berat yang digunakan untuk kegiatan penggalian material batubara adalah jenis excavator Komatsu PC400LC-7 dan bucket wheel excavator 205. Sedangkan untuk kegiatan pengangkutan batubara menggunakan

alat angkut jenis *dump truck* Hino 500 FM 260Ti dan *belt conveyor system*. Pada satuan kerja Penambangan Muara Tiga Besar Utara terdapat 5 *fleet*, dimana untuk kegiatan penggalian dan pengangkutan batubara pada masing-masing *fleet* kombinasi alat yang digunakan adalah 1 unit *excavator* melayani 5 unit *dump truck*.

Pada *fleet* 1 kombinasi alat yang digunakan yaitu *excavator* dan *dump truck* dengan jarak pengangkutan sepanjang ± 1.100 meter, sedangkan pada *fleet* 2 kombinasi alat yang digunakan yaitu *excavator*, *dump truck*, *bucket wheel excavator*, *belt conveyor*, dan *bulldozer* dengan jarak pengangkutan sepanjang ± 3.100 meter. Kombinasi alat yang berbeda dalam sistem pengangkutan mempengaruhi biaya operasi pengangkutan yang dikeluarkan perusahaan. Dimana semakin banyak alat yang dikombinasikan makin tinggi pula biaya yang dikeluarkan. Pada *fleet* 1 dan *fleet* 2 dasarnya sama-sama menggunakan kombinasi alat *excavator* dan *dump truck* untuk proses penggalian dan pengangkutan material batubara, bedanya pada *fleet* 2

terdapat penambahan kombinasi alat berupa *bucket wheel excavator*, *belt conveyor* dan *bulldozer*, dimana untuk penggunaan *bulldozer* dikenakan biaya sewa alat sebesar Rp.900.000 per jam, ditambah lagi dengan biaya kepemilikan dan biaya operasi *bucket wheel excavator* dan *belt conveyor*.

Efisiensi kerja dari alat mekanis yang rendah menjadi faktor utama yang mempengaruhi turunnya produktivitas alat yang beroperasi, dapat dilihat dari jam kerja alat yang penulis temukan pada laporan evaluasi kerja bulan maret 2018 bahwa efisiensi kerja untuk *excavator* Komatsu PC400LC-7 30,76%, *dump truck* Hino 500 FM 260Ti 45,76%, dan *bulldozer* D85ESS-2A 48,07%. Antrian alat angkut yang cukup panjang pada saat proses *dumping* material batubara di *dump hopper* juga menjadi kendala besar yang mempengaruhi efisiensi dan efektivitas kerja dari alat berat. Serta pemakaian alat mekanis yang telah melewati batas umur alat tersebut, dimana *bucket wheel excavator* batas pemakaiannya adalah 30 tahun untuk bisa dikatakan masih efektif untuk beroperasi, sedangkan sampai sekarang dihitung sudah 35 tahun, terdapat kelebihan pemakaian alat selama 5 tahun yang tentunya mempengaruhi produksi dan menambah biaya yang dikeluarkan perusahaan baik untuk operasi dan untuk perawatan alat yang sudah tua. Dari penelitian-penelitian relevan yang penulis temui, didapat masalah utama yang mempengaruhi kinerja alat dan biaya operasi alat adalah efisiensi kerja alat yang rendah, dimana pengaruhnya adalah menurunnya produktivitas alat sedangkan untuk biaya operasi alat yang dikeluarkan makin tinggi karena adanya penambahan biaya untuk perawatan alat yang rusak.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi PT. Bukit Asam, Tbk dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Palembang dengan Jaraknya \pm 60 km selama 4 jam melalui jalan lintas Palembang-Lampung dan lokasi PT. Bukit Asam, Tbk berjarak 1,5 km dari jalan Palembang-Lampung. Peta lokasi PT. Nan Riang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi PT. Bukit Asam, Tbk.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 02 April 2018 – 03 Mei 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

3.1. Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Dalam melaksanakan penelitian, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positifisme, kemudian dianalisis secara analisis statistik. Penafsiran hasil analisis berkaitan dengan analisis data yang telah dilakukan sehingga diperoleh kesimpulan penelitian dirumuskan diterima atau tidak^[1,2].

Menurut tujuannya penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian terapan (*applied research*) adalah penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah^[3].

Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk keperluan tertentu. Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian.

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

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil pengamatan langsung dilapangan, data sekunder didapat dari literatur, referensi-referensi, dan perusahaan. Data primer berupa data *cycle time* alat gali muat, alat angkut, alat dorong, dan data kecepatan *belt conveyor*. Data sekunder berupa data rencana kerja, data jumlah alat, data spesifikasi alat, data biaya sewa alat, data harga alat, dan data jam kerja alat.

3.3. Teknik Pengolahan Data

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari beberapa kejadian terhadap beberapa kejadian lainnya, serta memperkirakan atau meramalkan kejadian lainnya. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan^[1,2].

3.3.1. Efisien Kerja

Data efisiensi kerja diambil di lapangan berupa data jam kerja dari alat gali-muat, alat angkut, dan alat dorong. Data jam kerja alat tersebut terdiri dari waktu kerja efektif, waktu *standby* alat, dan waktu perbaikan alat. Untuk mencari efisiensi kerja waktu kerja efektif dibagi dengan waktu terjadwal^[4]. Perhitungan efisiensi kerja dapat dihitung dengan rumus berikut:

1. Mechanical Availability

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

2. Physical Availability

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

3. Use of Availability

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

4. Effective Utilization

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

3.3.2. Produktivitas Alat

Untuk mengetahui produktivitas alat gali-muat, alat angkut, dan alat dorong diperlukan data *cycle time*, kapasitas *bucket* dari alat gali-muat, *fill factor*, *swell factor*, jumlah curah dari alat gali-muat ke alat angkut dan efisiensi kerja. Perhitungan produktivitas dapat dihitung dengan rumus berikut:^[4,5,6,7]

1. Produktivitas Excavator

$$Q = \frac{q1 \times K \times 3600 \times E}{Cm} \quad (5)$$

2. Produktivitas Dump Truck

$$P = \frac{n \times q1 \times K \times 60 \times Et \times M}{Cmt} \quad (6)$$

3. Produktivitas Bulldozer

$$Q = \frac{q1 \times a \times 60 \times e \times E}{Cm} \quad (7)$$

4. Produktivitas Bucket Wheel Excavator

$$Q_{eff} = 60 \times In \times S \times nf \times Sf \times np \times fp \quad (8)$$

5. Produktivitas Belt Conveyor

$$Q_t = 60 \times A \times V \times y \times S \quad (9)$$

3.3.3 Match Factor

Match factor adalah nilai keserasian operasi alat gali muat dan alat angkut. Keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut dapat dihitung dengan data-data jumlah unit alat gali muat, jumlah unit alat angkut, waktu edar alat gali muat, waktu edar alat angkut, dan jumlah curahan *bucket* pengisian. Perhitungan *match factor* dapat dihitung dengan rumus berikut^[4].

$$MF = \frac{n \times nH \times cL}{nL \times cH} \quad (10)$$

MF < 1, maka terdapat waktu tunggu untuk alat gali muat. Artinya, alat gali muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat gali muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.

MF = 1, maka tidak ada waktu tunggu untuk alat muat dan alat angkut. Artinya, alat gali muat dan alat angkut sama sama bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu diantara kedua alat tersebut.

MF > 1, maka terdapat waktu tunggu untuk alat angkut. Artinya, alat gali muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga terdapat waktu tunggu untuk alat angkut.

3.3.4 Owing Cost

Owning cost atau biaya kepemilikan adalah biaya yang harus dikeluarkan pemilik alat berat tersebut walaupun alat tidak beroperasi tetapi biaya ini tetap harus dibayarkan^[5]. Biaya kepemilikan terdiri atas dua komponen besar yaitu,

1. Depreciation Cost

Biaya depresiasi adalah penurunan atau penyusutan nilai atau harga dari alat itu sendiri terhadap usia pakainya. Salah satu metoda yang digunakan untuk menentukan biaya depresiasi adalah dengan metoda garis lurus (*Straight Line Method*) yaitu turunnnya nilai modal yang dilakukan dengan pengurangan nilai penyusutan yang sama besar sepanjang umur dari kegunaan alat tersebut. Nilai depresiasi dengan metoda ini dapat dihitung besarnya untuk setiap jam dengan cara sebagai berikut:

$$Depreciation\ cost = \frac{Net\ Depreciation\ Value}{Depreciation\ period\ (Hrs)} \quad (11)$$

2. Interest, Insurance and Tax (IIT)

Interest adalah biaya bunga yang harus dibayarkan pemilik terhadap investasi yang ia miliki, terutama bagi pemilik yang membeli unit secara *leasing* / angsuran.

Insurance adalah biaya penjamin terhadap kerusakan alat yang diakibatkan kecelakaan kerja ataupun bencana alam, bergantung dari jenis polis asuransi yang dipilih. Dari beberapa literatur yang penulis baca harga yang harus dibayarkan untuk asuransi berupa % dari harga alat.

Tax adalah besaran pajak yang harus dibayarkan terhadap kepemilikan alat berat, besaran biaya pajak diatur dalam undang-undang dan peraturan daerah. Besarnya *Interest, Insurance and Tax* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$IIT = \frac{\text{Factor} \times \text{Delivered price} \times \text{Annual}}{\text{Rates Annual Use In Hours}} \quad (12)$$

3.3.5 Operating Cost

Operating cost atau biaya operasi adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh pengguna alat berat tersebut saat alat berat tersebut bekerja^[5]. Ada enam hal yang diperhitungkan dalam *operating cost* ini, yaitu:

1. Bahan Bakar (*Fuel*)

Biaya bahan bakar merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan alat berat, masing-masing jenis alat berat memiliki *fuel consumption* yang berbeda-beda.

2. *Lubrican (Oil and Grease), Filters and Periodic Maintenance Labor*

Setiap unit yang dioperasikan tentunya membutuhkan perawatan, baik itu perawatan apabila terjadi kerusakan, maupun perawatan rutin setiap waktu penggunaan tertentu. Perawatan rutin biasanya meliputi penggantian oli, pelumasan dengan *grease* (gomok), pergantian saringan, dan beberapa perawatan rutin lainnya. Untuk setiap unit yang berbeda tentunya juga memiliki kebutuhan terhadap oli dan gomok yang berbeda.

3. Ban (*Tires*)

Salah satu komponen penting dari alat berat, terutama alat pengangkutan adalah komponen ban. Karena ban menjadi tumpuan dari beban yang diangkutnya. Usia pakai dari ban itu sendiri juga dapat diperhitungkan, menyesuaikan dengan kondisi permukaan jalan yang dilalui.

4. Biaya Perbaikan (*Repair Cost*)

Selain perawatan berkala seperti pergantian oli, saringan oli, saringan minyak, dan perawatan rutin lainnya, kerusakan pada unit juga sering terjadi. Untuk menjaga

alat dalam keadaan yang baik komponen ini harus diganti, Biaya perbaikan tergantung komponen alat yang diganti. Biaya perbaikan ini dapat diestimasi dengan melihat lamanya jam kerja alat beroperasi. Secara umum biaya perbaikan adalah rata-rata dari biaya perbaikan sepanjang *service* alat. Biaya perbaikan sangat dipengaruhi oleh kondisi kerja alat, *skill* operator dan perawatan terhadap alat. Kalkulasi biaya perbaikan didapat dari akumulasi data sebelumnya. Kalkulasi dibuat berdasarkan pengalaman sebelumnya. karena itu, jika tidak ada data biaya perbaikan sebelumnya sebaiknya menghubungi distributor komatsu lokal mengenai informasi estimasi biaya perbaikan alat.

5. Gaji operator (*Operator Salary*)

Gaji operator menjadi salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam perhitungan biaya produksi alat berat. Biasanya operator digaji berdasarkan jam kerja mereka, namun di beberapa perusahaan operator alat berat menjadi karyawan tetap sehingga gaji operator dibayarkan per bulan.

4. Hasil dan Pembahasan

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran mengenai peningkatan efisien kerja agar produktivitas alat optimal.

4.1 Data

1. Jam Kerja Perusahaan

PT. Bukit Asam, Tbk menerapkan 3 *shift* kerja dalam sehari, yang dimulai dari *shift* 1 jam 23.00-07.00 WIB, *shift* 2 jam 07.00-15.00 WIB, dan *shift* 3 jam 15.00-23.00. Distribusi waktu jam kerja PT. Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jam Kerja Perusahaan

Shift	Jam Kerja	Istirahat	Jumlah Jam Kerja	Keterangan
1	23.00 – 07.00	04.00 – 05.00	7 Jam	Kerja Normal
2	07.00 – 15.00	12.00 – 13.00	7 Jam	Kerja Normal
3	15.00 – 23.00	18.00 – 19.00	7 Jam	Kerja Normal

2. Jam Kerja Alat

Efisiensi kerja merupakan persentase perbandingan waktu kerja efektif dengan waktu kerja tersedia. Distribusi data waktu kerja dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jam Kerja Alat

No.	Jenis Alat	W	S	R
1	Excavator PC400	2.102,44	2.654,07	451,49
2	Dump Truck Hino 500	4.453,39	2.569,24	650,11
3	Bulldozer D85SS	1.554,50	1.132,43	289,96

3. Jenis Alat

a. Alat Gali Muat

Alat gali muat yang digunakan untuk kegiatan penggalian dan pemuatan batubara di PT. Bukit Asam, Tbk ada 2 jenis, yaitu: *Excavator Komatsu PC400LC-7* dan *Bucket Wheel Excavator 205*.

b. Alat Angkut

PT. Bukit Asam, Tbk mempunyai 2 jenis alat angkut, yaitu *Dump Truck Hino 500 FM 260Ti* dan *belt conveyor* digunakan untuk memindahkan batubara.

c. Alat Dorong

Alat dorong yang digunakan untuk mendorong material batubara masuk ke *dump hopper* adalah *Bulldozer Komatsu D85ESS-2A*.

4. Cycle Time Alat

a. Cycle Time Alat Gali Muat

Waktu edar alat gali muat untuk *fleet 1* dan *fleet 2* di Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Cycle time Excavator Fleet 1

Gali (detik)	Swing Isi (detik)	Tumpah (detik)	Swing Kosong (detik)	Cycle Time (detik)
12,41	4,93	4,15	3,87	25,35

Tabel 4. Cycle Time Excavator Fleet 2

Gali (detik)	Swing Isi (detik)	Tumpah (detik)	Swing Kosong (detik)	Cycle Time (detik)
12,31	4,82	4,01	3,82	24,97

Tabel 5. Cycle Time Bucket Wheel Excavator

Rotasi 1 (detik)	Rotasi 2 (detik)	Rotasi 3 (detik)	Cycle Time (detik)
11,00	10,59	11,16	10,92

b. Cycle Time Alat Angkut

Waktu edar alat angkut untuk *fleet 1* dan *fleet 2* di Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Cycle Time Dump Truck Fleet 1

Manuver1 (detik)	Loading (detik)	H1+M2+D+H2 (detik)	Cycle Time (detik)
16,73	316,60	1529,44	1862,77

Tabel 7. Cycle Time Dump Truck Fleet 2

Manuver 1 (detik)	Loading (detik)	H1+M2+D+H2 (detik)	Cycle Time (detik)
16,53	212,50	1072,30	1301,33

c. Cycle Time Alat Dorong

Waktu edar alat dorong di Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Cycle Time Bulldozer

Dorong (detik)	Tetap (detik)	Mundur (detik)	Cycle Time (detik)
40,15	1,00	33,70	74,85

5. Kecepatan Belt Conveyor

Kecepatan *belt conveyor* didapat dari hasil bagi panjang *belt conveyor* dengan waktu perpindahan material batubara dari pangkal sampai ujung *belt conveyor*. Kecepatan *belt conveyor* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kecepatan Belt Conveyor

Conveyor Excavating (meter/menit)	Conveyor Shunting (meter/menit)	Conveyor Coal (meter/menit)
288	288	288

6. Harga Alat

Bucket wheel excavator dan *belt conveyor* yang digunakan untuk kegiatan penggalian dan kegiatan pengangkutan batubara merupakan alat milik PT. Bukit Asam, Tbk sendiri. Harga alat *bucket wheel excavator* dan *belt conveyor* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Harga Alat

Jenis	Tipe	Harga Alat (US\$)	Harga Alat (Rp)
Excavator	PC400LC-2	701.922	9.418.389.396
Dump Truck	500 FM 260Ti	73.099	980.842.382
Bulldozer	D85 ESS-2A	150.499	2.019.395.582
BWE	Sch. RS800	5.046.699	67.716.607.182
Conveyor	Conveyor System	499.422	6.701.244.396

7. Biaya Sewa Alat

Alat gali muat, alat angkut, dan alat dorong yang digunakan untuk proses penggalian dan pengangkutan batubara merupakan alat milik PT. Pama Persada Nusantara selaku kontraktor utama PT. Bukit Asam, Tbk dengan sistem sewa alat. Biaya sewa alat untuk alat gali muat, alat angkut, dan alat dorong dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Harga Sewa Dump Truck

Jarak Angkut (Meter)	Tarif Biaya Per Ton (Rupiah / Ton)
40 - 125	6.250
126 - 375	6.600
376 - 625	6.950
626 - 875	7.300
876 - 1.125	7.650
1.126 - 1.375	8.000
1.376 - 1.625	8.350
1.626 - 1.875	8.700
1.876 - 2.125	9.050
2.126 - 2.375	9.400
2.376 - 2.625	9.750
2.626 - 2.875	10.100
2.876 - 3.125	10.450
3.126 - 3.375	10.800
3.376 - 3.625	11.150
3.626 - 3.875	11.500

Tabel 12. Harga Sewa Excavator dan Bulldozer

NO	Unit	Tarif Dasar Per Jam
		Rupiah (Rp)
1	Excavator Komatsu PC400LC-7	1.100.000
2	Bulldozer Komatsu D85ESS-2A	9.000.000

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pengolahan Data Aktual

1. Produktivitas Excavator Fleet 1

$$\begin{aligned}
 Q &= (2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 3600 \times 0,4) / 25,35 \text{ detik} \\
 &= 3484,8 \text{ m}^3 / 25,35 \text{ detik} \\
 &= 137,46 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 Q' &= Q \times \text{Density} \\
 &= 137,46 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
 &= 155,32 \text{ ton}/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2. Produktivitas Excavator Fleet 2

$$\begin{aligned}
 Q &= (2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 3600 \times 0,4) / 24,97 \text{ detik} \\
 &= 3484,8 \text{ m}^3 / 24,97 \text{ detik} \\
 &= 139,55 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 Q' &= Q \times \text{Density} \\
 &= 139,55 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
 &= 157,69 \text{ ton}/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Produktivitas Bucket Wheel Excavator

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eff}} &= 60 \times 0,8 \text{ m}^3 \times 78 \times 0,75 \times 0,76 \times 0,51 \times 0,75 \\
 &= 816,28 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 Q_{\text{eff}}' &= Q_{\text{eff}} \times \text{Density} \\
 &= 816,28 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
 &= 922,39 \text{ ton}/\text{jam}
 \end{aligned}$$

4. Produktivitas Dump Truck Fleet 1

$$\begin{aligned}
 P &= (12 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 60 \times 0,58 \times 5) / 31,05 \text{mnt} \\
 &= 5052,96 \text{ m}^3 / 31,05 \text{ menit} \\
 &= 162,73 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P' &= P \times \text{Density} \\
 &= 162,73 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
 &= 183,88 \text{ ton}/\text{jam} \rightarrow 5 \text{ unit} \\
 &= 36,77 \text{ ton}/\text{jam} \rightarrow 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

5. Produktivitas Dump Truck Fleet 2

$$\begin{aligned}
 P &= (12 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 60 \times 0,58 \times 5) / 21,69 \text{mnt} \\
 &= 5052,96 \text{ m}^3 / 21,69 \text{ menit} \\
 &= 232,96 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P' &= P \times \text{Density} \\
 &= 232,96 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \\
 &= 263,24 \text{ ton}/\text{jam} \rightarrow 5 \text{ unit} \\
 &= 52,64 \text{ ton}/\text{jam} \rightarrow 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

6. Produktivitas Belt Conveyor

$$\begin{aligned}
 Q_t &= (60 \times 0,15 \text{ m}^2 \times 288 \text{ m}/\text{mnt} \times 1,13 \text{ ton}/\text{m}^3 \times 0,56) \\
 &= 1640,21 \text{ ton}/\text{jam}
 \end{aligned}$$

7. Efisien Kerja Excavator

a. Ketersediaan Mekanis (Mechanical Availability)

$$\begin{aligned}
 MA &= \frac{W}{W+R} \times 100\% \\
 &= \frac{2.102,44}{2.102,44 + 451,49} \times 100\% \\
 &= 83,32\%
 \end{aligned}$$

b. Ketersediaan Fisik (Physical Availability)

$$\begin{aligned}
 PA &= \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \\
 &= \frac{2.102,44 + 451,49}{2.102,44 + 451,49 + 2.654,07} \times 100\% \\
 &= 91,33\%
 \end{aligned}$$

c. Ketersediaan Penggunaan (Use of Availability)

$$\begin{aligned}
 UA &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\
 &= \frac{2.102,44}{2.102,44 + 451,49} \times 100\% \\
 &= 44,20\%
 \end{aligned}$$

d. Efisien Kerja (Effective Utilization)

$$\begin{aligned}
 EU_t &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\
 &= \frac{2.102,44}{2.102,44 + 451,49 + 2.654,0} \times 100\% \\
 &= 40,37\%
 \end{aligned}$$

8. Efisiensi Kerja Dump Truck

a. Ketersediaan Mekanis (Mechanical Availability)

$$\begin{aligned}
 MA &= \frac{W}{W+R} \times 100\% \\
 &= \frac{4.453,39}{4.453,39 + 650,11} \times 100\% \\
 &= 87,26\%
 \end{aligned}$$

b. Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

$$\begin{aligned} PA &= \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{4.453,39 + 650,11}{4.453,39 + 650,11 + 2.569,24} \times 100\% \\ &= 91,53\% \end{aligned}$$

c. Ketersediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

$$\begin{aligned} UA &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\ &= \frac{4.453,39}{4.453,39 + 2.569,24} \times 100\% \\ &= 63,41\% \end{aligned}$$

d. Efisien Kerja (*Effective Utilization*)

$$\begin{aligned} EUt &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{4.453,39}{4.453,39 + 650,11 + 2.569,24} \times 100\% \\ &= 58,04\% \end{aligned}$$

9. Efisiensi Kerja *Bulldozer*

a. Ketersediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

$$\begin{aligned} MA &= \frac{W}{W+R} \times 100\% \\ &= \frac{1.554,50}{1.554,50 + 289,96} \times 100\% \\ &= 84,28\% \end{aligned}$$

b. Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

$$\begin{aligned} PA &= \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{1.554,50 + 1.132,43}{1.554,50 + 289,96 + 1.132,43} \times 100\% \\ &= 90,26\% \end{aligned}$$

c. Ketersediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

$$\begin{aligned} UA &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\ &= \frac{1.554,50}{1.554,50 + 1.132,43} \times 100\% \\ &= 57,85\% \end{aligned}$$

d. Efisien Kerja (*Effective Utilization*)

$$\begin{aligned} EUt &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{1.554,50}{1.554,50 + 289,96 + 1.132,43} \times 100\% \\ &= 52,22\% \end{aligned}$$

10. Match Factor

a. Match Factor Fleet 1

$$\begin{aligned} MF &= (n \times nH \times cL)/(nL \times cH) \\ MF &= (12 \times 5 \times 25,35)/(1 \times 1862,77) \\ MF &= 1521/1862,77 \\ MF &= 0,81 \end{aligned}$$

MF < 1, dimana alat angkut bekerja penuh sedangkan alat muat mempunyai waktu tunggu yang berarti alat angkut yang bekerja kurang optimal.

b. Match Factor Fleet 2

$$\begin{aligned} MF &= (n \times nH \times cL)/(nL \times cH) \\ MF &= (12 \times 5 \times 24,97)/(1 \times 1301,33) \\ MF &= 1498,20/1301,33 \\ MF &= 1,15 \end{aligned}$$

MF > 1, dimana alat angkut bekerja dengan optimal dan alat muat mempunyai waktu tunggu yang berarti alat muat bekerja kurang optimal.

11. Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan *Dump Truck*

a. Biaya Operasional *Excavator Fleet 1*

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya sewa excavator fleet 1: produktivitas excavator fleet 1} \\ &= \text{Rp. 1.100.000/jam : 155,32 ton/jam} \\ &= \text{Rp. 7.082/ton} \end{aligned}$$

b. Biaya Operasional *Dump Truck Fleet 1*

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya sewa dump truck fleet 1} \\ &= \text{Rp. 10.800/ton} \end{aligned}$$

c. Biaya Pengangkutan Aktual

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya operasional excavator} + \text{biaya operasional dump truck} \\ &= \text{Rp. 7.082/ton} + \text{Rp. 10.800/ton} \\ &= \text{Rp. 17.882/ton} \end{aligned}$$

12. Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan *Dump Truck* dan *Belt Conveyor*

a. Biaya Operasional *Excavator Fleet 2*

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya sewa excavator fleet 2 : produktivitas excavator fleet 2} \\ &= \text{Rp. 1.100.000/jam : 157,69 ton/jam} \\ &= \text{Rp. 6.975/ton} \end{aligned}$$

b. Biaya Operasional *Dump Truck Fleet 2*

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya sewa dump truck fleet 2} \\ &= \text{Rp. 8.000/ton} \end{aligned}$$

c. Biaya Operasional *Bucket Wheel Excavator*

$$\begin{aligned} &= \text{OOC bucket wheel excavator : produktivitas bucket wheel excavator} \\ &= \text{Rp. 1.255.983/jam : 922,39 ton/jam} \\ &= \text{Rp. 1.361/ton} \end{aligned}$$

d. Biaya Operasional *Belt Conveyor*

$$\begin{aligned} &= \text{OOC belt conveyor : produktivitas belt conveyor} \\ &= \text{Rp. 234.840/jam : 6.342,15 ton/jam} \\ &= \text{Rp. 37/ton} \end{aligned}$$

- e. Biaya Operasional *Bulldozer*
 = Biaya sewa *bulldozer* : produktivitas *bulldozer*
 = Rp. 900.000/jam : 124 ton/jam
 = Rp. 7.258/ton

- f. Biaya Pengangkutan Aktual
 = Biaya operasional *excavator* + biaya operasional *dump truck* + biaya operasional *bucket wheel excavator* + biaya operasional *belt conveyor* + biaya operasional *bulldozer*
 = Rp. 6.975/ton + Rp. 8.000/ton + Rp. 1.361/ton + Rp. 37/ton + Rp. 7.258/ton
 = Rp. 23.631/ton

4.2.2 Pengolahan Data Optimasi

1. Produktivitas *Excavator Fleet 1*

$$Q = (2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 3600 \times 0,75) / 25,35 \text{ detik}$$

$$= 6534 \text{ m}^3 / 25,35 \text{ detik}$$

$$= 257,75 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q' = Q \times \text{Density}$$

$$= 257,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton/m}^3$$

$$= 291,25 \text{ ton/jam}$$

2. Produktivitas *Excavator Fleet 2*

$$Q = (2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 3600 \times 0,75) / 24,97 \text{ detik}$$

$$= 6534 \text{ m}^3 / 24,97 \text{ detik}$$

$$= 261,67 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q' = Q \times \text{Density}$$

$$= 261,67 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton/m}^3$$

$$= 295,68 \text{ ton/jam}$$

3. Produktivitas *Bucket Wheel Excavator*

$$Q_{\text{eff}} = 60 \times 0,8 \text{ m}^3 \times 78 \times 0,75 \times 0,76 \times 0,75 \times 0,75$$

$$= 1200,42 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{\text{eff}}' = Q_{\text{eff}} \times \text{Density}$$

$$= 1200,42 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton/m}^3$$

$$= 1356,47 \text{ ton/jam}$$

4. Produktivitas *Dump Truck Fleet 1*

$$P = (12 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 60 \times 0,8 \times 6) / 31,05 \text{ mnt}$$

$$= 8363,52 \text{ m}^3 / 31,05 \text{ menit}$$

$$= 269,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P' = P \times \text{Density}$$

$$= 269,35 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton/m}^3$$

$$= 304,36 \text{ ton/jam} \rightarrow 6 \text{ unit}$$

$$= 50,72 \text{ ton/jam} \rightarrow 1 \text{ unit}$$

5. Produktivitas *Dump Truck Fleet 2*

$$P = (12 \times 2,2 \text{ m}^3 \times 1,1 \times 60 \times 0,8 \times 4) / 21,69 \text{ mnt}$$

$$= 5575,68 \text{ m}^3 / 21,69 \text{ menit}$$

$$= 257 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P' = P \times \text{Density}$$

$$= 257 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,13 \text{ ton/m}^3$$

$$= 290,41 \text{ ton/jam} \rightarrow 4 \text{ unit}$$

$$= 72,60 \text{ ton/jam} \rightarrow 1 \text{ unit}$$

6. Produktivitas *Belt Conveyor*

$$Q_t = (60 \times 0,15 \text{ m}^2 \times 330 \text{ m/mnt} \times 1,13 \text{ ton/m}^3 \times 0,56)$$

$$= 1879,41 \text{ ton/jam}$$

7. Match Factor

a. Match Factor Fleet 1

$$MF = (n \times n_H \times c_L) / (n_L \times c_H)$$

$$MF = (12 \times 6 \times 25,35) / (1 \times 1862,77)$$

$$MF = 1825,2 / 1862,77$$

$$MF = 0,98 \sim 1$$

b. Match Factor Fleet 2

$$MF = (n \times n_H \times c_L) / (n_L \times c_H)$$

$$MF = (12 \times 4 \times 24,97) / (1 \times 1301,33)$$

$$MF = 1198,56 / 1301,33$$

$$MF = 0,92 \sim 1$$

8. Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan *Dump Truck*

a. Biaya Operasional *Excavator Fleet 1*

$$= \text{Biaya sewa excavator fleet 1} : \text{produktivitas excavator fleet 1}$$

$$= \text{Rp. 1.100.000/jam} : 291,25 \text{ ton/jam}$$

$$= \text{Rp. 3.776/ton}$$

b. Biaya Operasional *Dump Truck Fleet 1*

$$= \text{Biaya sewa dump truck fleet 1}$$

$$= \text{Rp. 10.800/ton}$$

c. Biaya Pengangkutan Aktual

$$= \text{Biaya operasional excavator} + \text{biaya operasional dump truck}$$

$$= \text{Rp. 3.776/ton} + \text{Rp. 10.800/ton}$$

$$= \text{Rp. 14.576/ton}$$

9. Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan *Dump Truck* dan *Belt Conveyor*

a. Biaya Operasional *Excavator Fleet 2*

$$= \text{Biaya sewa excavator fleet 2} : \text{produktivitas excavator fleet 2}$$

$$= \text{Rp. 1.100.000/jam} : 295,68 \text{ ton/jam}$$

$$= \text{Rp. 3.720/ton}$$

b. Biaya Operasional *Dump Truck Fleet 2*

$$= \text{Biaya sewa dump truck fleet 2}$$

$$= \text{Rp. 8.000/ton}$$

c. Biaya Operasional *Bucket Wheel Excavator*

$$= \text{OOC bucket wheel excavator} : \text{produktivitas bucket wheel excavator}$$

$$= \text{Rp. 1.255.983/jam} : 1356,47 \text{ ton/jam}$$

$$= \text{Rp. 925/ton}$$

- d. Biaya Operasional *Belt Conveyor*
 = OOC *belt conveyor* : produktivitas *belt conveyor*
 = Rp. 234.840/jam : 7.267,06 ton/jam
 = Rp. 32/ton
- e. Biaya Operasional *Bulldozer*
 = Biaya sewa *bulldozer* : produktivitas *bulldozer*
 = Rp. 900.000/jam : 178,99 ton/jam
 = Rp. 5.028/ton
- f. Biaya Pengangkutan Aktual
 = Biaya operasional *excavator* + biaya operasional *dump truck* + biaya operasional *bucket wheel excavator* + biaya operasional *belt conveyor* + biaya operasional *bulldozer*
 = Rp. 3.720/ton + Rp. 8.000/ton + Rp. 925/ton + Rp. 32/ton + Rp. 5.028/ton
 = Rp. 17.705/ton

4.3 Hasil

Dari pengolahan data di atas maka didapat hasil sebagai berikut:

1. Kegiatan penggalian dan pemuatan batubara pada Tambang Muara Tiga Besar Utara menggunakan dua jenis alat gali muat, yaitu *excavator* Komatsu PC400LC-7 dan *bucket wheel excavator* 205. Produktivitas aktual *excavator* Komatsu PC400LC-7 pada *fleet* 1 adalah 155,32 ton/jam dan pada *fleet* 2 adalah 157,69 ton/jam. Sedangkan produktivitas aktual *bucket wheel excavator* adalah 922,39 ton/jam.
2. Kegiatan pengangkutan batubara pada Tambang Muara Tiga Besar Utara menggunakan dua jenis alat angkut, yaitu *dump truck* Hino 500 FM 260Ti dan *belt conveyor*. Produktivitas aktual *dump truck* Hino 500 FM 260Ti pada *fleet* 1 adalah 36,77 ton/jam dan pada *fleet* 2 adalah 52,64 ton/jam. Produktivitas aktual untuk *belt conveyor shunting* adalah 1640,21 ton/jam.
3. Efisien kerja aktual dari *excavator* Komatsu PC400LC-7 adalah 40,37%, *dump truck* Hino 500 FM 260Ti adalah 58,04%, dan *bulldozer* Komatsu D85ESS-2A adalah 52,22%.
4. Biaya aktual pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* adalah Rp. 17.882/ton, sedangkan biaya pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor* adalah Rp. 23.631/ton.
5. Selisih biaya pengangkutan aktual batubara antara *fleet* 1 dan *fleet* 2 adalah sebesar Rp. 5.749/ton.
6. Produktivitas ideal *excavator* Komatsu PC400LC-7 pada *fleet* 1 adalah 291,25 ton/jam dan pada *fleet* 2 adalah 295,68 ton/jam. Produktivitas ideal *bucket wheel excavator* adalah 1356,47 ton/jam.
7. Produktivitas ideal *dump truck* Hino 500 FM 260 Ti pada *fleet* 1 adalah 50,72 ton/jam dan pada *fleet* 2

adalah 72,60 ton/jam. Produktivitas ideal *belt conveyor* adalah 1879,41 ton/jam.

8. Biaya ideal pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* adalah Rp. Rp. 14.576/ton, sedangkan biaya pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor* adalah Rp. 17.705/ton.
9. Selisih biaya pengangkutan ideal batubara antara *fleet* 1 dan *fleet* 2 adalah sebesar Rp. 3.129/ton
10. Biaya pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor* dikarenakan, kombinasi alat yang digunakan lebih sedikit sehingga biaya yang harus dikeluarkan lebih minim.

4.4 Pembahasan

Kegiatan penggalian dan pemuatan material batubara pada Penambangan Muara Tiga Besar Utara menggunakan dua jenis alat gali muat yaitu *excavator* Komatsu PC400LC-7 dan *bucket wheel excavator*. Pada kegiatan pengangkutan material batubara alat angkut yang digunakan juga dua jenis yaitu *dump truck* Hino 500 FM 260Ti dan *belt conveyor*. Untuk mendorong material batubara ke dalam *dump hopper* di *temporary stockpile* digunakan alat dorong yaitu *bulldozer* Komatsu D85ESS-2A. Dari hasil pengolahan data didapat efisiensi kerja dari alat berat yang cukup rendah, sehingga berpengaruh terhadap turunnya produktivitas alat dan naiknya biaya pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile*. Beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat dan biaya pengangkutan batubara diantaranya:

1. Efisiensi Kerja
 Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pengolahan data yang telah dilakukan, hal yang mengakibatkan kurangnya kemampuan produksi per jam dari alat muat dan alat angkut adalah efisiensi kerja. Dimana untuk efisiensi kerja *excavator* Komatsu PC400 adalah 40,37%, efisiensi kerja *dump truck* Hino 500 FM 260Ti adalah 58,04%, efisiensi kerja *bucket wheel excavator* adalah 51%, dan efisiensi kerja *bulldozer* D85SS adalah 52%. Sedangkan efisiensi kerja rata-rata seharusnya untuk *excavator*, *bucket wheel excavator*, *bulldozer* adalah 75% dan untuk *dump truck* adalah 80%. Perlu adanya peninjauan kembali baik dari segi mekanis alat dan segi teknis di lapangan, agar waktu efektif yang dapat digunakan untuk bekerja bertambah sehingga efisiensi kerja aktual di lapangan dapat mendekati nilai efisiensi kerja rata-rata menurut teoritis.
2. *Match Factor*
 Keserasian kerja juga mejadi faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, dimana keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut haruslah seimbang agar produktivitas yang didapat optimal. Berdasarkan pengamatan dilapangan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut pada *fleet* 1

sebesar 0,81 dimana alat angkut bekerja dengan optimal dan terdapat waktu tunggu pada alat gali muat, sedangkan keserasian kerja pada *fleet 2* sebesar 1,15 dimana alat gali muat bekerja dengan optimal dan terdapat waktu tunggu pada alat angkut. Perlu adanya peninjauan kembali terhadap jumlah kombinasi antara alat gali muat dengan alat angkut agar keserasian kerjanya mendekati 1,0 sehingga kedua alat dapat bekerja optimal.

3. Umur Alat

Faktor umur alat juga salah satu yang menjadi pengaruh besar terhadap nilai produktivitas, dimana dari hasil pengamatan di lapangan ditemukan bahwa pemakaian *bucket wheel excavator* telah melewati batas pemakaian umur alat. Dimana yang seharusnya batas pemakaiannya adalah 30 tahun, tetapi yang penulis temui di lapangan umur dari *bucket wheel excavator* yang dioperasikan sudah 35 tahun, hal tersebut berpengaruh terhadap efisiensi kerja dari alat tersebut karena banyaknya waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan alat.

4. Kecepatan *Belt Conveyor*

Kecepatan *belt conveyor* pada pengamatan di lapangan adalah 4,8 m/detik atau 288 m/menit, dimana secara teoritis kecepatan *belt conveyor* ideal adalah 5,5 m/deti atau 330 m/menit. Perlu adanya peninjauan mengenai kontrol operator *belt conveyor* agar nilai produktivitas yang dihasilkan optimal.

Beberapa faktor di atas menjadi penyebab kurang optimalnya kinerja dari alat berat yang berpengaruh pada nilai produktivitas alat. Perlu evaluasi dan kontrol yang terarah untuk memperbaiki efisiensi kerja alat untuk mendapatkan produktivitas yang optimal.

Dari hasil pengolahan data biaya pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* didapatkan bahwa lebih ekonomis menggunakan *dump truck* saja dari pada menggunakan kombinasi *dump truck* dan *belt conveyor*. Ditinjau dari jarak pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* sepanjang 3.100 meter lebih pendek dibandingkan dengan jarak pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor* sepanjang 3.800 meter. Dari segi kombinasi alat yang digunakan juga lebih sedikit, dimana makin sedikit alat yang digunakan maka biaya operasi yang dikeluarkan lebih rendah. Selain itu biaya perbaikan alat juga menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap biaya pengangkutan, dimana untuk *bucket wheel excavator* sering dilakukan perawatan dikarenakan faktor alat yang sudah tua sehingga perlu perawatan yang lebih dari pada alat berat lainnya. Dari segi mobilitas pengangkutan, dimana pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* mobilitasnya lebih lancar dikarenakan mekanismenya langsung dari *front* penambangan ke *temporary stockpile*, sedangkan pengangkutan batubara menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor* untuk mobilitas pengangkutannya melalui beberapa mekanisme yaitu pertama menggunakan *dump truck* dari *front* penambangan ke umpan *bucket wheel*

excavator, diteruskan dengan *belt conveyor* menuju *temporary stockpile* dan batubara didorong menggunakan *bulldozer* untuk masuk ke *dump hopper* pada *temporary stockpile*, ini menyebabkan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali pengangkutan lebih lama sehingga produktivitas alat tidak optimal. Perlu evaluasi lebih lanjut mengenai kombinasi alat yang digunakan untuk pengangkutan batubara dan penggantian alat berat yang sudah tidak efisien dikarenakan umur alat yang sudah tua.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Produktivitas aktual *dump truck* Hino 500 FM 260Ti pada proses pengangkutan batubara dari *front* penambangan menuju *temporary stockpile* adalah 36,77 ton/jam dan menuju umpan *bucket wheel excavating* adalah 52,64 ton/jam.
2. Produktivitas aktual *belt conveyor* pada proses pengangkutan batubara dari *front* penambangan menuju *temporary stockpile* adalah 1640,21.
3. Produktivitas ideal *dump truck* Hino 500 FM 260Ti pada proses pengangkutan batubara dari *front* penambangan menuju *temporary stockpile* adalah 50,72 ton/jam dan menuju umpan *bucket wheel excavating* adalah 72,60 ton/jam.
4. Produktivitas ideal *belt conveyor* pada proses pengangkutan batubara dari *front* penambangan menuju *temporary stockpile* adalah 1879,41 ton/jam.
5. Biaya aktual pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* Hino 500 FM 260Ti adalah Rp. 17.882/ton
6. Biaya aktual pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* Hino 500 FM 260Ti dan *belt conveyor* adalah Rp.23.631/ton
7. Biaya ideal pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* adalah Rp.14.576/ton
8. Biaya ideal pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* menggunakan *dump truck* Hino 500 FM 260Ti dan *belt conveyor* adalah Rp.17.705/ton
9. Sistem pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* yang paling ekonomis adalah dengan menggunakan *dump truck*, dimana biaya pengangkutannya lebih hemat sebesar Rp. 3.129/ton daripada menggunakan *dump truck* dan *belt conveyor*. Dikarenakan kombinasi alat yang digunakan lebih sedikit sehingga biaya yang dikeluarkan juga minim.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dalam tulisan ini sebagai berikut:

1. Perlu adanya evaluasi terhadap jam kerja efektif alat agar *job efficiency* alat angkut (*dump truck* dan *belt conveyor*) pada *fleet 1* dan *fleet 2* Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk lebih baik, sehingga produktivitas alat yang dihasilkan lebih optimal.
2. Perlu adanya evaluasi ulang untuk mempertimbangkan kombinasi alat yang digunakan untuk proses pengangkutan batubara dari *front* penambangan ke *temporary stockpile* pada *fleet 1* dan *fleet 2* Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam, Tbk, agar biaya yang dikeluarkan dapat seekonomis mungkin dengan hasil produksi yang lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Sugiyono. *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. (2001).
- [2] Suryana. *Metode Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Bandung: Sinar Baru. (2001)
- [3] Hasan, Iqbal. *Data Penelitian dengan Statistik*. Jakarta : Bumi Aksara. (2006).
- [4] Prodjosumarto, Partanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. (1996).
- [5] Anonim. 2009. *Specification & Application Handbook Komatsu Edition 30*. Japan: Komatsu
- [6] Anonim. *Belt Conveyor Design Manual*. Japan: Bridgestone Tire Co. Ltd. (2006).
- [7] Yansir, Nani. *Teknologi Pertambangan Continuous Mining*. Tanjung Enim: PT. Bukit Asam, (Persero), Tbk. (2011).
- [8] Arief, M. Zaini. *Kajian Teknis Belt Conveyor dan Bulldozer dalam Upaya Memenuhi Target Produksi Barging pada PT. Arutmin Indonesia Site Asamasam*. *Jurnal HIMASAPTA*. Hlm. 49-54. 2, 3 (2017).
- [9] Fauzi, Ahmad Pohan. *Efisiensi Alat Muat dan Alat Angkut untuk Pengupasan Overburden Pada Site A di PT. Samantaka Batubara Desa Pauh Ranap Kecamatan Peranap Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau*. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Hlm. 1-5. 17, 1 (2017).
- [10] Hadi, Eko Rahmad. *Kajian Teknis Alat Muat dan Alat Angkut untuk Mengoptimalkan Produksi Pengupasan Lapisan Tanah Penutup di Pit Uw PT. Borneo Alam Semesta Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan*. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. Hlm. 80-85. 1, 1 (2015).
- [11] Hambali. *Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi pada PT Pama Persada Nusantara Distrik KCMB*. *Jurnal HIMASAPTA*. Hlm. 6-13. 2, 1 (2017).
- [12] Hidayat, Wisma. *Evaluasi Waktu Kerja Efektif Alat Gali Muat Dalam Rangka Meningkatkan Pendapatan dari Harga Penjualan Batubara Pada PT. Britmino Site Bakuan, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Kalimantan Timur*. *Jurnal Bina Tambang*. Hlm. 1-15. (2018).
- [13] Mirzha, Prismark Dhonald. *Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Alat Angkut RDT Terex TR60 dengan RDT Euclid R60 pada Penambangan Overburden di Pit E Utara PT. Karbindo Abesyapradhi*. *Jurnal Bina Tambang*. Hlm. 1-15. (2014).
- [14] Permana, Genta Dwi. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan Overburden Penambangan Batubara PT. Citra Tobindo Sukses Perkasa Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. Hlm. 61-68. 1,2 (2016).
- [15] Pramono, Tito Permato. *Analisis Kinerja Penggalian Bucket Wheel Excavator (BWE) dalam Upaya Pencapaian Target Produksi Overburden di PT. Bukit Asam (Persero), Tbk UPTE Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan*. *Jurnal Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung*. (2016).
- [16] Setiawati, Dwi Novi. *Analisis Produktivitas Alat Berat pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV di Cilegon*. *Jurnal Kontruksia*. Hlm. 91-103. (2013).
- [17] Subhan, Hariz. *Analisa Kemampuan Kerja alat angkut untuk Mencapai Target Produksi Overburden 240.000 BCM per Bulan di Site Project Darmo PT. Ulina Nitra Tanjung Enim Sumatera Selatan*. *Jurnal Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya*. (2013).