

Optimalisasi Kerja Alat Dengan Sistem Antrian Satu Setengah Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja, Dan Mengoptimalkan Produksi Pada Pengupasan *Overburden* Di *Pit Central Jobsite* Adaro Indonesia PT. Saptaindra Sejati

Andhika Hidayat*, Murad**

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*andhikahidayat77@gmail.com

**muradms@ft.unp.ac.id

Abstract. In the year of 2018, PT. Saptaindra Sejati has not been able to reach the overburden production target set by PT. Adaro Indonesia for the Pit Central is 45,000.00 m³, while the actual production achieved is 43,477,658 m³. In mining activities at PT. Saptaindra Sejati often occurs in the queue of transportation equipment and sometimes the digging tool is waiting. This is caused by an irregular device circulation system. In order to deal with the possibility of a queue of transportation equipment, the method of queuing for transportation is better than now, namely by the one and a half queue method. The one queue method is as applied as possible so that the hanging tool loading time when the spotting time is zero, so that work efficiency and productivity can be increased and production costs can be streamlined. The working efficiency of the loading digger after the application of the one and a half queuing method has increased by 4.6%, while the working efficiency of the conveyance has increased by 0.5%. Productivity of the digging tool at the Pit Central after the application of the one and a half queue method has increased from 2,950.38 m³/ hour to 3,282.24 m³/ hour, while the transportation equipment productivity has increased from 2,622.21 m³/ hour to 2,990.72 m³/ hour. To achieve harmony in the workings of the tool after optimization, it is necessary to increase the number of transport equipment. The production costs at the Pit Central for stripping overburden from the 4000 class loading tool have a profit of \$ 0.396 / m³ after the application of the one and a half queue method.

Keywords: one and a half queuing method, work efficiency, productivity, production optimization, production costs

1. Pendahuluan

PT. Saptaindra Sejati (SIS) saat ini dikenal sebagai perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan. Salah satu proyeknya adalah di PT. Adaro Indonesia yang terbagi menjadi tiga Pit yaitu; Central, North West, dan Wara. Berdasarkan data dari perusahaan target produksi *overburden Pit North West* pada tahun 2018 adalah 42.500.00 m³, sedangkan produksi aktual yang tercapai pada tahun 2018 adalah sebesar 37.582.158 m³. Pada saat hujan kegiatan penambangan tidak bisa dilakukan. Selain kondisi cuaca yang kurang baik, keserasian kerja alat, ketersediaan alat (*physical availability*), efisiensi kerja (*match factor*) dan geometri jalan juga menjadi faktor tidak tercapainya produksi.

Namun pada operasi penambangan *overburden* seringkali terjadi antrian alat angkut dan waktu tunggu pada alat gali muat. Antrian biasanya terdiri dari 1 alat angkut ataupun lebih, kondisi ini terjadi bukan karena

keserasian kerja alat atau *match factor* (MF) yang belum baik, namun disebabkan oleh beberapa faktor seperti: jadwal pengisian *fuel* alat angkut yang berbeda-beda, kecepatan alat angkut yang berbeda-beda, hambatan di jalan angkut dan faktor manusia (operator). Sehingga alat angkut yang awalnya berangkat satu per satu dari *loading point* bisa kembali bersamaan dengan alat angkut lainnya ke *loading point* yang sama dan menyebabkan terjadinya antrian. Peredaran alat angkut yang kurang teratur tersebut juga bisa menyebabkan terjadinya waktu tunggu pada alat gali muat.

Untuk menghadapi kemungkinan terjadinya antrian alat angkut, maka dibuat metode antrian yang lebih baik dari yang sekarang ini, yaitu metode antrian satu setengah.

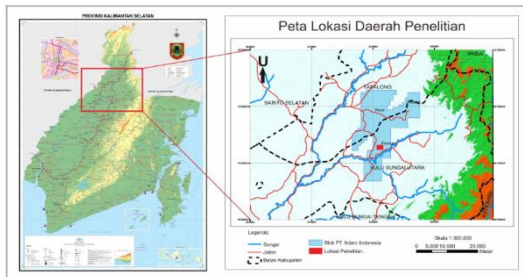
2. Lokasi Penelitian

2.1 Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Adaro Indonesia secara administratif terletak di Provinsi Kalimantan Selatan yang berada di Kabupaten Tabalong, Kecamatan Murung Pudak. Untuk daerah pengolahan, pemasaran atau pengapalan batubara terletak di Desa Kelanis Kecamatan Dusun Hilir/mangkatip.

Jalan untuk pengangkutan batubara dari lokasi ROM area tambang ke pengapalan di kelanis (*Haul Road*) yang dibuat oleh PT. Adaro Indonesia dengan kondisi jalan beraspal dengan lebar 16 meter sepanjang 85 KM ke arah Barat. Hasil dari pengolahan ditimbun dalam *stockpile* (kelanis 1 dan kelanis 3) selanjutnya dilakukan pengangkutan lewat jalur sungai Barito dengan menggunakan tongkang berkapasitas 8000 ton sampai 13.000 ton yang ditarik dengan *tug boat*. Daerah operasional PT. Adaro Indonesia secara astronomis berada pada $115^{\circ}33'30''$ sampai dengan $115^{\circ}36'10''$ Bujur Timur serta antara $2^{\circ}7'30''$ sampai dengan $2^{\circ}25'30''$ Lintang Selatan.

peta lokasi daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

2.2 Keadaan Topografi

Keadaan topografi di daerah tambang PT. Adaro Indonesia adalah mendatar dari ketinggian 30 meter di atas permukaan laut dan kondisi berawa sedangkan daerah perbukitannya setinggi 200 meter dan dialiri banyak sungai-sungai kecil. Pada daerah yang lebih rendah dipenuhi oleh sawah, perkebunan karet, perkebunan sawit, dan padang rumput, sedangkan daerah perbukitannya berupa kawasan hutan.

Bukit tutupan dengan panjang sekitar 20 km tersebar dari Timur Laut ke Barat Daya. Bukit ini dibentuk oleh adanya pergerakan dua struktur sesar itu adalah struktur sesar Dahai tersebar sepanjang bagian Barat kaki bukit Tutupan, yang awalnya ada di Desa Buliak di Selatan dan terus berlanjut sampai Timur Laut diluar area kontrak PT. Adaro Indonesia.

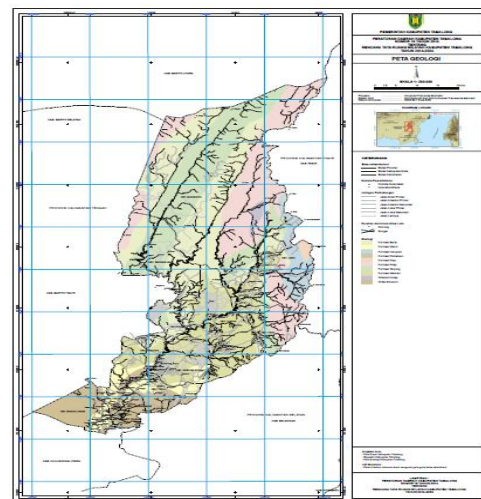
Sesar ini diinterpretasikan terletak pada batas antara Formasi Dahor di sebelah Barat dan Formasi Warukin di sebelah Timur. Formasi Warukin terdorong di atas Formasi Dahor, adapun sesar lain adalah Tanah Abang-Tutupan Timur mendorong sesar yang keluar sepanjang Timur kaki bukit.

Sesar tersebut meluas sepanjang Selatan Dahai sampai ke lapangan minyak Timur Laut Tepian Timur. Kejadian sesar-sesar ini telah dibuktikan lewat data seismik dan pengeboran pada sumur minyak. Tanah

Abang-Tutupan Timur merupakan salah satu struktur antiklin yang saat ini masih ada dan terletak di bagian Barat kaki bukit Tutupan.

Secara garis besar lokasi kontrak kerja PT. Adaro terletak pada Formasi Warukin yang banyak mengandung endapan batubara yang diselingi oleh batu lempung dan batupasir. Tambang batubara PT. Adaro Indonesia terdapat pada tiga blok yang terpisah yaitu: Blok Tutupan, Paringin dan Wara. Blok Tutupan mengandung tiga lapisan batubara utama (*mayor seam*) yaitu T100, T200, T300, serta beberapa lapisan minor yaitu pada T100 adalah A, B, C, D pada T200 adalah E, F dan pada T300 adalah G, H. Batubara pada blok Tutupan memiliki ketebalan sampai 50 meter dengan kemiringan berkisar antara 30° sampai 50° .

Pada blok Paringin ada satu lapisan utama P500 dan terdapat juga lapisan minor. Pada blok Paringin ketebalan batubara mencapai 38 meter, dengan kemiringan berkisar antara 10° sampai 25° . Blok Wara memiliki tiga lapisan batubara utama yaitu W100, W200, dan W300 dengan kemiringan 10° sampai 35° dan ketebalan batubara adalah 12 sampai 14 meter. Berikut peta geologi PT. Adaro Indonesia dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

3. Studi Pustaka

3.1 Working geometry

Working Geometri^[1] merupakan luas area minimum yang dibutuhkan suatu alat *loading* dan *hauling* untuk bekerja agar dapat mencapai Produktivitas yang optimum. Adapun standar *working geometry* dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. *Working Geometry*

Kategori	Menggunakan Excavator	Minimum Working Geometri
Small fleet	PC 400 PC 800	20 meter
Medium fleet	PC 1250	30 meter
Big fleet	PC 2000	40 meter
Very Big fleet	PC 4000 s/d PC 8000	60 meter

Sumber: Bahan training PT. Saptaindra Sejati

3.2 Faktor Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Faktor pengembangan material merupakan perbandingan volume mineral dalam keadaan *insitu* dengan volume batuan dalam keadaan lepas (*loose*). Adapun *Swell Factor* berbagai jenis material dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. *Swell Factor* Berbagai Jenis Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Sand Tanah Berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,90	1,00	0,80
	(C)	1,05	1,17	1,00
Sand Clay/ Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Clay/ Tanah Liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Garvelly Soil/ Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00

(Sumber: *Drill and Blast* Saptaindra Sejati)

3.3 Faktor Isian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Besarnya nilai faktor isian mangkuk (*bucket fill factor*)^[2] tergantung dari mudah tidaknya material tersebut digali. Material yang memiliki banyak *bolder* maka akan sulit digali. *Bolder* maksudnya ukuran material yang melebihi 1/3 ukuran *bucket*. Sebaliknya semakin kecil ukuran material maka *excavator* semakin mudah untuk menggali.

Adapun faktor isian mangkuk untuk *excavator* dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Faktor *Bucket* Alat Muat (*Excavator*)

Excavating Condition	K
Easy Excavating	1,1 - 1,2
Average Excavating	1,0 - 1,1
Rather Difficult Excavating	0,8 - 0,9
Difficult Excavating	0,7 - 0,8

Sumber: *Spesification and Application Handbook* Komatsu edisi 30

3.4 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar^[3] adalah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis untuk menyelesaikan sekali putaran kerja, dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap-siap memulainya kembali.

3.4.1 Waktu edar alat Gali Muat

Waktu edar alat gali-muat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{tm} = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4}$$

Keterangan:

C_{tgm} = Waktu edar alat muat, detik

T_{m1} = Waktu menggali material, detik

T_{m2} = Waktu swing isi, detik

T_{m3} = Waktu menumpahkan muatan, detik

T_{m4} = Waktu swing kosong, detik

3.4.2 Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6}$$

Keterangan:

C_{ta} = Waktu edar alat angkut, detik

T_{a1} = Waktu mengambil posisi untuk dimuati, detik

T_{a2} = Waktu diisi muatan, detik

T_{a3} = Waktu mengangkut muatan, detik

T_{a4} = Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, detik

T_{a5} = Waktu pengosongan muatan, detik

T_{a6} = Waktu kembali kosong, detik

3.5 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja^[4] merupakan elemen produksi yang harus diperhitungkan dalam upaya mendapatkan harga produksi alat per-satuan waktu, sebagian besar harga efisiensi kerja diharapkan terhadap *operator*, yaitu orang yang menjalankan atau mengoperasikan unit alat, walaupun demikian apabila ternyata efisiensi kerja rendah belum tentu penyebabnya adalah kemalasan *operator* yang bersangkutan, mungkin ada penyebab lain yang tidak dapat dihindari, antara lain cuaca, kerusakan alat tiba-tiba, kabut dan lain-lain.

3.5.1 Efisiensi Alat Muat

Waktu Kerja Efektif = $W_{kt} - (W_{td} - W_{hd})$

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{\text{Waktu kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja Tersedia}} \times 100\%$$

Keterangan:

W_e = Waktu kerja efektif

W_t = Waktu kerja yang tersedia

W_{hd} = Waktu hambatan yang dapat dihindari

W_{td} = Waktu hambatan yang tidak dapat dihindari

3.5.2 Efisiensi Kerja Alat Angkut

$$E = 1 - \frac{\text{Hambatan}}{\text{Cycle time Tercepat}} \times 100\%$$

Hambatan = Cycle time rata-rata - Cycle time tercepat

3.6 Keserasian Alat (Match Factor)

$$MF = \frac{n \times n_h \times C_l}{n_l \times C_h}$$

Keterangan:

n = Banyak bucket alat muat

C_l = Waktu edar alat muat (menit)

C_h = Waktu edar alat angkut (menit)

n_h = Jumlah alat angkut

n_l = Jumlah alat muat

3.7 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

3.7.1 Perhitungan kapasitas produksi alat gali dan alat angkut

3.7.1.1 Kapasitas Produksi Excavator

$$Q = \frac{3600 \times K_b \times F_f \times E_k \times S_f}{C_{tm}}$$

Keterangan:

Q = Kapasitas Produksi alat gali (m^3 /jam)

K_b = Kapasitas bucket (m^3)

F_f = Bucket fill factor (%)

E_k = Efisiensi Kerja (%)

S_f = Swell Factor (%)

C_{tm} = Cycle time excavator (detik)

3.7.1.2 Kapasitas Produksi Dump Truck

$$TP = \frac{60 \times C \times E_k \times S_f}{C_{ta}}$$

3.7.2 Produksi

Produksi = Produktivitas $\times$ Waktu kerja efektif
 Waktu kerja efektif = Jam kerja yang tersedia $\times$ PA $\times$ UA

3.8 Biaya Produksi Per m^3 Atau Per Ton

3.8.1 Berdasarkan produktivitas

$$\text{Biaya produksi} = \frac{\text{Biaya Produksi per jam}}{\text{Productivity}}$$

3.8.2 Berdasarkan Produksi

Biaya produksi =

$$\frac{\text{Biaya Produksi per jam} \times \text{jam kerja efektif}}{\text{Produksi}}$$

3.9 Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif^[5] "Penelitian tipe kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivism, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah diterapkan".

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 berupa waktu edar alat angkut, efisiensi kerja, work geometry, jenis dan jumlah alat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Faktor - faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat

4.1.1 Efisiensi Kerja

4.1.1.1 Efisiensi kerja alat gali muat

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{total waktu kerja}} \times 100\%$$

$$= \frac{3161}{3600} \times 100\%$$

$$= 87,8 \%$$

4.1.1.2 Efisiensi kerja HDT

$$\text{Efisiensi Kerja HD} = \left(1 - \frac{\text{Hambatan}}{\text{Cycle time tercepat}}\right) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Hambatan} &= \text{cycle time rata-rata} - \text{cycle time} \\ &\text{tercepat} \\ &= 2132 \text{ detik} - 1866 \text{ detik} \\ &= 266 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi Kerja HD} = \left(1 - \frac{266 \text{ detik}}{1866 \text{ detik}}\right) \times 100 \%$$

$$= (1 - 0,14) \times 100\%$$

$$= 86 \%$$

4.1.2 Waktu Edar Alat

4.1.2.1 Waktu Edar Alat Gali Muat

Adapun perhitungan waktu edar rata-rata (cycle time) pada R9400 No. 005 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} C_{tm} &= T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \\ &= 11,70 \text{ detik} + 6,25 \text{ detik} + 4,32 \text{ detik} + 6,18 \text{ detik} \\ &= 28,45 \text{ detik.} \end{aligned}$$

4.1.2.2 Waktu Edar Alat Angkut

Adapun untuk perhitungan waktu edar alat angkut rata-rata HD 1500 kombinasi dengan Libher R9400 No. 005 dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$C_{ta} = T_{a1} + T_{a2} + T_{a3} + T_{a4} + T_{a5} + T_{a6}$$

$$C_{ta} = 23 + 104 + 964 + 30 + 51 + 961$$

$$C_{ta} = 2132 \text{ detik}$$

4.1.3 Produktivitas Alat

4.1.3.1 Produktivitas Alat Gali Muat

Perhitungan Produktivitas alat gali muat libher 9400 No. 005 adalah sebagai berikut

$$Q = \frac{3600 \times Kb \times Ff \times Ek \times Sf}{Ctm}$$

$$Q = \frac{3600 \times 22 \times 1 \times Ek \times 1.25}{Ctm}$$

$$Q = \frac{3600 \times 22 \times 1 \times 0.87 \times 1.25}{28.45}$$

$$Q = 3027.42 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.1.3.2 Produktivitas Alat Angkut

Perhitungan Produktivitas alat angkut HD 1500-7 berkombinasi dengan libher 9400 No. 005 adalah sebagai berikut:

$$TP = \frac{60 \times C \times Ek \times Sf}{Cta}$$

$$TP = \frac{60 \times 120 \times 0.86 \times 1.25}{35.32}$$

$$TP = 219.14 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ Unit HD}$$

$$TP = 2629.68 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.1.4 Keserasian Kerja Alat

Perhitungan keserasian kerja alat gali muat dengan alat angkut pada Libher R9400 no 005 berkombinasi dengan HD 1500 adalah sebagai berikut

$$MF = \frac{n \times nh \times Cl}{5 \times 12 \times 28.45}$$

$$MF = \frac{1707}{2132}$$

$$MF = 0.80$$

4.2 Biaya Produksi

Adapun biaya kepemilikan untuk Libher R9400 adalah sebagai berikut:

4.2.1 Depreciation

PC 4000

Harga Beli Awal = \$ 4.200.000

Harga Jual kembali = \$ 840.000

Net Depreciation value = Harga beli awal – Harga jual kembali

$$= \$4.200.000 - \$ 840.000$$

$$= \$ 3.360.000$$

$$\text{Efisiensi alat aktual} = 80\%$$

$$\text{Waktu kerja harian} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu kerja tahunan} = 360 \text{ hari}$$

$$\text{Used life in years} = \text{Efisiensi alat aktual} \times$$

$$\text{Waktu kerja harian} \times \text{Waktu kerja tahunan}$$

$$= 80\% \times 24 \text{ jam} \times 360 \text{ hari}$$

$$= 6912 \text{ jam}$$

$$\text{Use life (n)} = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Depreciation Period} = \text{Used life in years} \times$$

$$\text{Use life}$$

$$= 6912 \text{ jam} \times 5 \text{ tahun}$$

$$= 34.560 \text{ jam}$$

$$\text{Depreciation} = \frac{\text{Net Depreciation Value}}{\text{Depreciation Periode}}$$

$$= \frac{\$3.360.000}{34.560 \text{ hours}}$$

$$= \$ 97,22/\text{jam}$$

HD 1500

Harga Beli Awal = \$ 1.899.000

Harga Jual kembali = \$ 284.850

Net Depreciation value = Harga beli awal –

Harga jual kembali

$$= \$1.899.000 - \$ 284.850$$

$$= \$ 1.614.150$$

$$\text{Depreciation} = \frac{\text{Net Depreciation Value}}{\text{Depreciation Periode}}$$

$$= \frac{\$1.614.150}{34.560 \text{ hours}}$$

$$= \$ 46,70/\text{jam}$$

4.2.1.1 Interest, Insurance, Taxes Cost (IIT)

$$\text{Trade- in value rate (r)} = \frac{\text{Harga jual kembali}}{\text{Harga beli awal}}$$

$$= \frac{\$ 840.000}{\$ 4.200.000}$$

$$= 0,2$$

$$\text{Factor} = 1 - \frac{(n-1)(1-r)}{2n}$$

$$= 1 - \frac{(5-1)(1-0,2)}{2(5)}$$

$$= 0,68$$

$$\text{Annual Rates} = 7,5 \%$$

Interest, Insurance, taxes Cost

$$= \frac{\text{Factor} \times \text{harga awal} \times \text{Annual Rates}}{\text{Used life in years}}$$

$$= \frac{0,68 \times \$ 4.200.000 \times 0,075}{6912 \text{ jam}}$$

$$= \$ 30,98/\text{jam}$$

Owning Cost = Depreciation + Interest, Insurance, Taxes Cost

$$= \$ 97,22/\text{jam} + \$ 30,98 /\text{jam}$$

$$= \$ 128,20 /\text{jam}$$

HD 1500

$$\text{Trade- in value rate (r)} = \frac{\text{Harga jual kembali}}{\text{Harga beli awal}}$$

$$= \frac{\$ 284.850}{\$ 1.899.000}$$

$$= 0,15$$

$$\text{Factor} = 1 - \frac{(n-1)(1-r)}{2n}$$

$$= 1 - \frac{(5-1)(1-0,15)}{2(5)}$$

$$= 0,66$$

$$\text{Annual Rates} = 7,5 \%$$

Interest, Insurance, taxes Cost

$$= \frac{\text{Factor} \times \text{harga awal} \times \text{Annual Rates}}{\text{Used life in years}}$$

$$= \frac{0,66 \times \$ 1.899.000 \times 0,075}{6912 \text{ jam}}$$

$$= \$ 13,59 /\text{jam}$$

Owning Cost = Depreciation + Interest, Insurance, Taxes Cost

$$= \$ 46,70/\text{jam} + \$ 13,59 /\text{jam}$$

$$= \$ 60,29/\text{jam}$$

4.2.2 Operating Cost (Biaya Operasional)

Adapun biaya operasional PC 4000 dan HD 1500 adalah sebagai berikut:

4.2.2.1 Fuel

Konsumsi *fuel* per jam R9400 = 244 liter/jam

Konsumsi *fuel* per jam HD 1500 = 93 liter/jam

1 \$ = Rp 14.124,00

Harga *fuel* di site per liter = Rp 13.547 = \$ 0.96

PC R9400

Fuel = Konsumsi *fuel* per jam × Harga *fuel* di site per liter

= 244 liter/jam × \$ 0.96

= \$ 234,24 /jam

4.2.2.2 Lubricant (Oil and Grease)

4.2.2.2.1 Oil engine

Konsumsi *oil engine* perjam = 0,480 liter/jam

Harga *oil engine* di site per liter = \$ 1,25 /liter

Oil engine = Konsumsi *oil engine* per jam × Harga *oil engine* di site per liter

= 0,480 liter/jam × \$ 1,25 /liter

= 0,6 /jam

4.2.2.2.2 Oil transmission

Konsumsi *oil transmission* per jam = 0,120 liter/jam

Harga *oil transmission* di site per liter = \$ 1,39 /liter

Oil transmission = Konsumsi *oil transmission* per jam × Harga *oil transmission* di site per liter

= 0,120 liter/jam × \$ 1,39 /liter

= \$ 0,17 /jam

4.2.2.2.3 Final drive oil

Konsumsi *final drive oil* per jam = 0,170 liter/jam

Harga *final drive oil* di site per liter

= \$ 1,35 /liter

Final drive oil = Konsumsi *final drive oil* per jam ×

Harga *final drive oil* di site per liter

= 0,170 liter/jam × \$ 1,35 /liter

= \$ 0,23/jam

4.2.2.2.4 Grease

Konsumsi *grease* per jam = 0,160 Kg/jam

Harga *grease* di site per liter = \$ 6,16 /liter

Grease = Konsumsi *grease* per jam × Harga *grease* di site per liter

= 0,160 Kg/jam × \$ 6,16 /liter

= \$ 0,98 /jam

4.2.2.2.5 Filter

Harga *lubricant* = *oil engine* + *oil transmission* + *final drive oil* + *grease Lubricant*

= 0,6 + 0,17 + 0,23 + 0,98

Lubricant = \$ 1,98/jam

Filter = ½ harga *Lubricant*

Filter = ½ × \$ 1,98

Filter = \$ 0,99

4.2.2.2.6 Repair cost

PC 4000

Harga beli awal = \$ 4.200.000

Repair factor = 75 %

Depreciation Period = 34.560 jam

$$\begin{aligned} \text{Repair cost} &= \frac{\text{harga beli awal} \times \text{repair factor}}{\text{Depreciation Period}} \\ &= \frac{4.200.000 \times 75\%}{34.560 \text{ jam}} \\ &= \$ 91,14/\text{jam} \end{aligned}$$

HD1500

Harga beli awal = \$ 1.899.000

Repair factor = 75 %

Depreciation Period = 34.560 jam

$$\begin{aligned} \text{Repair cost} &= \frac{\text{harga beli awal} \times \text{repair factor}}{\text{Depreciation Period}} \\ &= \frac{1.899.000 \times 75\%}{34.560 \text{ jam}} \\ &= \$ 41,21 /\text{jam} \end{aligned}$$

4.2.2.2.7 Special item

Spesial item pada PC adalah *tooth bucket*, sedangkan pada HD/DT adalah ban.

Harga *tooth bucket* = \$ 839

Quantity *tooth bucket* = 6

Used time *tooth bucket* = 450 jam

$$\begin{aligned} \text{Special Item PC} &= \frac{\$839 \times 6}{450 \text{ jam}} \\ &= \$ 11, 18/\text{jam} \end{aligned}$$

Harga tyre = \$ 24.474

Quantity *tooth bucket* = 6

Used time *tooth bucket* = 9900 jam

$$\begin{aligned} \text{Special Item HD} &= \frac{\$24.474 \times 6}{9900 \text{ jam}} \\ &= \$ 14,83/\text{jam} \end{aligned}$$

4.2.2.2.8 Operator Salary

Operator Salary perbulan= Rp. 10.000.000/ bulan

= \$707,99 / bulan

Jam kerja perhari = 12 jam

Hari kerja dalam 1 bulan = 30 hari

$$\begin{aligned} \text{Operator salary} &= \frac{\$707,99}{12 \times 30} \\ &= \$ 1,96/\text{jam} \end{aligned}$$

Operating Cost = *Fuel* + *Lubricant* + *Filter* + *Special Item* + *Repair Cost* + *Operator Salary*

$$\begin{aligned} &= 234,24/\text{jam} + (0,6/\text{jam} + 0,167/\text{jam} + \\ &0,23/\text{jam} + 0,986/\text{jam}) + 0,99/\text{jam} + \\ &11,18/\text{jam} + 91,14/\text{jam} + 1,96/\text{jam} \\ &= 339,493/\text{jam} \end{aligned}$$

Owning And Operating Cost (OOC)

= **Owning cost** + **Operating cost**

= \$ 128,20 /jam+ \$ 339,493/jam

= \$ 467,693/jam

4.2.3 Biaya Produksi Aktual

Biaya produksi aktual pada satu *fleet*, dimana PC R9400 No. 005 berkombinasi dengan 12 unit HD 1500 dapat dihitung sebagai berikut: Diketahui: Produktivitas aktual R9400 No. 005

$$= 3027,42 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas aktual untuk 1 unit HD 1500

$$= 219,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas untuk 12 unit HD 1500

$$= 12 \times 219,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2629,68 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{OOC PC R9400 No 005} = \$ 467,693/\text{jam}$$

$$\text{OOC 1 Unit HD 785-7} = \$ 208,61/\text{jam}$$

Maka:

Biaya Produksi =

$$\frac{\text{OOC PC}}{\text{Productivity PC}} + \frac{\text{OOC 1 HD} \times \text{Jumlah HD}}{\text{Productivity 1 HD} \times \text{Jumlah HD}}$$

$$= \frac{467,693/\text{jam}}{3027,42 \text{ m}^3/\text{jam}} + \frac{208,61/\text{jam} \times 12}{219,14 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12}$$

$$= 0,155/\text{m}^3 + 0,94/\text{m}^3$$

$$= 1,095/\text{m}^3$$

Dengan menggunakan cara yang sama maka dapat dihitung biaya produksi per m^3 untuk masing-masing *fleet* di *Pit Central* dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

PC	No. PC	Cycle Time (Detik)	Efisiensi Kerja Dengan Waktu gantung (%)	Efisiensi Kerja Tanpa Waktu gantung (%)	Produktivitas Dengan waktu gantung (m^3/jam)	Produktivitas Tanpa waktu gantung (m^3/jam)
R9400	005	28,84	87,8	92	3027,42	3269,21
Ex 3600	002	30,32	88	93	2873,35	3295,27

4.3 Hasil perbaikan

4.3.1 Optimalisasi Kondisi Front

Front yang amblas dan sempit seperti pada pengupasan *top soil* mengakibatkan efisiensi kerja alat dan Produktivitas menurun. *front* yang sempit menyebabkan *manuver* (*spotting time*) HD/DT menjadi lama dan PC memiliki waktu gantung. Kondisi tersebut bisa diperbaiki dengan membuat *working geometry* yang sesuai standar dan penerapan sistem antrian HD/DT satu setengah. Sehingga waktu gantung PC dan *Spotting time* HD/DT menjadi nol dan produksi bisa dioptimalkan.

Adapun perbandingan *working geometry* aktual dengan *working geometry* standar serta *working geometry* yang disarankan dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Rekomendasi *Working Geometry*

PC	No. PC	Working Geometri		Standar Working Geometri (m)	Nilai Working Geometri
		Standar (m)	Aktual (m)		
R9400	005	60	82,5	≥ 60	Standar
Ex3600	002	60	80	≥ 60	Standar

4.3.2 Efisiensi Kerja Alat dengan Metode Antrian Satu Setengah

4.3.2.1 Alat Gali Muat

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Kerja} &= \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{total waktu kerja}} \times 100 \% \\ &= \frac{3340,7}{3600} \times 100\% \\ &= 92,79 \% \end{aligned}$$

Sebelumnya diperoleh efisiensi kerja pada PC tersebut sebesar 87,8%. Berarti terjadi peningkatan (deviasi) efisiensi kerja sebesar 4,99%.

4.3.2.2 Alat Angkut

$$\text{Efisiensi Kerja HD} = \left(1 - \frac{\text{Hambatan}}{\text{Cycle time tercepat}}\right) \times 100\%$$

Hambatan = cycle time rata-rata – cycle time tercepat

$$= 2155 \text{ detik} - 1845 \text{ detik}$$

$$= 310 \text{ detik}$$

Tabel 4. Biaya Produksi Aktual

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Kerja HD} &= \left(1 - \frac{310 \text{ detik}}{1845 \text{ detik}}\right) \times 100 \% \\ &= (1 - 0,16) \times 100\% \\ &= 84\% \end{aligned}$$

Efisiensi kerja alat angkut aktual adalah 86%. Setelah penerapan metode antrian efisiensi kerja alat angkut turun menjadi 82%. Terjadi penurunan efisiensi kerja sebesar 4%. Penurunan efisiensi kerja alat angkut terjadi karena ada waktu tunggu dari alat angkut tersebut saat menunggu alat angkut yang lain sedang loading.

4.3.3 Produktivitas dengan Penerapan Metode Antrian Satu Setengah

4.3.3.1 Produktivitas alat gali muat

Tabel 6. Peningkatan Produktivitas Alat Gali Muat

PC	Produktivitas PC dengan Waktu Gantung m^3/jam	Type HD/DT	Σ HD/DT	Produktivitas 1 HD/DT dengan <i>Spotting Time</i> m^3/jam	OOC PC (\$/jam)	OOC HD/DT	Biaya Produksi Aktual (\$)
R9400	3027,42	1500	12	219,14	467,693	208,61	1,095
EX3600	2873,35	1500	7	373,53	510,405	208,61	1,128

4.1.1.1 Produktivitas alat angkut

Produktivitas pada HD 1500 berkombinasi dengan PC R9400 No. 005 adalah sebagai berikut

$$\text{TP} = \frac{60 \times C \times Ek \times Sf}{Cta}$$

$$\text{TP} = \frac{60 \times 120 \times 0,84 \times 1,25}{35,55}$$

$$\text{TP} = 212,65 \text{ m}^3/\text{jam} \times 14 \text{ Unit HD}$$

$$\text{TP} = 2977,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.1.2 *Macthing Fleet* Setelah Penerapan Metode Antrian Satu Setengah

Adapun rekomendasi penambahan jumlah alat angkut dan Produktivitas yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Jumlah Alat Angkut Rekomendasi

PC	NO PC	Σ PC	Produktivitas PC Tanpa Waktu Gantung (m ³ /jam)	Type HD/DT	Rekomendasi Σ HD/DT	Produktivitas 1 HD/DT dengan 1,5 side (m ³ /jam)	Produktivitas HD/DT dengan 1,5 side (m ³ /jam)
R 9400	005	1	3269,21	1500	14	212,65	2977,21
Ex 3600	002	1	3295,27	1500	9	354,93	3194,36

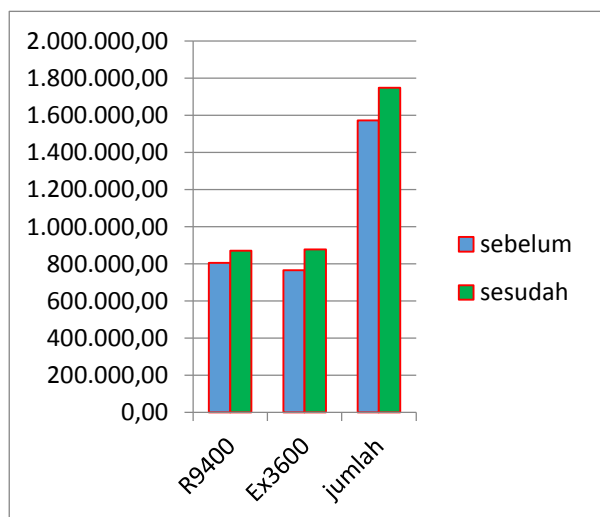
4.1.3 Biaya Penambangan Setelah Penerapan Metode Antrian Satu Setengah dan Penambahan Jumlah Alat Angkut

Tabel 8. Perubahan Biaya Produksi Setelah Penerapan

PC	NO PC	Produktivitas PC Tanpa Waktu Gantung (m ³ /jam)	Type HD/DT	Rekomendasi Σ HD/DT	Produktivitas 1 HD/DT dengan 1,5 side (m ³ /jam)	Biaya Produksi Dengan Metode 1,5 Side (/m ³)
R 9400	005	3269,21	1500	14	212,65	\$1,093
Ex 3600	002	3004,24	1500	9	354,93	\$0,734

Metode Antrian 1,5 Side

Grafik Produksi Aktual dan Setelah Penerapan Metode Antrian Satu Setengah Side Pada Bulan Juni 2019



5. Penutup

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Efisiensi kerja alat aktual rata-rata di *Pit Central* untuk alat gali muat 4000 class adalah 87,9%, dan untuk alat angkut HD1500 sebesar 85,5%, dengan produksi 1.571.174,43 m³ dan biaya produksi sebesar \$ 2,223/ m³

5.1.2 Efisiensi kerja alat rata-rata di *Pit Central*

setelah penggunaan metode 1,5 side untuk alat gali muat 4000 class 92,5 %, dan untuk alat angkut HD1500 sebesar 84%, dengan produksi mengalami kenaikan menjadi 1.747.897,84 m³ dan biaya produksi sebesar \$ 1,827/ m³.

5.2 Saran

Metode antrian satu setengah *side* bisa menjadi masukan bagi perusahaan untuk diterapkan di lapangan, guna mengoptimalkan produksi dan mengefisiensi biaya produksi dengan syarat *working geometry* harus sesuai standar. Ketika penerapan metode ini, akan ada penambahan jumlah alat angkut untuk mengimbangi produktivitas alat muat, supaya tidak ada waktu tunggu dari alat muat tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2017. *Handbook. Slide Training* PT. Saptaindra Sejati.
- [2] Anonim. 2012. "*Caterpillar Performance Handbook*". Edition 42.
- [3] Anonim. 2009. "*Spesification & Application Handbook Edition 30*". Japan: Komatsu.
- [4] Partanto Prodjosumarto. 1996. "*Pemindahan Tanah Mekanis*". Bandung: Institut teknologi Bandung.
- [5] Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- [6] Febrianto A. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan*. Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1, No. 2. 2016
- [7] Ricky Kurniawan. 2015. *Kajian Teknis dan Biaya Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup di Pit D-1 PT. Aman Toebillah Putra (PT.ATP) di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan* Febrianto A. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan*. Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1, No. 2. 2016
- [8] Putri, cahaya. dkk 2019, "*Evaluasi Jalan Angkut Pada Penambangan Silica Bukit Karang Putih PT. Semen Padang, Padang, Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang*
- [9] Maharani Fadhilah dan Sumarya. 2018, "*Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 Ps dari Front Penambangan Menuju Unit Crusher pada Penambangan Batu Andesit PT Koto Alam Sejahtera*". Jurnal Bina Tambang, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
- [10] Aryando, W. Ratminah, W. D. & Sudarsono, S. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan*

Alat Angkut Pada Pengupasan Tanah Penutup
Batubara Di Banko Barat Pit 1 PT. Bukit
Asam (Persero) Tbk Upte. *Jurnal
Teknologi Pertambangan*, 1.2016

- [11] Kurniawan Redo 2018, “Evaluasi Jalan Tambang
Pada Penambangan Site Jebak PT Nan Riang”,
Jambi, Teknik Pertambangan Universitas Negeri
Padang