

Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Simulasi Teori Antrian Pada Produksi Overburden di PT. Haswi Kencana Indah Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo Provinsi Jambi.

Arie Sefrizni^{1*}, and Tamrin Kasim^{1**}

¹ Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*arie_sefrizni@yahoo.co.id

**tamrinkasim@gmail.com

Abstract. PT. Haswi Kencana Indah is a private company engaged in the mining business, especially Coal. In the process of transporting Overburden to disposal, there is a queue of garbage trucks and a long standby time on transport trucks, this can cause the productivity of the equipment to be small so that the Coal production target in September 2018 24,140 tons / month is not achieved. This is caused by the inefficient working time of mechanical devices. The target of this production is not achieved due to a combination of improper tools, road widths and road levels that do not meet the standards, causing the queue or waiting time for transport in front loading. One way to achieve the production target is to analyze the needs of the digging tool and the appropriate transportation equipment. Based on the results of the study, it can be concluded that the productivity of the Doosan 500 LCV excavator is 279.93 tons / hour and the productivity of 5 Mitsubishi Fuso 220 PS dump trucks is 139.57 tons / hour and the productivity of dump trucks has not been able to reach the target of 200 tons / hour. To increase the productivity of mechanical tools can increase the effective time of work and improve the composition of the equipment obtained by the productivity of 1 unit of Doosan 500 lcv excavator 251,14 tons / hour and 4 units of Mitsubishi Fuso 220 PS dump truck transport 287,73 tons / hour. From the results of this study it can be seen that the effective working time and work harmony of actual mechanical devices have not been maximized.

Keywords: Queue Method, Work Efficiency, Match Factor, Production, Dump Truck.

1. Pendahuluan

Sebagai negara yang berkembang, Indonesia terus berusaha meningkatkan pembangunannya di segala bidang untuk merealisasikan tujuan pembangunan nasional yaitu untuk mensejahterakan masyarakat. Indonesia dianugerahi oleh Tuhan Yang Maha Esa modal yang sangat berharga, baik dari segi jumlah penduduk maupun dari segi sumber daya alam yang banyak.

Salah satu sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan saat ini adalah batubara. Batubara merupakan sumber daya alam dengan jumlah cadangan yang memadai serta cukup berpotensi untuk dimanfaatkan di Indonesia. Batubara merupakan sumber daya alam yang sangat potensial baik sebagai sumber energi maupun sebagai penghasil devisa negara. Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar dan tersebar hampir di seluruh wilayah nusantara.

PT. Haswi Kencana Indah adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan yang berlokasi di

Desa semambu Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo Provinsi Jambi. PT. Haswi Kencana Indah merupakan salah satu anak perusahaan PT. Karya Bunga Pantai Ceria yang bergerak dalam bidang konstruksi dan kontraktor alat berat dalam kegiatan penambangan.

Operasi penambangan yang dilakukan di PT. Haswi Kencana Indah menggunakan metode tambang terbuka/open pit yang meliputi kegiatan land clearing, pengupasan (overburden/batubara), pemuatan (loading), pengangkutan (hauling) serta kegiatan pendukung lainnya. Peralatan mekanis pada operasi penambangan merupakan salah satu sarana produksi yang penting untuk menunjang sasaran produksi akhir yang telah ditentukan perusahaan. Dalam kegiatan penambangan, tercapainya target produksi dari jumlah yang telah direncanakan merupakan salah satu hal yang paling utama. Target produksi akan tercapai jika proses eksploitasi dilakukan secara efektif dan efisien.

Adapun target produksi area pit 3 PT. Haswi Kencana Indah periode september tahun 2018 yaitu 24140

ton/bulan sedangkan realisasi produksi area pit 3 PT. Haswi Kencana Indah periode september tahun 2018 yaitu 10.669,91 ton/bulan. Tidak tercapainya target produksi dapat disebabkan karena kurang efektifnya jam kerja, kombinasii alat gali-muat dan alat angkut tidak serasi dan berdasarkan pengamatan di lapangan terdapatnya antrian alat angkut.

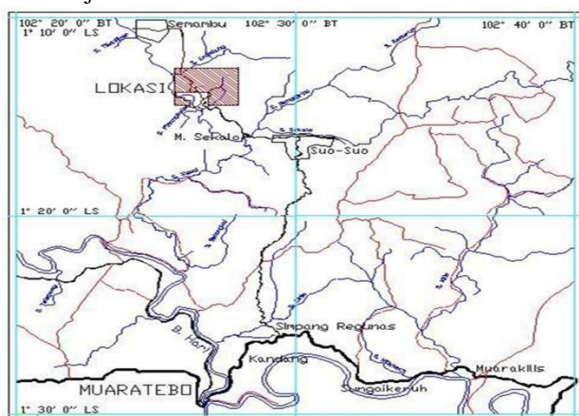
Supaya target produksi dapat berjalan secara optimal dan efisien serta dapat meminimalisir pemakaian jumlah dump truck yang berlebihan, untuk itu perlu dilakukan upaya memaksimalkan jam kerja alat, mencari penyebab dan tindakan yang dilakukan untuk mencapai target serta mengkaji kebutuhan alat angkut supaya tidak terjadi antrian pada front kerja dan area dumping. Penentuan kebutuhan alat angkut dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu berdasarkan metode antrian.

2. Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi IUP Eksplorasi PT. Haswi Kencana Indah dengan Surat Keputusan Bupati Tebo No. 203/DESADM/2013, termasuk kedalam wilayah Desa Semambu, Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi.

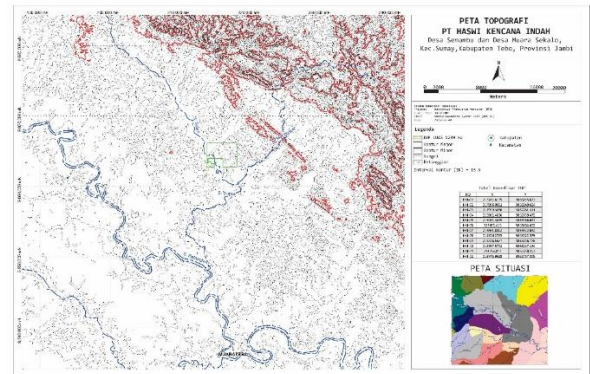
Lokasi IUP PT. Haswi Kencana Indah (HKI) dapat ditempuh dari Jakarta dengan penerbangan langsung ke Muara Bungo (ibukota kabupaten) selama \pm 1 jam dan 20 menit. Kemudian dilanjutkan dengan perjalanan darat selama 3 jam menuju area konsesi Desa Semambu, Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo.

Dari Kota Jambi menuju kearah Barat Laut hingga mencapai Kota Tebo, tepatnya Simpang Kandang sejauh \pm 198 km dengan menggunakan kendaraan roda empat dengan waktu tempuh sekitar 3-4 jam, yang kemudian dilanjutkan lagi dari Simpang Kandang mengikuti jalan tanah sejauh \pm 40 km.



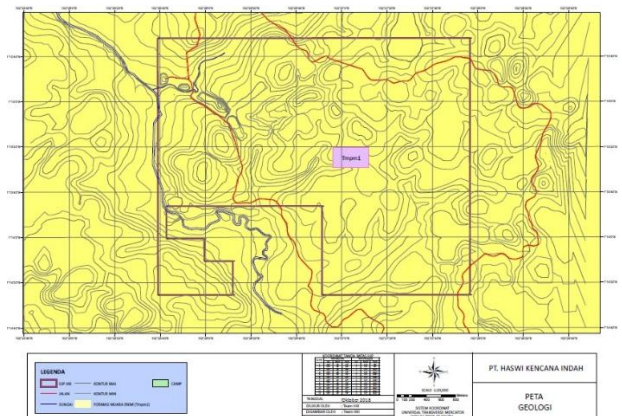
Gambar 1. Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah

Bentuk topografi daerah penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Daerah penambangan PT. Haswi Kencana Indah berada pada daerah perbukitan yang bergelombang, yang mempunyai ketinggian antara 59 mdpl sampai 208 mdpl.



Gambar 2. Peta Topografi Lokasi Penelitian

Berdasarkan peta geologi regional lembar rengat, seluruh area konsesi termasuk ke dalam formasi muara enim (Tmpm). Terdiri atas batupasir dan batulempung yang diendapkan berumur Miosen Akhir-pliosen Awal dan diendapkan pada lingkungan darat-laut dangkal (sebagian besar merupakan delta, merupakan formasi pembawa batubara kalori rendah-menengah. Arah umum lapisan batuan secara regional relatif barat laut-tenggara, kemiringan ke arah timur laut.



Gambar 3. Peta Geologi Lokasi Penelitian

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 30 Agustus 2018 – 30 September 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen. Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan.^[1]

Berdasarkan jenis penggunaannya, penelitian ini termasuk dalam metode penelitian terapan (applied research). Penelitian terapan yaitu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah dengan suatu tujuan praktis. Penelitian terapan berkepentingan dengan penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi dan sesuatu konsep-konsep teoritis tertentu.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu merupakan pencarian bahan pustaka terhadap masalah yang akan dibahas meliputi studi tentang analisis mengenai produksi penambangan melalui berbagai percobaan, buku-buku, jurnal atau laporan studi yang sudah ada.^[2]

Kemudian pengambilan data yaitu dengan menggunakan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa jumlah alat mekanis, *cycle time* alat muat dan alat angkut, dan waktu kerja di lapangan. Data sekunder berupa peta topografi, peta geologi, spesifikasi alat, dan target produksi.

3.3 Teknik Analisis 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^[3]. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan.^[3-4]

3.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan dengan cara: melakukan pengamatan mencari faktor penyebab masalah tindakan perbaikan dan analisis hasil.

Pengambilan data berupa pengambilan data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer meliputi *cycle time* alat mekanis, sedangkan data sekunder yaitu data jam kerja alat, produksi, spesifikasi alat, peta topografi, peta geologi dan lokasi kesampaian daerah. Produktivitas data-data aktual yang diperlukan adalah *cycle time* alat angkut, efisiensi kerja alat angkut, spesifikasi alat angkut dan jam kerja alat angkut.

3.3.2 Analisis Hasil Pengolahan Data

Dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif guna memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut dalam bagian pembahasan. Pengolahan data dilakukan dengan cara melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran. Selanjutnya disajikan dalam baik dalam bentuk tabel ataupun dalam bentuk rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada. Data yang diperoleh akan dijadikan acuan dalam analisis dan data juga akan diolah untuk mendapatkan perhitungan produksi overburden.

3.3.3 Kesimpulan

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran.

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memperoleh efektivitas dan produktivitas alat muat dan alat angkut maka harus diperhatikan terlebih dahulu harus diperhatikan terlebih dahulu komponen yang berhubungan seperti *cycle time* alat, jumlah alat yang bekerja, jam kerja dan lain-lain.

4.1 Waktu Edar

Waktu edar merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah alat gali-muat untuk melakukan kegiatan *dumping*, *digging*, *swing loaded*, dan *swing empty*^[5]. Dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Waktu edar alat gali muat dan alat angkut

No.	Unit	Rata-rata Waktu Edar (detik)	Rata-rata Waktu Delay (detik)	Rata-rata Waktu Edar Aktual (detik)
1	Excavator Doosan 500 lcv	25,9	-	25,9
2	Mitsubishi Fuso 220 Ps	362,1	262,15	624,26



Gambar 4. Pemuatan *Overburden*

4.2 Komposisi Alat yang Tersedia

Komposisi alat yang dimiliki oleh PT. Haswi Kencana Indah untuk menunjang tercapainya target produksi dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Komposisi Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No.	Unit	Kapasitas Bucket	Jumlah
1	Excavator Doosan 500 lev	3,2 m ³	1
2	Mitsubishi Fuso 220 Ps	14,67 m ³	5

4.3 Jam Kerja Kegiatan Penambangan

Jam kerja efektif adalah waktu kerja yang sesungguhnya yang digunakan pada operasi penambangan, adapun jam kerja kegiatan penambangan pada PT. Haswi Kencana Indah adalah 9 jam setiap hari, sedangkan untuk jam kerja bulan september adalah 9 x 30 = 270 jam ditambah 10 jam karena lembur ada 5 kali pada bulan september. Jadi, jam kerja pada bulan september adalah 280 jam/bulan. Untuk distribusi waktu kerja perhari dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu Kerja Kegiatan Penambangan

senin – minggu		
jadwal kerja	Keterangan	waktu (jam)
08.00 - 12.00	waktu kerja	4
12.00 - 13.00	waktu istirahat	1
13.00 - 17.00	waktu kerja	4
Total		8

4.4 Waktu yang Dibutuhkan Alat dalam Kegiatan Penambangan

Waktu standby dan waktu repair alat adalah waktu kerja terpakai karena alat standby dan repair. Sedangkan waktu kerja efektif adalah waktu yang benar-benar digunakan alat untuk berproduksi sampai akhir operasi yaitu selisih antara jam kerja dengan jam kerja yang hilang^[6]. Untuk melihat distribusi waktu kerja dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Waktu *standby*, waktu *repair* dan waktu kerja efektif alat

No	Alat	Jam Tersedia (jam)	R (Repair) Jam	W (Work) Jam	S (Standby) Jam
1	Excavator Doosan 500 lev	280	30,5	158,17	91,33
2	Mitsubishi Fuso 220 PS	280	18,45	91,55	170,00

4.5 Perhitungan Efisiensi Kerja Alat muat dan Alat angkut

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia, dinyatakan

dalam persen (%)^[6-7]. Efisiensi kerja ini akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Faktor manusia, mesin (alat), keadaan cuaca dan kondisi kerja secara keseluruhan akan menentukan besarnya efisiensi kerja. Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kerja.^[8]

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \tag{1}$$

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \tag{2}$$

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \tag{3}$$

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \tag{4}$$

Keterangan:

- W = *Working Hours* atau jumlah kerja alat
- R = *Repair Hours* atau jumlah jam untuk perbaikan
- S = Jumlah Jam Standby

MA (*Mechanical Availability*) merupakan tingkat kesediaan alat untuk melakukan kegiatan produksi dengan memperhitungkan kehilangan waktu karena alasan mekanis.

PA (*Physical Availability*) merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan.

UA (*Use of Availability*) merupakan tingkat daya guna alat untuk kegiatan produksi.

EU (*Effective Utilization*) yaitu menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif atau sama dengan efisiensi kerja^[8,9].

1) Perhitungan Jam Ketersediaan Alat dan Waktu Efektif *Dump Truck*

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

$$MA = \frac{3,05}{3,05 + 0,67} \times 100 \%$$

$$MA = 83,23 \%$$

Jadi, *Mechanical Availability* adalah 83,23 % dalam artian baik.

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

$$PA = \frac{3,05 + 5,67}{23,05 + 5,67 + 0,62} \times 100 \%$$

$$PA = 93,41 \%$$

Diperoleh dari *Physical Availability* 93,41 % artinya alat dalam baik.

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

$$UA = \frac{3,05}{3,05 + 5,67} \times 100 \%$$

$$UA = 35,00 \%$$

Jadi *Use of Availability* sebesar 35,00 % dalam kurang baik.

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

$$EU = \frac{3,05}{3,05+0,67+5,67} \times 100\%$$

$$EU = 32,70 \%$$

Artinya alat bekerja dengan presentase 32,70 % dari kondisi ini dikatakan alat dalam kondisi kerja kurang baik.

1) Perhitungan Jam Ketersediaan Alat dan Waktu Efektif *Excavator*

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

$$MA = \frac{5,27}{5,27+1,02} \times 100 \%$$

$$MA = 83,83 \%$$

Jadi, *Mechanical Availability* adalah 83,83% dalam artian baik.

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

$$PA = \frac{5,27+3,04}{5,27+1,02+3,04} \times 100 \%$$

$$PA = 89,11 \%$$

Diperoleh dari *Physical Availability* 89,11 % artinya alat dalam keadaan baik.

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

$$UA = \frac{5,27}{5,27+3,04} \times 100 \%$$

$$UA = 63,39 \%$$

Jadi *Use of Availability* sebesar 64,73 % dalam keadaan kurangbaik.

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

$$EU = \frac{5,27}{5,27+1,02+3,04} \times 100 \%$$

$$EU = 56,49 \%$$

Artinya alat bekerja dengan presentase 56,49 % dari kondisi ini dikatakan alat dalam kondisi kerja kurang baik.

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut secara aktual pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil perhitungan efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut secara aktual

No	Unit	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
1	Excavator Doosan 500 lcv	88,83	89,11	63,39	56,49
2	Mitsubishi Fuso 220 Ps	83,23	93,41	35,00	32,70

4.6 Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk Penggalan Overburden

Produksi alat muat dan alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus^[10]:

$$TP = \frac{KB \times BF \times 3600 \times FK}{CT} \quad (6)$$

$$TP = \frac{C \times 60 \times FK}{CT} \quad (7)$$

$$FK = \text{Machine Availability} \times \text{Skill Operator} \times \text{Efisiensi Waktu} \quad (8)$$

$$C = n \times KB \times BF \quad (9)$$

Keterangan:

TP = Taksiran produksi (m³/jam)

C = Kapasitas *Vessel* (Lcm/ton)

FK = Faktor koreksi, dipengaruhi oleh:

- Machine availability
- Skill operator
- Efisiensi waktu

CT = *Cycle time*

KB = Kapasitas *bucket* (m³)

BF = *Bucket factor*

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diperoleh produktivitas alat muat dan alat angkut, dapat dilihat di bawah ini:

1. Produktivitas alat gali muat

$$FK = 0,88 \times 0,56 \times 0,83$$

$$FK = 0,41$$

$$TP = \frac{3,2 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 3600 \text{ detik/jam} \times 0,41}{25,95 \text{ detik}}$$

$$TP = 145,26 \text{ lcm/jam}$$

$$TP = 145,26 \text{ lcm/jam} \times sf \times db$$

$$TP = 145,26 \text{ lcm/jam} \times 0,85 \times 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$TP = 209,90 \text{ ton/jam}$$

2. Produktivitas alat angkut

$$FK = 0,83 \times 0,33 \times 0,83$$

$$FK = 0,23$$

$$C = 4 \times 3,2 \text{ m}^3 \times 0,8$$

$$C = 10,24 \text{ m}^3$$

$$TP = \frac{10,24 \text{ m}^3 \times 60 \text{ menit/jam} \times 0,23}{10,40 \text{ menit}}$$

$$TP = 13,43 \text{ lcm/jam}$$

$$TP = 13,43 \text{ lcm/jam} \times sf \times db$$

$$TP = 13,43 \text{ lcm/jam} \times 0,85 \times 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$TP = 19,41 \text{ ton/jam}$$

$$TP = 19,41 \text{ ton/jam} \times 5 \text{ unit}$$

$$TP = 97,04 \text{ ton/jam}$$

Tabel 6. Produktivitas Aktual Alat Mekanis

Jenis Alat	Produktivitas (ton/jam)	Target Produksi (ton/jam)	Persentase Ketercapaian (%)
Excavator Doosan 500 lcv	209,90	200	Mencapai Target
Mitsubishi Fuso 220 Ps	97,04	200	48,52

4.7 Perhitungan Match Factor Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Faktor keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut dapat ditinjau dari perbandingan unitnya. Untuk menilai keserasian alat muat dan alat angkut dapat digunakan persamaan Match Factor sebagai berikut^[11]:

$$MF = \frac{nH \times n \times Ctm}{nM \times Cta} \quad (7)$$

Keterangan:

- MF = Match factor atau faktor keserasian kerja
- Ctm = Waktur edar alat muat
- Cta = Waktu edar alat angkut
- nH = Jumlah alat angkut
- nM = Jumlah alat muat
- n = Banyak pengisian bucket alat gali-muat

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat match factor alat muat dan alat angkut di bawah ini:

$$MF = \frac{5 \times 4 \times 0,43}{1 \times 6,04}$$

$$MF = 1,43$$

Sehingga didapat MF > 1, berarti faktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besar.

4.8 Waktu Antrian

Karena MF > 1 artinya alat muat bekerja 100% sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu pada alat angkut karena menunggu alat muat bekerja mengisi alat angkut lainnya.

Waktu antrian yang dialami oleh alat angkut dapat di analisa dengan MF = 1 berikut:

Waktu ideal alat angkut

$$MF = \frac{nH \times (n \times Ctm)}{nM \times Cta}$$

$$Cta = \frac{nH \times (n \times Ctm)}{nM \times MF}$$

$$Cta = \frac{5 \text{ unit} \times (4 \times 0,43 \text{ menit})}{1 \text{ unit} \times 1}$$

$$Cta = 8,6 \text{ menit}$$

Waktu ideal antrian

$$\text{Delay DT} = CT \text{ DT aktual} - CT \text{ saat MF} = 1$$

$$\text{Delay DT} = 10,40 \text{ menit} - 8,6 \text{ menit}$$

$$\text{Delay DT} = 1,8 \text{ menit}$$

Dari analisa didapatkan waktu tunggu ideal alat angkut sebesar 1,8 menit.

4.9 Rencana Perbaikan Produktivitas Overburden

4.9.1 Penentuan Model Antrian

Menurut pengamatan dan analisa yang telah dilakukan penulis, operasi penambahan pada saat ini belum mampu untuk mencapai waktu kerja efektif yang telah direncanakan.

Maka dari itu penulis melakukan sesuatu untuk meningkatkan waktu kerja efektif alat, dapat dilakukan dengan meminimalisir dan menghilangkan hambatan yang tidak direncanakan yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kajian waktu hambatan alat gali-muat dan alat angkut

Distribusi Waktu Stanby dan Hambatan	Waktu (menit)	Keterangan
persiapan bahan bakar	20	
persiapan alat	10	
menuju ke front	2.5	
Istirahat	60	istirahat, sholat, dan makan
terlambat memulai pekerjaan	15	
berhenti sebelum jam kerja selesai	10	
rusak	50	hambatan yang tidak dapat dihindari
Lain-lain	10	Keterlambatan pekerja datang, persiapan menuju front atau antrian dump truck

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

$$MA = \frac{6,04}{6,04+0,83} \times 100 \%$$

$$MA = 87,88 \%$$

Jadi, Mechanical Availability adalah 87,88% dalam artian baik.

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

$$PA = \frac{6,04+2,13}{6,04+0,83+2,13} \times 100 \%$$

$$PA = 90,74 \%$$

Diperoleh dari *Physical Availability* 90,74 % artinya alat dalam keadaan baik.

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

$$UA = \frac{6,04}{6,04+2,13} \times 100 \%$$

$$UA = 73,98 \%$$

Jadi *Use of Availability* sebesar 73,98 % dalam keadaan baik.

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

$$EU = \frac{6,04}{6,04+0,83+2,13} \times 100 \%$$

$$EU = 67,13 \%$$

Artinya alat bekerja dengan presentase 67,13 % dari kondisi ini dikatakan alat dalam kondisi kerja cukup baik.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut secara kajian

No	Unit Alat	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
1	Excavator Doosan 500 lcv dan Mitsubishi Fuso 220 Ps	87,88	90,74	73,98	67,12

4.9.2 Analisa Teknik Kebutuhan Alat Angkut Berdasarkan Teori Antrian

1. Penentuan Model Antrian

Disiplin antrian ini terbagi menjadi empat bentuk^[12], yaitu:

- a. FCFS (*First Come, First Served*)
Merupakan suatu peraturan dimana pelanggan yang dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang pertama kali. Contohnya seperti pelanggan yang antri pada loket penjualan karcis.
- b. LCFS (*Last Come, First Served*)
Merupakan antrian dimana pelanggan yang datang terakhirlah yang akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya seperti pada sistem antrian bongkar muat barang dalam truk, dimana barang yang masuk terakhir akan keluar terlebih dahulu.

- c. SIRO (*Service in Random Number*)
Merupakan salah satu disiplin antrian dimana pelayanan dilakukan dengan urutan acak (Random Order). Contohnya seperti dalam suatu kegiatan arisan, dimana pemenangnya didasarkan pada proses undian.
- d. Priority Queue (Antrian Prioritas)
Merupakan prioritas pelayanan yang dilakukan khusus kepada pelanggan utama yang mempunyai prioritas tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas rendah. Contohnya seperti pada pasien rumah sakit yang mendapatkan prioritas penanganan terlebih dahulu dikarenakan mempunyai penyakit yang lebih berat dibandingkan dengan pasien lain.

Berdasarkan pengamatan di lapangan barisan antrian termasuk ukuran kedatangan secara terbatas dan hanya dilayani oleh satu unit excavator maka pelayanannya adalah pelayanan tunggal (*single server*) dengan disiplin pelayanan pertama datang pertama dilayani (FCFC = *first come first service*)

2. Probabilitas Keadaan Antrian

Probabilitas keadaan antrian ditentukan oleh jumlah alat angkut yang digunakan dan keadaan antrian yang terdiri dari 4 tahap^[13-15]. 4 tahap tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tahap 1 (μ_1) merupakan tahap pelayanan alat gali-muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh.
- b. Tahap 2 (μ_2) merupakan tahap pelayanan sendiri yaitu tahap dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkut material menuju disposal.
- c. Tahap 3 (μ_3) merupakan tahap alat angkut menumpahkan material di disposal.
- d. Tahap 4 (μ_4) merupakan tahap pelayanan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan kembali ke front loading.

3. Perhitungan Simulasi Kebutuhan Alat dengan Teori Antrian.

a. Penentuan Tingkat Pelayanan

1) Tahap 1

$$T1 = \text{Waktu Penempatan} + \text{Waktu Pengisian} \\ = 3,39 \text{ menit/truk} + (0,43 \text{ menit} \times 4 \text{ bucket/truk}) \\ = 5,12 \text{ menit/truk}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{5,12 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \tag{8} \\ = 11,72 \text{ truck/jam} \approx 12 \text{ truck/jam}$$

2) Tahap 2

$$T2 = \text{Waktu perjalanan alat angkut bermuatan} \\ = 1,60 \text{ menit/truk}$$

$$\mu_2 = \frac{1}{1,60 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \tag{9}$$

$$= 37,5 \text{ truck/jam} \approx 38 \text{ truck/jam}$$

3) Tahap 3

$$T3 = \text{Waktu dumping} \\ = 0,71 \text{ menit/truk}$$

$$\mu_3 = \frac{1}{0,71 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (10) \\ = 84,51 \text{ truck/jam} \approx 85 \text{ truck/jam}$$

4) Tahap 4

$$T4 = \text{Waktu kembali alat angkut tidak bermuatan} \\ = 1,13 \text{ menit/truk}$$

$$\mu_4 = \frac{1}{1,13 \text{ menit/truk}} \times 60 \text{ menit/jam} \quad (11) \\ = 53,1 \text{ truk/jam} \approx 54 \text{ truck/jam}$$

b. Probabilitas keadaan antrian

Jumlah alat angkut (N) yang dilayani oleh *excavator Doosan 500 lcv* adalah 5 unit *Mitsubishi fuso 220 Ps* dengan 4 tahap antrian (M). Sehingga banyaknya kemungkinan keadaan antrian adalah^[14-16]:

$$\frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} = \frac{(5+4-1)!}{(4-1)!(5)!} \quad (12) \\ = 56 \text{ Keadaan}$$

Maka Untuk menghitung koefisien tiap keadaan sistem, contohnya untuk koefisien P(0,0,0,5) digunakan rumus^[14]:

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,5) = \frac{\mu_1^{(N-n_1)}}{n_2! \mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}} \quad (13) \\ = \frac{12^{(5-0)}}{0! 38^0 35^0 5! 54^5} \\ = \frac{12^5}{(1)(1)(1)(120)(459.165.024)} \\ = \frac{248.832}{55.099.802.880} \\ = 0,0000045$$

Cara ini digunakan untuk setiap koefisien keadaan sistem hingga keadaan P(2,1,1,1). Pada Tabel 13 dilihat bahwa koefisien P(5,0,0,0) bernilai 1 sehingga menjadi dasar untuk menghitung probabilitas masing-masing keadaan sistem. Dari Tabel 8 jumlah koefisien dan seluruh keadaan sistem adalah 1,9968678 maka untuk probabilitas keadaan adalah sebagai berikut^[14-16]:

$$P(5,0,0,0) = \frac{1}{1,9968678} \quad (14) \\ = 0,5007843$$

Sehingga probabilitas tiap keadaan sistem dapat dihitung seperti contoh dibawah ini:

$$P(0,0,0,5) = \text{koefisien } P(0,0,0,5) \times P(5,0,0,0) \quad (15) \\ = 0,0000045 \times 0,5007843 \\ = 0,0000023$$

Tabel 9. Keadaan Probabilitas

Nomor Keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probabilitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	5	0,0000045	0,0000023
2	0	0	5	0	0,0000561	0,0000281
3	0	5	0	0	0,0000262	0,0000131
4	5	0	0	0	1,0000000	0,5007843
5	0	0	1	4	0,0000143	0,0000072
6	0	1	0	4	0,0000321	0,0000161
7	1	0	0	4	0,0001016	0,0000509
8	0	1	4	0	0,0001254	0,0000628
9	1	0	4	0	0,0003972	0,0001989
10	0	0	4	1	0,0000883	0,0000442
11	1	4	0	0	0,0004144	0,0002075
12	0	4	1	0	0,0000585	0,0000293
13	0	4	0	1	0,0000921	0,0000461
14	4	1	0	0	0,3157895	0,1581424
15	4	0	1	0	0,1411765	0,0706990
16	4	0	0	1	0,2222222	0,1112854
17	0	0	2	3	0,0000365	0,0000183
18	0	2	0	3	0,0000912	0,0000457
19	2	0	0	3	0,0018290	0,0009159
20	0	2	3	0	0,0001403	0,0000703
21	2	0	3	0	0,0028138	0,0014091
22	0	0	3	2	0,0000695	0,0000348
23	2	3	0	0	0,0052486	0,0026284
24	0	3	2	0	0,0001046	0,0000524
25	0	3	0	2	0,0001296	0,0000649
26	3	2	0	0	0,0498615	0,0249699
27	3	0	2	0	0,0199308	0,0099810
28	3	0	0	2	0,0246914	0,0123650
29	0	1	1	3	0,0000815	0,0000408
30	1	0	1	3	0,0002582	0,0001293
31	1	1	0	3	0,0005776	0,0002892
32	1	1	3	0	0,0008886	0,0004450
33	1	0	3	1	0,0006253	0,0003131
34	0	1	3	1	0,0001975	0,0000989
35	1	3	1	0	0,0007410	0,0003711
36	0	3	1	1	0,0001647	0,0000825
37	1	3	1	0	0,0007410	0,0003711
38	3	1	1	0	0,0445820	0,0223260
39	3	1	0	1	0,0701754	0,0351428
40	3	0	1	1	0,0313725	0,0157109
41	0	2	2	1	0,0002208	0,0001106
42	2	0	2	1	0,0044291	0,0022180
43	2	2	0	1	0,0110803	0,0055489
44	2	2	1	0	0,0070393	0,0035252
45	0	2	1	2	0,0001738	0,0000870
46	2	2	1	0	0,0070393	0,0035252
47	2	1	2	0	0,0062939	0,0031519
48	2	1	0	2	0,0077973	0,0039048
49	0	1	2	2	0,0001554	0,0000778
50	1	2	2	0	0,0009938	0,0004977
51	1	2	0	2	0,0012311	0,0006165
52	1	0	2	2	0,0004921	0,0002464
53	1	1	1	2	0,0011008	0,0005513
54	1	1	2	1	0,0013987	0,0007004
55	1	2	1	1	0,0015643	0,0007834
56	2	1	1	1	0,0099071	0,0049613
Total					1,9968678	1,0000000

4. Perhitungan Lq1, Lq3, Wq1 dan Wq3

a. Lq1

Merupakan antrian alat angkut saat akan dimuat oleh alat gali muat dengan syarat $n1 > 1$ (Tabel , kolom ke-2)

$$Lq1 = (1 \times \sum(\text{Probabilitas keadaan } 19, 21, 23, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 56)) + (2 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 26, 27, 28, 38, 39, 40)) + (3 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 14, 15, 16)) + (4 \times \sum(\text{probabilitas keadaan } 4))$$

$$= 4 \text{ truk}$$

b. Lq3

Merupakan Antrian Alat angkut saat akan menumpahkan material ke disposal dengan syarat $n3 > 1$

$$Lq3 = (1 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 17, 24, 27, 41, 42, 47, 49, 50, 52, 54)) + 2 \times \sum(\text{Probabilitas keadaan } 20, 21, 22, 32, 33, 34) + 3 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 8, 9, 10) + 4 \times \sum(\text{Probabilitas Keadaan } 2).$$

$$= 1 \text{ truk}$$

c. Wq1

Merupakan waktu tunggu alat angkut pada saat akan dimuat oleh alat gali muat. Untuk menentukan Wq1 terlebih dahulu harus di hitung tingkat kesibukan ($\rho1$) excavator dengan syarat $n1 = 0$.

$$\rho1 = 1 - \sum(\text{probabilitas keadaan } 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 29, 34, 36, 41, 45, 49)$$

$$= 1 - 0,0010330$$

$$= 0,9989670$$

$$= 99,89\%$$

Karena pemuatan ada pada tahap 1, maka jumlah truk yang bisa dilayani adalah:

$$\Theta = \rho1 \times \mu1 \tag{16}$$

$$= 0,9989670 \times 12 \text{ truk/jam}$$

$$= 11,987604 \text{ truk/jam}$$

$$= 12 \text{ truk/jam}$$

$$Wq1 = \frac{Lq1}{\Theta} \tag{17}$$

$$= \frac{3,296297 \text{ truk}}{11,987604 \text{ truk/jam}}$$

$$= 0,2749755 \text{ jam}$$

$$= 16,498529 \text{ menit} \approx 17 \text{ menit}$$

d. Wq3

Waktu tunggu alat angkut saat menumpahkan material ke disposal

$$Wq3 = \frac{Lq3}{\Theta} \tag{18}$$

$$= \frac{0,0196751 \text{ truk}}{11,987604 \text{ truk/jam}}$$

$$= 0,0016413 \text{ jam}$$

$$= 0,0984772 \text{ menit} \approx 1 \text{ menit}$$

5. Jumlah truk yang di butuhkan

Berdasarkan penerapan metode antrian maka total waktu edar alat angkut adalah:

$$CT \text{ total} = \left(\frac{1}{\mu1} + \frac{1}{\mu2} + \frac{1}{\mu3} + \frac{1}{\mu4} + Wq1 + Wq3\right) \tag{19}$$

$$= \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{38} + \frac{1}{85} + \frac{1}{54} + 0,2749755 + 0,0016413\right)$$

$$= 0,4165491 \text{ jam}$$

$$= 24,992947 \text{ menit}$$

Sehingga tingkat kedatangan truk di front loading ataupun di crusher adalah:

$$\lambda = \lambda1 = \lambda2 = \frac{1}{CT} \tag{20}$$

$$= \frac{1}{0,4165491 \text{ truk/jam}}$$

$$= 2,40067731 \text{ truk/jam}$$

$$= 3 \text{ truk/jam}$$

Jadi Jumlah truk yang di butuhkan adalah:

$$N = \frac{\mu1}{\lambda}$$

$$= \frac{12 \text{ truk/jam}}{3 \text{ truk/jam}}$$

$$= 4 \text{ truk}$$

4.9.3 Koreksi match factor berdasarkan penerapan teori antrian

Perhitungan koreksi match factor berdasarkan teori antrian adalah sebagai berikut:

Diketahui:

- Jumlah excavator (nM) = 1 unit
- Jumlah dump truck (nH) = 5 unit
- Jumlah bucket (n) = 4
- Cycle time excavator (Ctm) = 0,43 menit
- Cycle time dump truck (Cta) = 6.04 menit

$$MF = \frac{n \times nH \times Ctm}{nM \times Cta} = \frac{4 \times 4 \times 0,43}{1 \times 6,04} = 1,14$$

Berdasarkan analisa perbaikan keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut, didapat perbandingan keserasian kerja yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Keserasian Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Kondisi	Hasil	MF=1	Selisih
Aktual	1,43	1	0,43
Perbaikan	1.14	1	0,14

4.9.4 Produksi Alat Mekanis Setelah Perbaikan

1. Produktivitas alat gali muat

$$FK = 0,88 \times 0,67 \times 0,83$$

$$FK = 0,49$$

$$TP = \frac{3,2 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 3600 \text{ detik/jam} \times 0,49}{25,95 \text{ detik}}$$

$$TP = 173,80 \text{ lcm/jam}$$

$$TP = 173,80 \text{ lcm/jam} \times sf \times db$$

$$TP = 173,80 \text{ lcm/jam} \times 0,85 \times 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$TP = 251,14 \text{ ton/jam}$$

2. Produktivitas alat angkut

$$FK = 0,88 \times 0,67 \times 0,83$$

$$FK = 0,49$$

$$C = 4 \times 3,2 \text{ m}^3 \times 0,8$$

$$C = 10,24 \text{ m}^3$$

$$TP = \frac{10,24 \text{ m}^3 \times 60 \text{ menit/jam} \times 0,49}{6,04 \text{ menit}}$$

$$TP = 49,78 \text{ lcm/jam}$$

$$TP = 49,78 \text{ lcm/jam} \times sf \times db$$

$$TP = 49,78 \text{ lcm/jam} \times 0,85 \times 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$TP = 71,93 \text{ ton/jam}$$

$$TP = 71,93 \text{ ton/jam} \times 4 \text{ unit}$$

$$TP = 287,73 \text{ ton/jam}$$

Berdasarkan analisa yang penulis lakukan dan setelah dilakukan perbaikan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis, maka dapat dilihat perbandingan antara analisa produktivitas aktual dan analisa produktivitas setelah perbaikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan Produktivitas Aktual dengan Produktivitas Setelah Perbaikan

Jenis Alat	Produktivitas Aktual (ton/jam)	Produktivitas Perbaikan (ton/jam)	Target Produksi (ton/jam)
Excavator Hitachi EX 2500-6	209,90	251,14	200
Dump Truck Komatsu HD 785-7	97,04	287,73	200

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan analisis peroduktivitas 1 unit alat gali muat *Excavator Doosan 500 lcv* adalah 209,90 ton/jam dan produktivitas 5 unit alat angkut *dump truck Mitsubishi Fuso 220 Ps* adalah 97,04 ton/jam yang dimana menunjukkan alat angkut *dump truck*

Mitsubishi Fuso 220 Ps belum mampu mencapai target produksi perusahaan sebesar 200 ton/jam yang diakibatkan karena rendahnya waktu kerja efektif dan tidak terdapatnya kerserasian kerja alat gali muat dan alat angkut.

- Setelah dilakukan analisis didapat efisiensi kerja aktual berdasarkan dari jam kerja alat gali-muat dan alat angkut PT. Haswi Kencaa Indah adalah efisiensi kerja *excavator Doosan 500 lcv* 56,49% dan efisiensi kerja *dump truck Mitsubishi Fuso 220 Ps* 32,70%.
- Adapun penyebab tidak tercapainya target produksi diantaranya ialah jam kerja alat mekanis yang tidak efisien sehingga terdapat banyak alat yang *stanby* dan tidak serasinya alat gali muat sehingga menyebabkan terjadinya antrian *dump truck* saat pemuatan *overburden*.
- Tindakan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi adalah dengan upaya meningkatkan jam kerja efektif alat mekanis sehingga efisiensi kerja meningkat dan menerapkan simulasi teori antrian untuk menghitung kebutuhan alat yang sesuai sehingga tidak terjadi antrian.
- Setelah dilakukan analisa kebutuhan alat dengan metode teori antrian didapatkan 1 unit alat gali muat *Excavator Doosan 500 lcv* mampu melayani 4 unit alat angkut *dump truck Mitsubishi Fuso 220 Ps* agar tidak terjadinya waktu tunggu pada alat angkut tersebut sehingga terjadinya peningkatan produktivitas alat gali muat *Excavator Doosan 500 lcv* menjadi sebesar 251,14 ton/jam dan produktivitas alat angkut menjadi sebesar 287,73 ton/jam.

5.2 Saran

- Sebaiknya PT. Haswi Kencana indah mengoptimalkan jam efektif kerja supaya tidak banyak waktu kerja yang terbuang sehingga produktivitas dapat tercapai.
- Berdasarkan pengamatan di lapangan alat angkut masih mengantri, maka penulis menyarankan melakukan analisa penentuan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut supaya tidak terjadinya antrian dengan melakukan analisa menggunakan metode simulasi teori antrian.

Daftar Pustaka

- [1] Sugiyono, P. (2011). *Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- [2] Yusuf, A. M. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif & penelitian gabungan*. Prenada Media.

- [3] Nawawi, H. H. (1983). *Metode Penelitian Deskriptif*. Yogyakarta: Gajah Mada.
- [4] Rahman, S., & Saismana, U. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Liebherr 9400 Dalam Kegiatan Pindahan Overburden Di PT. Rahman Abdijaya Jobsite PT. Adaro Indonesia*. *Jurnal HIMASAPTA*, 2(3).
- [5] Pfeleider, Eugene .P. (1972). *Surface Mining 1st Edition*. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum.
- [6] Liemin, A., Anshariah, A., & Bakri, H. (2018). *Evaluasi Produksi Overburden pada Front Kerja Excavator Hitachi Shovel*. *Jurnal Geomine*, 6(1).
- [7] Anaperta, Y. M. (2016). *Evaluasi Keserasian (Match Factor) Alat Muat dan Alat Angkut Dengan Metode Control Chart (Peta Kendali) Pada Aktivitas Penambangan di Pit X PT Y*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 9(1), 73-85.
- [8] Shaddad, A. R. (2017). *Analisis Keserasian Alat Mekanis (Match Factor) Untuk Peningkatan Produktivitas*. *Jurnal Geomine*, 4(3).
- [9] Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta.
- [10] Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
- [11] Sumarya. (2012). *Bahan Ajar Alat Berat dan Interaksi Alat Berat*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [12] Herlita, P., & Murad, M. (2018). *Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Soil di Area 242 Dengan Penerapan Metoda Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi Clay 3000 Ton/hari*. *Bina Tambang*, 3(3), 1310-1319.
- [13] Anaviroh. (2018). *Model Antrian Satu Server Dengan Pola Kedatangan Berkelompok (Batch Arrival)*. *Jurnal Penelitian* 4(2).
- [14] Ercelebi, S. G., & Bascetin, A. (2009). *Optimization of shovel-truck system for surface mining*. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 109(7), 433-439.
- [15] Elvionita, D. R., Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M. (2018). *Kajian Sistem Kerja Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Dengan Penerapan Metode Antrian Di Pit Taman Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk*. *Bina Tambang*, 3(2), 819-834.
- [16] Rahman, F., Sumarya, S., & Yulhendra, D. (2018). *ANALISIS MENAJEMEN FLEET PADA KEGIATAN PENGUPASAN OVERBURDEN PT. ARTAMULIA TATAPRATAMA DI DESA TANJUNG BELIT, KECAMATAN JUJUHAN, KABUPATEN MUARO BUNGO*. *Bina Tambang*, 3(2), 656-666.