

Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi 25.000 Ton/Bulan Pada Penambangan Batu Kapur PT. Bakapindo Di Jorong Durian, Kenagarian Kamang, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat

Egivvano Iranda^{1*}, and Tri Gamela Saldy^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

egivvanoiranda@gmail.com

trigamelasaldy@ft.unp.ac.id

abstrack .This study aims to obtain an effort to increase the effective working time to achieve production targets and to obtain the need for loading and unloading equipment and transportation equipment needed to reduce waiting time by using queue theory at PT Bakapindo mining. Mining at PT Bakapindo is carried out using the quarry method, PT Bakapindo's production in May was 11837 tons/month and this did not meet the set target of 25,000 tons/month, digging tools used in PT Bakapindo 1 unit CAT 320 excavator and 2 units Mitsubishi Fuso 220 Ps, the productivity obtained from this tool is 15769.35 tons/month. By improving the efficiency of work time which can be increased to 84% and improving the composition of the tool, 1 unit of CAT 320 equipment can serve 3 units of Mitsubishi Fuso 220 Ps, so the productivity is 33028.67 tons/month. The results of this study indicate that the effective working time and working compatibility of mechanical tools are actually not maximized.

Kata Kunci : Productivity, Work Efficiency, Match Factor, Excavator, Dump Truck.

1. Pendahuluan

CV.Bukit Raya didirikan pada tanggal 5 Oktober 1981 berdasarkan akta No.9 oleh Notaries Achtar SH di Bukittinggi Provinsi Sumatera Barat, berlokasi di Jorong Durian, Nagari Kamang Mudiak, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Luas area batu kapur yang dimilikisaat ini adalah 60 Ha dan 15 Ha diantaranya telah mendapatkan surat izin penambangan daerah (SIPD) dari gubernur kepala daerah tingkat 1 Sumatera Barat dengan nomor surat 303.545/10/DTB-92 tanggal 19 Mei 1992.

Metode penambangan yang dilakukan pada PT Bakapindo menggunakan metode quarry. Berdasarkan observasi pada bulan Mei target produksi pada PT Bakapindo dalam sebulan yaitu 25000 ton. Bila ditetapkan satu bulan 30 hari kerja, rata rata waktu kerja yang direncanakan tiap harinya yaitu 8 jam.

Untuk mencapai target produksi sebesar 25000 ton/bulan itu, perusahaan menggunakan 1 unit alat gali muat CAT 320 dan 2 alat angkut Mitsubishi Fuso 220 Ps. Saat observasi ditemukan 2 kendala faktor yang mengakibatkan turunnya produktivitas alat angkut. Faktor pertama ditemukannya ketidakserasian antara alat gali muat dan alat angkut yang menyebabkan timbulnya waktu tunggu alat gali muat pada saat

pemuataan. Faktor edua rendahnya watu erja efektif aktual alat yang mengaibatkan terjadinya hambatan yang tidak terencana.

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang digunakan untuk melakukan kegiatan operasi penambangan. Efisiensi kerja akan menjadi besar apabila waktu kerja efektif semakin mendekati jumlah waktu yang tersedia. Tinggi rendahnya waktu kerja efektif di pengaruhi oleh besarnya hambatan yang terjadi pada saat operasi. Hambatan yang terjadi dapat berupa hambatan yang telah direncanakan maupunhambatan yang tidak direncanakan.

Hambatan yang direncanakan adalah hambatan pada waktu jam kerja yang menyebabkan hilangnya waktu kerja dikarenakan kegiatan rutin yang sudah direncanakan atau sudah diperhitungkan untuk tidak menghambat pencapaian produksi. Hambatan yang tidak direncanakan adalah penyimpangan terhadap waktu kerja yang dijadwalkan, biasanya terjadi akibat kelalaian maupun kesalahan teknis pada saat beroperasi. Hambatan ini menyebabkan semakin berkurangnya waktu kerja efektif yang mengakibatkan rendahnya efisiensi kerja untuk mencapai rencana target produksi.

Selain waktu kerja efektif, keserasian kerja alat mekanis memberi berpengaruh terhadap pencapaian produksi, yang berdampak terhadap mobilitas alat mekanis dalam melakukan pekerjaan. Keserasian kerja yang dimaksud adalah keserasian kerja secara bersama antara alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai kinerja optimal. Keserasian kerja alat mekanis ini bertujuan untuk meminimalisir waktu tunggu tanpa rencana pada saat beroperasi.

Dari penjelasan tersebut yang dikemukakan tujuan penelitian ini adalah untuk Diperolehnya produktivitas kerja 1 alat gali muat dan 2 alat angkut di penambangan batukapur PT Bakapindo, dan mendapatkan upaya peningkatan waktu efektif kerja untuk mencapai target produksi pada penambangan batukapur di PT Bakapindo. Mendapatkan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut yang diperlukan untuk mengurangi waktu tunggu dengan menggunakan teori antrian pada penambangan PT Bakapindo.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat

2.1.1 Pola Pemuataan

Pola pemuatan yang digunakan di lapangan tergantung pada kondisi lapangan dan alat mekanis yang digunakan, dengan harapan bahwa setiap alat angkut yang datang, maka mangkuk (bucket) alat gali-muat sudah yang terisi penuh akan siap untuk dipindahkan ke alat angkut. Pemuatan material oleh excavator ke dalam dumptruck ditentukan oleh kedudukan alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah Top loading atau Bottom loading.

Faktor pengembangan material (Swell Facktor)

Swell factor atau faktor pengembang ialah perbandingan anatara material dalam keadaan insitu dengan material dalam keadaan loose.

2.1.2 Faktor pengembangan material (Swell Facktor)

Swell factor atau faktor pengembang ialah perbandingan anatara material dalam keadaan insitu dengan material dalam keadaan loose.

2.1.3 Bucket Fill Factor

Besarnya nilai faktor isian mangkuk (*Bucket Fill Factor*) tergantung dari jenis material yang akan digali.

2.1.4 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus perkerjaan. Waktu siklus (Cycle Time) terdiri dari dua jenis, yaitu

waktu tetap (*fixed time*) dan waktu tidak tetap (*variable time*)

2.1.5 Ketersediaan Alat Mekanis

Ketersian alat gali muat dan alat angkut yang ada di pertambangan

2.1.6 Efisiensi Kerja (*Effective Utilization*)

Menurut Rochmanhadi (1992;7) dalam memulai suatu proyek, produktivitas perjam dari alat yang digunakan adalah produktivitas standar dari alat tersebut dalam kondisi edeal yang dikalikan oleh suatu faktor, faktor tersebut dinamakan *Effective Utilization*.

2.1.7 Sinkronisasi Alat Muat dan Alat Angkut

Keserasian kerja adalah keserasian antara alat muat yang dengan alat angkut, untuk mencapai efisiensi 100%. Pada hal ini dapat diketahui bahwasannya sinkronisasi alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan yaitu menggunakan *match factor* (faktor keserasian) alat muat dan alat angkut

2.2 Teori Antrian

Pada tahun 1910, seorang insinyur dari Denmark bernama A. K. Erlang menemukan dan mengembangkan Teori Antrian. Erlang yang mengembangkan teori antrian ini menerbitkan sebuah buku dengan judul "*Solution of Some Problems in The Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchange*". Setelah Perang Dunia ke II, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987). Teori antrian merupakan teori yang membahas studi matematis dari antrian- antrian atau baris-baris tunggu. Baris antrian merupakan hal yang biasa terjadi apabila kebutuhan akan suatu pelayanan telah melebihi kemampuan pelayanan. Pengambilan keputusan mengenai jumlah kapasitas ini harus dapat ditentukan, meskipun tidak dapat dibuat prediksi yang tepat mengenai kapan unit-unit yang butuh pelayanan akan datang atau berapa waktu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pelayanan tersebut. Meskipun demikian, teori antrian juga menyumbangkan informasi yang penting dalam membuat keputusan dengan cara memperkirakan beberapa karakteristik dari baris antrian, contohnya waktu tunggu rata-rata (Dimiyati, 1992).

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang dipakai yaitu metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif yaitu metode penelitian yang digunakan untuk meneliti populasi atau suatu sampel yang ada. Penelitian ini menggunakan data yang bersifat kuantitatif

3.2 Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan teori-teori yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas di lapangan melalui buku-buku, laporan penelitian sebelumnya dan literatur dari internet mengenai produktivitas, keserasian alat gali muat dan angkut dalam upaya pencapaian target produksi.

3.2.2 Pengambilan Data

Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa pengumpulan informasi dan data, untuk bertujuan mendapatkan pemahaman mengenai objek penelitian. Untuk mendapatkan data atau informasi tersebut penulis menggunakan pengambilan data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan dengan melihat yang di lapangan, data ini berupa data waktu edar persiklus *excavator* dan waktu edar persiklus alat angkut untuk pengangkutan batu kapur di area PT Bakapindo sedangkan data sekunder yaitu data berasal dari perusahaan tempat penelitian, data ini berupa Target Produksi Penambangan, Jam Jalan Aktual Alat Mekanis, Spesifikasi Alat, Jumlah Alat, Peta Lokasi Penambangan

3.2.3 Pengolahan Data

Data yang diperoleh akan digunakan untuk acuan dalam menganalisa perhitungan produktivitas alat untuk mencapai target produksi penambangan

3.2.4 Pembahasan

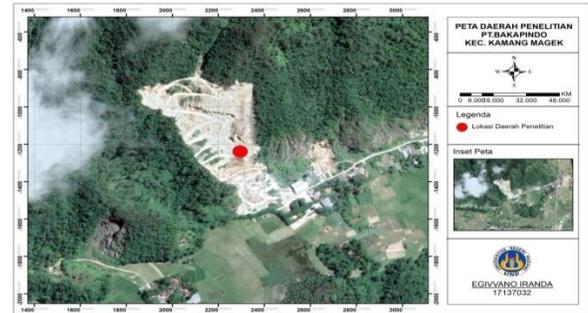
Pembahasan penelitian ini yaitu kemampuan produktivitas alat, upaya peningkatan produktivitas alat untuk mencapai target produksi, kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk mencapai target produksi.

3.2.5 Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan akhir dari kegiatan penelitian dengan melakukan penyusunan laporan berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengamatan, analisis data, dan pembahasan.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian PT Bakapindo terletak pada Jorong Durian, Kenagarian Kamang, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. PT Bakapindo dari sisi geografis, Nagari Kamang Magek berada di koordinat 100o 22' 42,51" BT sampai 100o 23' 21,92" BT dan 0o 12' 5,36" sampai 0o 12' 28,99" LS, dengan ketinggian pada 900m dari atas permukaan laut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Waktu Edar

Dari Hasil Penelitian yang penulis lakukan, penulis mendapatkan data cycle time rata rata yang bisa di lihat pada tabel

Tabel 1. Waktu Cycle Time Excavator CAT 320

Digging (detik)	Swing Loaded (Detik)	Dumping (Detik)	Swing Empty (Detik)	Cycle Time (detik)
8,4	5,4	3,6	3,7	21,1

Tabel 2. Waktu Cycle Time Mitsubishi Fuso 220 Ps

Manuver Loading (Detik)	Loading (Detik)	Hauling (Detik)	Manuver Dumping (Detik)	Dumping (Detik)	Return (Detik)	Clyce Time (Detik)	Delay (Detik)	Cycle Time Aktual (Detik)
22,84	198,31	167,26	26,76	26,22	108,87	550,25	288,43	838,69

4.1.2 Pengamatan Jam Kerja

Jam kerja adalah waktu yang dilakukan seorang untuk melakukan suatu pekerjaan *digging, loading, hauling, crushing*. Pada saat pengamatan penulis waktu kerja yang di tetapkan perusahaan seperti tabel

Tabel 3. Jam Kerja Yang di Tetapkan PT.Bakapindo

Jam Kerja	Keterangan
08.00 - 08.30	Pengisian Bahan Bakar
	Pengecekan Alat
	Pemindahan Alat ke Front
	Pemanasan Alat
08.30-12.00	Operasi Penambangan
12.00-13.00	Istirahat
	Sholat
	Makan
13.00-17.00	Operasi Penambangan

4.1.3 Efisiensi Kerja Alat

Waktu kerja efektif, waktu *repair*, waktu *standby* alat gali muat dan alat angkut dapat di lihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4. Jam kerja alat gali muat *Excavator* CAT 320 pada bulan september 2021 PT Bakapindo

Jenis Alat	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)
CAT 320	166,25 jam	5 jam	68,75 jam

Tabel 5. Jam kerja alat muat *Dump Truck* Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x20) pada bulan september 2021 PT Bakapindo

Jenis Alat	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)
Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)	168,75 jam	5 jam	66,25 jam

4.1.4 Jumlah Alat Muat dan Alat Angkut di Lapangan

Jumlah alat yang tersedia akan menunjang pencapaian target produksi perusahaan. Jumlah alat pada PT Bakapindo dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 6. Jumlah Alat Gali Muat dan Alat Angkut di PT Bakapindo

Nama Alat	Jumlah Alat
Excavator CAT 320	1
Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)	2

4.2 Produktivitas Alat Mekanis Aktual

4.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Mekanis

4.2.1.1 Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif ialah waktu kerja yang biasanya digunakan untuk melakukan kegiatan penggalian, pemuatan. Efisiensi kerja akan besar ketika banyak waktu semakin mendekati jumlah waktu yang tersedia. Waktu kerja efektif ini di dapatkan dari waktu kerja tersedia di kurangi dengan waktu hambatan yang ada di lapangan. Pada PT Bakapindo waktu kerja sehari yang di rencanakan yaitu 8 jam, waktu 8 jam tersebut di lapangan juga ada hambatan hambatan yang tekendala yang membuat tidak maksimalnya waktu tersebut.

Hambatan yang ada di lapangan tersebut akan mengurangi waktu kerja efektif alat mekanis yang nantinya akan menyebabkan turunnya produktivitas dari alat mekanis tersebut untuk mencapai target produksi yang telah di tetapkan perusahaan. Setelah melakukan penulis melakukan pengamatan di lapangan waktu hambatan dapat di lihat Tabel 8 dan 9

Tabel 7. Hambatan kerja yang tidak dapat dihindarkan

Hambatan Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut yang Tidak Dapat Dihindarkan			
No	Hambatan	Alat Gali Muat	Alat Angkut
1	Pemindahan Alat ke Front	10 menit	5 menit
2	Pengisian BBM	15 menit	15 menit
3	Pemanasan Alat	5 menit	5 menit
4	Pemeriksaan dan perawatan alat	10 menit	10 menit
5	Durasi Hujan	975 menit	975 menit
Total (menit)		2175 menit	2025 menit
Total (Jam)		36,25 jam	33,75 jam

Tabel 8. Hambatan kerja yang dapat dihindarkan

Hambatan Kerja alat gali muat dan alat angkut yang dapat dihindarkan			
No	Hambatan	Alat Gali Muat	Alat Angkut
1	Keteralabatan Operasi	20 menit	20 menit
2	Berhenti Operasi Sebelum Istirahat	15 menit	15 menit
3	Keteralabatan Kerja Sesudah Istirahat	20 menit	20 menit
4	Keperluan Operator	5 menit	5 menit
5	Berhenti Kerja sebelum Pulang	15 menit	15 menit
Jumlah		2250 menit	2250 menit
Total (Jam)		37,5 jam	37,5 jam

4.2.1.2 Efisiensi Kerja

Setelah mendapatkan data Waktu kerja efektif, waktu Repairs, dan waktu Standby maka selanjutnya melakukan perhitungan *Mechanical Availability*, *Physical Availability*, *Use Of Availability*, *Effektifitas Utilization*. Berdasarkan hasil analisa yang telah di lakukan, maka didapatkan ketersediaan alat mekanis yang menunjukkan kesiapan operasi alat mekanis seperti Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Efisiensi Kerja Alat

No	Nama Alat	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
1	Excavator CAT 320	97	97	70	69
2	Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 Ps	97	97	71	70

4.2.1.3 Pola Pemuatan

Pada PT Bakapindo pola pemuataa yang sering di gunakan yaitu pola pemutaan *Top Loading*. Pola pemuatan *Top Loading* adalah Kedudukan alat muat (excavator) lebih tinggi dari alat muat atau alat muat berada di atas tumpukan material atau berada di atas jenjang. Metode digunakan hanya pada alat muat backhoe.



Gambar 1. Pola Pemuataan Top Loading PT Bakapindo

4.2.1.4 Swell Factor (SF)

Swell faktor menunjukkan nilai perubahan penambahan ataupun pengurangan volume material (Batukapur) yang telah digali ketentuan dari buku Yanto Indonesianto (2005), yaitu untuk batu kapur pecah pecah di dapatkan SF nya yaitu 60%

4.2.1.5 Bucket Fill Factor (BFF)

Bucket fill factor adalah persentase kapaitas bucket aktual di lapangan dengan kapasitas bucket teori. Nilai Bucket Fill Factor yang ada pada penambangan PT bakapindo menggunakan rumus yang telah diketahui seperti di bawah ini

$$\begin{aligned}
 BFF &= \frac{Volume\ Bucket\ Aktual}{Volume\ Bucket\ Teori} \times 100\% \\
 &= \frac{1,089\ m^3}{1,19\ m^3} \times 100\% \\
 &= 0,92 \times 100\% \\
 &= 92\%
 \end{aligned}$$

4.2.1.6 Jumlah Pengisian Bucket (n)

Jumlah pengisian bucket (n) adalah Total berapa kali pengisian alat gali muat untuk memenuhi *vessel* satu *dumptruck*/ 1 siklus *vessel dumptruck* penuh.

Berdasarkan pengamatan penulis sewaktu di lapangan di PT Bakapindo untuk memenuhi 1 *vessel dumptruck*, perlu di lakukan 9 kali *digging* (pengisian).

4.2.2 Kemampuan Produktivitas Alat Mekanis Aktual

4.2.2.1 Kemampuan Produktivitas Alat Gali Muat Aktual

Untuk menghitung produktivitas dari alat gali muat dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(q1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(1,19m^3 \times 0,92m^3) \times 3600\ detik \times 0,69}{21,1\ detik}$$

$$Q = 128,88\ Bcm/jam$$

$$Q = 128,88\ Bcm/jam \times SF \times Db$$

$$Q = 128,88\ Bcm/jam \times 0,60 \times 2,63\ ton/bcm$$

$$Q = 203,37\ ton/ jam$$

4.2.2.2 Kemampuan Produktivitas Alat Angkut Aktual

Untuk menghitung produktivitas dari alat Angkut dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTa}$$

$$Q = \frac{(n \times q1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTa}$$

$$Q = \frac{(9\ bucket \times 1,19m^3 \times 0,92m^3) \times 3600\ detik \times 0,70}{838,69\ detik}$$

$$Q = 29,61\ Bcm/jam \times SF \times Db$$

$$Q = 29,61\ Bcm/jam \times 0,60 \times 2,63\ ton/bcm$$

$$Q = 46,724\ ton/jam$$

Berdasarkan hasil analisa kemampuan produktivitas alat mekanis aktual diatas dapat dilihat seperti Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Hasil perhitungan Produktivitas

Nama Alat	Produktivitas (ton/jam)	Jam Kerja Efektif (jam/bulan)	Produktivitas (ton/bulan)	Unit	Produktivitas (ton/bulan)
Excavator CAT 320	203,37	166,25	33810,26	1	33810,26
DumpTruck Mitsubishi Fuso 220 P	46,724	168,75	7884,68	2	15769,35

4.2.3 Keserasian kerja Alat Mekanis Aktual (Match Faktor)

Keserasian Match Faktor pada PT Bakapindo dengan menganalisa antara 1 unit alat gali muat CAT 320 dengan 2 alat angkut Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)

guna untuk mengetahui faktor kerja alat mekanis tersebut.

Keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Jumlah\ Alat\ Angkut\ (Na) = 2\ unit$$

$$Jumlah\ Alat\ Gali\ Muat\ (Nm) = 1\ unit$$

$$Banyak\ Pengisian\ (n) = 9\ pengisian$$

$$Waktu\ Edar\ Alat\ Gali\ Muat\ (Ctm) = 21,1\ detik$$

$$Waktu\ Edar\ Alat\ Angkut\ (Cta) = 838,69\ detik$$

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

$$MF = \frac{(2\ unit \times (21,1\ detik \times 9\ pengisian))}{1\ unit \times 838,69\ detik}$$

$$MF = \frac{379,8}{838,69}$$

$$MF = 0,46$$

Dari hasil analisa Match Faktor di atas maka dapat diketahui bahwasannya MF nya 0,46 yang artinya alat angkut bekerja 100% sedangkan alat gali muat tidak maksimal bekerja 100%, sehingga terjadinya waktu tunggu bagi alat muat.

Waktu tunggu alat gali muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini MF=1

$$MF = \frac{Banyak\ pengisian \times Jumlah\ alat\ angkut \times CT\ alat\ muat}{Jumlah\ alat\ muat \times CT\ alat\ angkut}$$

$$MF = \frac{Na \times (N \times Ctm)}{Nm \times Cta}$$

$$1 = \frac{2\ unit \times (9 \times 21,1\ detik)}{1\ unit \times Cta}$$

$$Cta = 379,8\ detik$$

Jadi waktu tunggu alat gali muat

$$= Ctm\ aktual - Ctm\ MF=1$$

$$= 838,69\ detik - 379,8\ detik$$

$$= 7,64\ menit$$

Dari hasil analisa di atas dengan MF=0,46 terdapat waktu tunggu bagi alat gali muat terhadap alat angkut selama 7,64 menit.

4.3 Analisis Perbaikan

4.3.1 Perbaikan Waktu Kerja Efektif Alat Mekanis

Untuk memperbaiki waktu efektif kerja ini salah satu upaya yang harus di lakukan PT Bakapindo dengan cara meningkatkan waktu kerja efektif alat tersebut. Ini dikarenakan waktu efektif kerja saling terhubung untuk hasil produktivitas alat mekanis, yang berarti makin tinggi waktu produktivitas, maka produktivitas semakin besar. dimana waktu hambatan tidak terduga harus di minimalisir se efektif mungkin untuk meningkatkan waktu kerja efisiensi agar meningkatnya produktivitas di PT Bakapindo

Tabel 11. Perbaikan Jam Kerja Alat Gali Muat Excavator CAT 320

Jenis Alat	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)
CAT 320	196,25 jam	5 jam	38,75 jam

Tabel 12. Perbaikan Jam Kerja Alat Gali Muat Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)

Jenis Alat	Waktu Kerja Efektif (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)
Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)	198,75 jam	5 jam	36,25 jam

4.3.2 Efisiensi Kerja Alat Setelah Perbaikan

Setelah di analisa waktu kerja setelah perbaikan, maka didapatkan ketersediaan alat mekanis menunjukkan keesiapan operasi alat maknis tersebut seperti Table 15.

Tabel 12. Rekapitulasi Perbaikan Efisiensi Kerja Alat

Nama Alat	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
Excavator CAT 320	98	98	84	82
Dump Truck Mitsubishi Fuso 220 Ps	98	98	85	83

4.3.3 Kemampuan Produktivitas Alat Mekanis Aktual Setelah Perbaikan

4.3.3.1 Kemampuan Produktivitas Alat Gali Muat Aktual Setelah Perbaikan

Untuk menghitung produktivitas dari alat gai muat dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(q1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(1,19m3 \times 0,92m3) \times 3600 \text{ detik} \times 0,82}{21,1 \text{ detik}}$$

$$Q = 153,17 \text{ Bcm/jam}$$

$$Q = 153,17 \text{ Bcm/jam} \times SF \times Db$$

$$Q = 153,17 \text{ Bcm/jam} \times 0,60 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$Q = 241,7 \text{ ton/ jam}$$

4.3.3.1 Kemampuan Produktivitas Alat Angkut Aktual Setelah Perbaikan

Untuk menghitung produktivitas dari alat Angkut dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(n \times q1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTa}$$

$$Q = \frac{(9 \text{ bucket} \times 1,19m3 \times 0,92m3) \times 3600 \text{ detik} \times 0,83}{838,69 \text{ detik}}$$

$$Q = 35,104 \text{ Bcm/jam} \times SF \times Db$$

$$Q = 35,104 \text{ Bcm/jam} \times 0,60 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$Q = 55,394 \text{ ton/jam}$$

Berdasarkan Pembahasan diatas dapat diperoleh produktivitas alat gali muat dan alat angkut setelah perbaikan yaitu seperti **Tabel 16** dibawah ini.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Produktivitas Setelah Perbaikan

Nama Alat	Produktivitas (ton/jam)	Jam Kerja Efektif (jam/bulan)	Produktivitas (ton/bulan)	Unit	Produktivitas (ton/bulan)
Excavator CAT 320	241,7	196,25	47433,63	1	47433,63
DumpTruck Mitsubishi Fuso 220 Ps	55,394	198,75	11009,56	2	22019,12

4.3.4 Analisis Kebutuhan Alat Mekanis

Analisa kebutuhan alat mekanis bertujuan untuk memperbaiki keserasian kerja (MF=1) antara 1 unit alat gali muat *excavator* CAT 320 dan 2 unit alat angkut *Dumptruck* Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2) yang bekerja di penambangan PT Bakapindo guna melihat berapa unit mempunyai alat angkut yang mampu dilayani 1 unit alat gali muat. Analisis kebutuhan alat mekanis ini dapat di lakukan dengan menggunakan teori antrian.

4.3.4.1 Penentuan Model Antrian

Dari hasil pengamatan penulis dilapangan barisan anrian termasuk ukuran kedatangan secara terbatas dan hanya dilayani oleh 1 unit alat gali muat *Excavator* CAT 320 maka pelayanannya adalah pelayanan tunggal (single server) dengan disipilin pelayanan pertama dilayani (FCFS= *First Come First Service*). Untuk 2 alat angkut *Dumptruck* Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2) sebagai pelanggan mempunyai sisten kerjaan yangng terdiri dari 4 tahap yang berulang-ulang sehingga untuk perhitungannya menggunakan model antrian putaran (tertutup),

4.3.4.2 Keadaan Sistem Pelayanan

Keadaan sistem pelayanan dapat ditetntukan dengan jumlah dan keadaan antrian alat angkut sebagai pelanggan yang terdiri dari 4 tahap. Tahapan tersebut antara lain

- 1) Tahap 1 merupakan tahap pelayanan alat gali muat untuk memuat material ke alat angkut hingga terisi penuh
- 2) Tahap 2 merupakan tahapan pelayanan sendiri dimana alat angkut dalam perjalanan untuk mengangkut material menuju *Crusher*.
- 3) Tahap 3 merupakan tahapan alat angkut menumpahkan material ke *Crusher*.
- 4) Tahap 4 merupakan tahap pelaynan sendiri, yaitu alat angkut tidak bermuatan (kosong) menuju ke frontloading.

4.3.4.3 Simulasi Teori Antrian

4.3.4.3.1 Penentuan Tingkat Pelayanan

4.3.4.3.1.1 Tahap 1 (T1)

$$T1 = \text{Waktu penempatan} + \text{waktu pengisian}$$

$$T1 = (\text{Waktu Manuver Loading} + \text{Waktu Loading}) + (\text{Waktu (Siklus Alat Gali Muat} \times \text{Banyak Pengisian)})$$

$$T1 = (0,38 \text{ menit} + 3,31 \text{ menit}) + (0,35 \text{ menit} \times 9 \text{ bucket})$$

$$T1 = 6,84 \text{ menit/truck}$$

$$\mu1 = \frac{1}{6,84 \text{ menit/truck}} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$\mu1 = 8,77 \text{ truck/jam}$$

$$\mu1 = 9 \text{ truck/jam}$$

4.3.4.3.1.2 Tahap 2 (T2)

T2 = Waktu perjalanan alat angkut terisi material (*Hauling*)

$$T2 = 2,79 \text{ menit/truck}$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2,79 \text{ menit/truck}} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$\mu_2 = 21,51 \text{ truck/jam}$$

$$\mu_2 = 22 \text{ truck/jam}$$

4.3.4.3.1.3 Tahap 3 (T3)

T3 = Waktu *Dumping*

$$T3 = 0,44 \text{ menit/truck}$$

$$\mu_3 = \frac{1}{0,44 \text{ menit}} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$\mu_3 = 136,37 \text{ truck/jam}$$

$$\mu_3 = 136 \text{ truck/jam}$$

4.3.4.3.1.4 Tahap 4 (T4)

T4 = Waktu perjalanan alat angkut tidak bermuatan (*Return*)

$$T4 = 1,24 \text{ menit/truck}$$

$$\mu_4 = \frac{1}{1,24 \text{ menit/truck}} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$\mu_4 = 48,38 \text{ truck/jam}$$

$$\mu_4 = 48 \text{ truck/jam}$$

4.3.4.3.2 Probalitas Keadaan Antrian

Jumlah alat yang dilayani (N) oleh 1 unit excavator CAT 320 adalah 2 unit dumptruck Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2) dengan 4 tahap antrian (M), dapat dicari banyak keadaan antrian dengan cara yaitu :

$$\frac{(N+M-1)!}{(M-1)!(N)!} = \frac{(2+4-1)!}{(4-1)!(2)!} = 10 \text{ keadaan}$$

Dari rumus diatas dapat lah keadaan antrian sebanyak 10 keadaan, maka setelah itu dapay menghitung koefisien keadaan sistem, contohnya untuk koefisien P (0,0,0,2) digunakan rumus

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,2) = \frac{\mu_1^{(K-n_1)}}{n_2! \mu_2^{n_2} \mu_3^{n_3} n_4! \mu_4^{n_4}}$$

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,2) = \frac{9^{(2-0)}}{0! 22^0 136^0 2148^2}$$

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,2) = \frac{81}{(1)(1)(1)(2)(2304)}$$

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,2) = \frac{81}{4608}$$

$$\text{Koefisien } P(0,0,0,2) = 0,0175781$$

Dengan menggunakan rumus seperti contoh di atas maka dicari sampai 10 keadaan yang mana sampai Koefisien P (0,0,1,1) . Pada tabel 13 dapat dilihat koefisien P pada Koefiesien P (2,0,0,0) bernilai 1, nilai ini menjadi dasar untuk menghitung probalitas masing masing keadaan sistem, dari itu dapat dilihat seperti dibawah ini

$$P(2,0,0,0) = \frac{1}{1,8845897} = 0,5306195$$

Sehingga probalitas tiap keadaan sistem yang berada pada Lampiran J dapat dihitung dengan rumus

$$P(0,0,0,2) = \text{Koefisien } P(0,0,0,2) \times P(0,0,0,2)$$

$$P(0,0,0,2) = 0,0175781 \times 0,5306195$$

$$P(0,0,0,2) = 0,0093273$$

Tabel 14. Probalitas Keadaan

Nomor Keadaan	Keadaan Sistem				Koefisien	Probalitas Keadaan
	n1	n2	n3	n4		
1	0	0	0	2	0,0175781	0,0093273
2	0	0	2	0	0,0043793	0,0023238
3	0	2	0	0	0,0836800	0,0444022
4	2	0	0	0	1,0000000	0,5306195
5	1	1	0	0	0,4090909	0,2170716
6	1	0	1	0	0,0661765	0,0351145
7	1	0	0	1	0,1875000	0,0994912
8	0	1	1	0	0,0270722	0,0143650
9	0	1	0	1	0,0767045	0,0407009
10	0	0	1	1	0,0124081	0,0065840
Total					1,884589656	1,0000000

4.3.4.3.3 Perhitungan Lq1, Lq3, η, Θ, Wq1 dan Wq3

4.3.4.3.3.1 Lq1

Lq 1 adalah antrian alat angkut saat akan dimuat oleh alat gali muat dengan syarat n1>1

$$Lq1 = (1 \times \sum \text{Probalitas keadaan } 4)$$

$$Lq1 = 1 \times 0,5306195$$

$$Lq1 = 0,5306195$$

$$Lq1 = 1 \text{ truck}$$

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan di atas perhitungan analisa antrian alat angkut pada tahap 1 terdapat 1 truck yang mengantri

4.3.4.3.3.2 Lq3

Lq3 adalah antrian alat angkut saat akan menumpahkan material ke *crusher* dengan syarat n3>1

$$Lq3 = (1 \times \sum \text{Probalitas keadaan } 4)$$

$$Lq3 = (1 \times 0,0023238)$$

$$Lq3 = 0,0023238$$

$$Lq3 = 0 \text{ truck}$$

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan di atas perhitungan antrian alat angkut pada tahap 3 hampir tidak ada antrian truck

4.3.4.3.3.3 η

η adalah tingkatan kesibukan pelayanan dari sebuah sistem pelayanan. Sistem pelayanan ini hanya terjadi pada tahap, maka dari itu kesibukan pelayanan sistem sama tingkat kesibukkan pelayanan pada tahap 1 yang akan dapat di hitung dengan syarat n1=0

$$\eta = \eta_1 = 1 - \sum(\text{probabilitas keadaan } 1,2,3,8,9,10)$$

$$= 1 - 0,1177032$$

$$= 0,8822968$$

$$= 88 \%$$

Excavator sebagai pelayan sistem pada tahap 1 memiliki tingkat kesibukkan 88%

4.3.4.3.3.4 Θ

Θ adalah jumlah pelanggan yang dapat dilayani pada pelayanan sistem. Sistem pelayanan ini terjadi

pada tahap 1, maka tingkat pelanggan yang dapat dilayani dapat dianalisa dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} \theta &= \eta_1 \times \mu_1 \\ &= 0,8822968 \times 9 \text{ truck/jam} \\ &= 7,9406712 \text{ truck/jam} \\ &= 8 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan di atas maka tingkat kedatangan pelanggan pada tahap 1 adalah 8 truck/jam

4.3.4.3.3.5. Wq1

Wq1 adalah waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat loading batukapur di *front loading* yang dapat di analisa dengan rumus :

$$\begin{aligned} Wq1 &= \frac{Lq\ 1}{\theta} \\ &= \frac{0,5306195 \text{ truck}}{7,9406712 \text{ truck/jam}} \\ &= 0,0668230036 \text{ jam} \\ &= 4,009 \text{ menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan di atas maka waktu tunggu alat angkut yang terjadi saat pemuataan material di *frontloading* adalah 4,009 menit

4.3.4.3.3.6. Wq3

Wq3 adalah waktu tunggu yang terjadi pada alat angkut pada saat penumpahan material batukapur di *crusher* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} Wq3 &= \frac{Lq\ 3}{\theta} \\ &= \frac{0,0023238 \text{ truck}}{7,9406712 \text{ truck/jam}} \\ &= 0,000293 \text{ jam} \\ &= 0,01758 \text{ menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan di atas maka waktu tunggu alat angkut yang terjadi saat pemuataan material di disposal area adalah 0,01759 menit

4.3.4.3.3.7. Waktu Edar Alat Angkut (CTa)

Berdasarkan simulasi teori antrian maka dapat dilihat di analisa waktu siklus alat angkut sebagai pelanggan dalam sistem pelayanan dengan rumus:

$$\begin{aligned} Cta &= \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_4} + Wq1 + Wq3 \right) \\ &= \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{22} + \frac{1}{136} + \frac{1}{48} + 0,066823 \text{ jam} + 0,000293 \text{ jam} \right) \\ &= 0,30186785 \text{ jam} \\ &= 18,11 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.3.4.3.3.8. Tingkat Kedatangan Pelanggan (λ)

Tingkat kedatangan pelanggan menunjukkan rata rata kedatangan pelanggan perjamnya untuk dilayani oleh pelayanan sistem. Tingkat kedatangan setiap pelanggan perjamnya dapat digitung menggunakan rumus

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda I = \frac{1}{CTa} \\ &= \frac{1}{0,30186785 \text{ jam}} \\ &= 3,31270786 \text{ truck/jam} \\ &= 3 \text{ truck/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan teori antrian ini dapat dilihat jumlah pelanggan ideal pelanggan yang mampu untuk dilayani oleh sistem pelayanan perjamnya dengan rumus

$$\begin{aligned} N &= \frac{\mu_1}{\lambda} \\ &= \frac{9 \text{ truck/jam}}{3 \text{ truck/jam}} \\ &= 3 \text{ unit} \end{aligned}$$

Jadi dari hasil analisa teori antrian ini diketahui bahwasannya 1 unit alat gali muat *excavator* CAT 320 sebagai sebuah sistem pelayanan mapu untuk melayani 3 unit *dumptruck* Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2)

4.3.5 Keserasian kerja Alat Mekanis Aktual (*Match Faktor*) setelah perbaikan

Setelah menggunakan teori antrian maka diketahui bahwasannya 1 unit alat gali muat *Excavator* CAT 320 mampu melayani 3 alat angkut Mitsubishi Fuso 220 Ps (4x2) Maka keserasia kerja didapatkan adalah berikut ini :

- Jumlah Alat Angkut (Na) = 3 unit
- Jumlah Alat Gali Muat (Nm) = 1 unit
- Banyak Pengisian (n) = 9 pengisian
- Waktu Edar Alat Gali Muat (Ctm) = 21,1 detik
- Waktu Edar Alat Angkut (Cta) = 838,69 detik

$$\begin{aligned} MF &= \frac{(Na \times (Ctm \times n))}{Nm \times Cta} \\ MF &= \frac{(3 \text{ unit} \times (21,1 \text{ detik} \times 9 \text{ pengisian}))}{1 \text{ unit} \times 838,69 \text{ detik}} \\ MF &= \frac{569,7}{838,69} \\ MF &= 0,70 \end{aligned}$$

4.3.6 Kemampuan Produktivitas Alat Mekanis Setelah Perbaikan

4.3.6.1 Kemampuan Produktivitas Alat Gali Muat Setelah Perbaikan

Produktivitas alat gali muat dapat dihitung seperti dibawah ini

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm} \\ Q &= \frac{(q_1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTm} \\ Q &= \frac{(1,19m3 \times 0,92m3) \times 3600 \text{ detik} \times 0,69}{21,1 \text{ detik}} \\ Q &= 128,88 \text{ Bcm/jam} \\ Q &= 128,88 \text{ Bcm/jam} \times SF \times Db \end{aligned}$$

$$Q = 128,88 \text{ Bcm/jam} \times 0,60 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$Q = 203,37 \text{ ton/ jam}$$

Dengan jam kerja efektif setelah perbaikan 196,25 jam/bulan maka didapatkan produktivitas alat gali muat sebesar 47433,63 ton/bulan. Dengan meningkatnya efesiensi kerja maka target produksi batukapur pada PT Bakapindo selama perbulan sebesar 25.000 ton dapat tercapai.

4.3.6.2 Kemampuan Produktivitas Alat Angku Setelah Perbaikan

Produktivitas alat angkut dapat dihitung seperti dibawah ini

$$Q = \frac{q \times 3600 \times EU}{CTm}$$

$$Q = \frac{(n \times q1 \times k) \times 3600 \times EU}{CTa}$$

$$Q = \frac{(9 \text{ bucket} \times 1,19m^3 \times 0,92m^3) \times 3600 \text{ detik} \times 0,83}{838,69 \text{ detik}}$$

$$Q = 35,104 \text{ Bcm/jam} \times SF \times Db$$

$$Q = 35,104 \text{ Bcm/jam} \times 0,60 \times 2,63 \text{ ton/bcm}$$

$$Q = 55,394 \text{ ton/jam}$$

Dengan jam efektif setelah perbaikan 198,75 jam/bulan maka didapatkan produktivitas untuk 1 unit alat angkut *dumpruck* Mitsubishi Fuso 220Ps (4x2) sebesar 11009,56 ton/bulan. Setelah dilakukan simulasi teori antrian aka didapatkan 1 alat unit *excavator* CAT320 dapat melayani 3 *dumpruck* Mitsubisi Fuso 220 Ps (4x2). Maka didaptkan produktivitas dalam sebulan unit 3 unit *dumpruck* Mitsubishi Fuso 220 PS (4x2) sebesar 33028,69 ton/bulan. Maka dengan ini telah terget produksi PT Bakapindo sebesar 25.000 ton/bulan telah tercapai

Tabel 15. Rekapitulasi Produktivitas Alat Mekanis Penambangan Batukapur

Nama Alat	Produktivitas (ton/jam)	Jam Kerja Efektif (jam/bulan)	Produktivitas (ton/bulan)	Unit	Produktivitas (ton/bulan)
<i>Excavator</i> CAT 320	241,7	196,25	47433,63	1	47433,63
<i>DumpTruck</i> Mitsubishi Fuso 220 P	55,394	198,75	11009,56	3	33028,67

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari Hasil Analisa yang telah di dapatkan dapat disimpulkan bahawasanya :

- 1) Dari hasil analisa perhitungan yang di lakukan, maka didapatkan EU dari *excavator* CAT320 yaitu 69% dan EU dari 2 *Dumprtruck* Mitshubishi Fuso 220Ps adalah 70% maka didapatkan produktivitas 1 unit alat gali muat *excavaotor* tipe *Caterpillar* CAT 320 dan *Dumprtruck* Mitshubishi Fuso 220Ps (4x2) di PT Bakapindo menunjukan 15.769,35 ton/bulan, dengan produktivitas kedua alat mekanis ini belum mencapai target yang di tetapkan PT Bakapindo sebesar 25.000 ton/bulan,

dari hasil analisa yang telah di lakukan ini disebabkan oleh waktu kerja efektif yang rendah yang mana masih di bawah 70% ini menyebabkan terjadinya ketidakserasian kerja alat mekanis yang ada di PT Bakapindo. Untuk meningkatkan waktu kerja efektif maka perusahaan harus meminimalisir waktu hambatan dari jadwal yang telah di tentukan seperti waktu mulai kerja yang terlambat, Berhenti setelah istirahat yang kecepatan, keterlamabatan operasi setelah istirahat, keperluan operator dan berhenti yang terlalu awal sebelum pulang .setelah dilakukan perhitungan dengan meminimalisir waktu hambatan yang ada, , maka didapatkan EU dari *excavator* CAT320 setelah perbaikan yaitu 82% dan EU dari 2 *Dumprtruck* Mitshubishi Fuso 220Ps adalah 83% (Lampiran G)

- 2) Setelah dilakukan analisa efesiensi kerja setelah perbaikan yang telah di lakukan diapatakanlah EU setelah perbaikan *excavator* CAT320 setelah perbaikan yaitu 82% dan EU dari 2 *Dumprtruck* Mitshubishi Fuso 220Ps adalah 83%, maka didapatkan produktivitas 1 unit alat gali muat *excavaotor* tipe *Caterpillar* CAT 320 dan *Dumprtruck* Mitshubishi Fuso 220Ps (4x2) di PT Bakapindo menunjukan 220019,12 ton/bulan, ini menunjukan belum memenuhi target yang di tetapkan PT Bakapindo sebesar 25.000 ton/bulan, maka setelah ini dilakukan analisa kebutuhan alat dengan menggunakan perhitungan teori antrian didapatkan untuk 1 unit *excavator* *caterpillar* CAT 320 dapat melayani 3 unit *dumprtruck* Mitsusbihi Fuso 220 PS (4x2). ketika dilakukan perbaikan efesiensi kerja dan menggunakan teori antrian yang mana 1 unit *excavator* *caterpillar* CAT 320 dapat melayani 3 unit *dumprtruck* Mitsusbihi Fuso 220 PS (4x2) produktivitas dalam sebulan setelah perhitungan didapatkan sebesar 33.028,67 yang menunjukan produktivitas sudah mampu mencapai target produksi perusahaan sebesar 25000 ton/bulan

5.2 Saran

- 1) Seelah dilkukan analisa efesiensi kerja, dimana banyak waktu terbuang di waktu kerja yang tidak direncanakan, diperlukan disiplin kerja untuk mengurangi hambatan waktu kerja yang tidak direncanakan ini dengan pengawasan ketat oleh pengawas lapangan, penerapan sanksi bagi keterlabatan

kerja, penyediaan makan siang agar waktu istirahat dapat diminimalisir, karena waktu kerja ini mempengaruhi untuk mencapai target produktivitas yang telah ditetapkan perusahaan PT Bakapindo

- 2) 2. Berdasarkan analisa keserasian kerja (*Match Factor*) alat mekanis aktual sebesar setelah perbaikan 0,70 ($MF < 1$) dan kesiapan kerja alat mekanis, perusahaan perlu mengkaji kembali kebutuhan alat yang diperlukan dan keserasian kerja alat dalam penambangan guna memaksimalkan produktivitas yang didapatkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, N. (2015). Optimisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut dalam Mencapai Target Produksi PT Semen Bosowa Kabupaten MAros Provinsi Sulawesi Selatan. Jurusan Teknik Pertambangan Muslim Indonesia.
- [2] Brighton Samatomba, L. Z. (2019). *Evaluating and Optimizing the Effectiveness of Mining Equipment; the case of Chibuluma. Journal of Cleaner Production.*
- [3] H Alkatiri, S. A. (2019). *Synchronization Conveyance and Loading Equipment for Production Target In Mining Activities On Obi Island. Journal of Physics: Conference Series.*
- [4] Heksali, P., & Ansosry. (2019). Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Pada Penamban. Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No. 3.
- [5] Herlita, P. (2018). Analisis Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Soil di Area 242 Dengan Penerapan Metode Antrian untuk Memenuhi Target Produksi Clay 3000 Ton/Hari. Jurnal Bina Tambang.
- [6] Illham, M. A., & Mulya, G. (2019). Evaluasi Kinerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Metode Antrian dan Kapasitas Produksi Pada Penambangan Andesit di PT Bintang Sumatera Pasific. Jurnal Bina Tambang, Vol 5 No. 2.
- [7] Indonesianto. (2005). Pemandahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Universitas Veteran Yogyakarta.
- [8] M Gusman, Y. A. (2019). *Optimization of Digging and Loading Equipment and Hauling for Overburden Production with Quality Capacity Methods and Queing Methods in East Pit, August 2017 Period PT. Artamulia Tata Pratama, Site Tanjung Belit, Bungo, Jambi. Journal of Physics: Conference Series.*
- [9] M.Waqas, S. T. (2015). *Performance Measurement Of Surface Mining Equipment By Using Overall Equipment Effectiveness. Pakistan Journal of Science.*
- [10] Mousa Mohammadi, P. R. (2017). *Performance Evaluation Of Bucket Based Excavating, Loading And Transport (Belt) Equipment. Journal De Gruyter.*
- [11] Prodjosumarto. (1996). Pemandahan Tanah Mekanis. Bandung: ITB.
- [12] Rochmanhadi. (1992). Kapasitas dan Produksi Alat alat Berat. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [13] Suryana. (2010). Metodologi Penelitian Model Praktis Kuantitatif dan Kualitatif. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [14] Yuliana, S. (2018). Analisis Manajemen Fleet Pada Kegiatan Produksi Batu Andesit Dalam Penerapan Metode Antrian di PT Koto Alam Sejahtera Kabupaten 50 Kota . Jurnal Bina Tambang.