

PERHITUNGAN KEBUTUHAN UNIT *DUMP TRUCK* BERDASARKAN *MATCH FACTOR* DAN TEORI ANTRIAN PADA PENAMBANGAN BATUBARA DI PT. KAMALINDO SOMPURNA KECAMATAN PELAWAN KABUPATEN SAROLANGUN PROVINSI JAMBI

Wildan Basuki, Marisa Oktavia, Azdy Elfistoni
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo

ABSTRAK

Pada penambangan batubara di PT. Kamalindo Sompurna, alat mekanis yang digunakan adalah 1 (satu) unit *excavator* Komatsu PC 400 dan 5 (lima) unit *dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS dengan target produksi 59.400 Ton/Bulan. Penggunaan alat tambang yang tidak optimal akan menimbulkan dampak pada target produksi yang ingin dicapai dan biaya yang dikeluarkan. Kondisi ideal dalam proses pemuatan dan pengangkutan material sangat sulit dicapai. Akan tetapi, hal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan efisiensi terhadap jumlah *dump truck*. Salah satu metode simulasi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan jumlah unit alat angkut yaitu dengan menggunakan metode antrian dan faktor keserasian (*match factor*). Dengan teori antrian, dapat ditentukan jumlah dump truk yang dibutuhkan untuk mendapatkan produksi optimal. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah menghitung jumlah produksi batubara untuk alat angkut dari teori antrian dan menghitung jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan untuk penambangan batubara berdasarkan *match factor*. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif dengan mengumpulkan data primer dan sekunder, melakukan pengolahan data primer dan sekunder, analisis data berdasarkan perhitungan yang dilakukan dan pengamatan dilapangan serta mengambil kesimpulan. Dari pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka didapat hasil penelitian sebagai berikut, target produksi batubara yaitu 59.400 Ton/bulan, produksi batubara aktual 5 alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS sebesar 42.345,9 Ton/Bulan, sedangkan produksi batubara dengan metode teori antrian menggunakan 6 unit alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS sebesar 65.179,8 Ton/Bulan. Jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan untuk penambangan batubara berdasarkan *match factor* aktual yaitu 5 unit *dump truck* dan berdasarkan teori antrian yaitu 6 unit *dump truck*.

Kata kunci : Produksi, *Match Factor* dan Teori Antrian

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara PT. Kamalindo Sompurna menggunakan rangkaian kerja alat gali muat *excavator* Komatsu PC 400 dan alat angkut *dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS. Penambangan merupakan satu rangkaian kegiatan yang kompleks dimana satu dengan yang lainnya saling terkait. Dalam proses penambangan, faktor peralatan merupakan faktor yang sangat penting dalam menjamin keberlangsungan produksi. Ketersediaan jumlah *dump truck* dan alat gali muat merupakan hal yang sangat penting bagi kelangsungan produksi. Jumlah alat mekanis yang berlebih akan mengakibatkan meningkatnya biaya pengeluaran operasi produksi, sementara jumlah alat angkut yang sedikit akan mengurangi jumlah produksi tambang. Kondisi ideal dalam proses

pemuatan dan pengangkutan material sangat sulit dicapai. Akan tetapi, hal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan efisiensi terhadap jumlah *dump truck*. Salah satu metode simulasi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan jumlah unit alat angkut yaitu dengan menggunakan metode antrian dan faktor keserasian (*match factor*). Dengan teori antrian, dapat ditentukan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan untuk mendapatkan produksi optimal.

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah :

1. Menghitung produksi batubara aktual pada alat angkut Mitsubishi Fuso 220 PS dari teori antrian.
2. Menghitung jumlah *dump truck* yang dibutuhkan pada kegiatan penambangan batubara berdasarkan *match factor* dan teori antrian.

Dalam penelitian ini penulis hanya membahas tentang jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan untuk mencapai produksi batubara berdasarkan *match factor* dan teori antrian.

LANDASAN TEORI

1. Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu Edar Alat Gali Muat Waktu edar alat gali muat terdiri dari waktu untuk menggali, waktu ayunan bermuatan, waktu untuk menumpahkan material, waktu ayunan kosong.

$$Cycle\ Time = Dgt + STL + DpT + SET$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- DgT : Waktu penggalian (detik)
- STL : Waktu ayun bermuatan (detik)
- DpT : Waktu penumpahan material (detik)
- SET : Waktu ayun kosongan (detik)

2. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut pada umumnya terdiri dari waktu menunggu alat untuk dimuat, waktu di isi muatan, waktu mengangkut muatan, waktu dumping, waktu kembali kosong. Persamaan waktu edar alat angkut adalah sebagai berikut :

$$Cycle\ Time = LT + HLT + SDT + DT + RT + SLM$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- CT : Waktu edar (detik)
- LT : Waktu pemuatan material (detik)
- HLT : Waktu pergi bermuatan (detik)
- SDT : Waktu manuver sebelum menumpah (detik)
- DT : Waktu menumpahkan material (detik)
- RT : Waktu kembali tanpa muatan (detik)
- SLM : Waktu manuver sebelum dimuati (detik)

Produktivitas Alat Gali Muat

Alat yang digunakan untuk pekerjaan pemuatan material pada penambangan overburden (OB) adalah *excavator*. Produksi perjam *excavator* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Ctm}$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- Q = Produktivitas *excavator* perjam (m³/jam)
- q = Kapasitas produksi persiklus (m³)
- E = Efisiensi kerja
- Ctm = Waktu siklus (s)

Kapasitas produksi persiklus *excavator* dapat ditentukan dengan rumus :

$$q = q1 \times K$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- q = Produktivitas persiklus (m³)
- q1 = Kapasitas *bucket* (m³)
- K = Faktor *bucket*

Produktivitas Alat Angkut

Pengangkutan adalah kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral atau OB dari daerah tambang atau tempat pengolahan dan pemurnian sampai tempat penyerahan. Produksi perjam alat angkut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Ctm}$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- Q = Produksi alat angkut perjam (m³/jam)
- q = Kapasitas produksi persiklus (m³)
- E = Efisiensi kerja alat
- Ctm = Waktu siklus (menit)

Kapasitas produksi persiklus alat angkut dihitung dengan rumus :

$$q = q1 \times K \times n$$

(Nurhakim, 2004)

Keterangan :

- q = Kapasitas perduksi persiklus (m³)
- q1 = Kapasitas *bucket* (m³)
- n = Jumlah siklus yang diperlukan untuk mengisi alat angkut
- K = *Faktor bucket*

Faktor Keserasian (*Match Factor*)

Faktor keserasian (*Match factor*) ini digunakan untuk mengetahui jumlah alat angkut yang sesuai (serasi) saat melayani satu unit alat gali muat.

$$MF = \frac{NT \times CL}{nL \times CT}$$

(Yanto Indonesianto,123:100)

Keterangan :

NT = Jumlah alat angkut (unit)

nL = Jumlah alat muat (unit)

CL = Waktu edar alat muat mengisi penuh 1 bak truk

CT = *Cycle Time* alat angkut (menit)

Perhitungan Produksi

Produksi adalah jumlah produksi atau hasil kerja persatuan waktu (per *shift*/per hari/per bulan). Menurut Bara Mukthi Pratama (2011) perhitungan produksi dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = \text{Schedule jam kerja} \times PA \times UA \times \text{Produktivitas}$$

Keterangan :

Produksi = Hasil kerja persatuan waktu (Ton/*shift*)

Schedule jam kerja = Waktu kerja tersedia (jam)

PA = Ketersediaan fisik alat

UA = Ketersediaan penggunaan alat

Produktivitas = Hasil kerja persatuan waktu (Ton/jam)

Teori Antrian

Pengelompokkan fasilitas pelayanan menurut jumlah yang tersedia (Aminudin 2005).

1. *Single channel single phase* (satu antrian satu pelayanan).
Sistem ini adalah yang paling sederhana. *Single channel* berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan. Rumus-rumus yang digunakan yaitu :

$$\begin{array}{|l|} \hline L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|l|} \hline W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|l|} \hline P = \frac{\lambda}{\mu} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|l|} \hline P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|l|} \hline L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|l|} \hline W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|l|} \hline P_n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \\ \hline \end{array}$$

Keterangan :

Λ = Rata-rata tingkat kedatangan/jam

μ = Rata-rata tingkat pelayanan/jam

L_q = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam antrian (unit)

L_s = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam sistem (unit)

W_q = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam antrian (Jam)

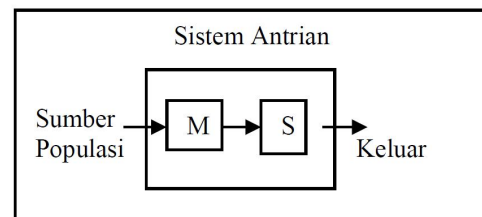
W_s = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam sistem (Jam)

P = Tingkat intensitas fasilitas pelayanan

P_n = Probabilitas kepastian n pelanggan dalam sistem

P_0 = Probabilitas tidak ada pelanggan dalam Sistem

Secara umum sistem *Single channel single phase* dimodelkan sebagai berikut :



Gambar 1. Struktur Antrian Single Channel Single Phase

Keterangan :

M = Antrian

S = Fasilitas Pelayanan (*server*)

2. *Single channel multiple phase* (satu antrian beberapa pelayanan seri)
Istilah *multiphase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam *phase-phase*). Sebagai contoh : lini produksi massa, pencucian mobil, tukang cat mobil, dan sebagainya. Rumus-rumus yang digunakan yaitu :

$$Lq = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \left[\frac{1 - Q\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{Q-1} + (Q-1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)\left[1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^Q\right]} \right]$$

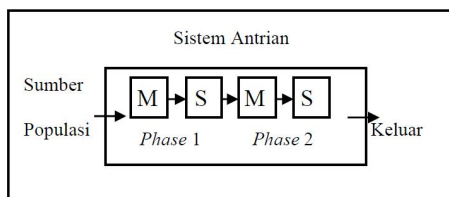
$$Ls = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \left[\frac{1 - (Q+1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^Q + Q\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{Q+1}}{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)\left[1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{Q+1}\right]} \right]$$

$$P = \left[\frac{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{Q+1}} \right] \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$$

Keterangan :

- λ = Rata-rata tingkat kedatangan/jam
- μ = Rata-rata tingkat pelayanan/jam
- Lq = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam antrian (unit)
- Ls = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam sistem (unit)
- P = Tingkat intensitas fasilitas pelayanan
- Q = Jumlah server

Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem *Single channel multi phase* :



Gambar 2 Struktur Antrian *Single Channel Multi Phase*

Keterangan :

- M = Antrian
- S = Fasilitas Pelayanan (*server*)

3. *Multiple channel single phase* (satu antrian beberapa pelayanan)

Sistem *Multi channel single phase* terjadi ketika ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3. Sebagai contoh model ini adalah pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket, pelayanan potong rambut oleh beberapa tukang rambut, dan sebagainya. Rumus-rumus yang digunakan yaitu :

$$P = \frac{\lambda}{S\mu} \quad L = Lq + \frac{\lambda}{\mu} \quad W = Wq + \frac{1}{\mu}$$

$$Lq = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} P_0$$

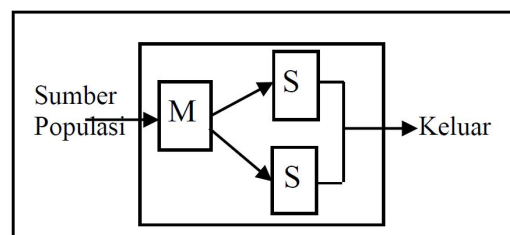
$$Pw = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \frac{P_0}{S! \left[1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right]} \quad Wq = \frac{P_0}{\mu S(S!) \left[1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right]^2} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) S$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S}{S! \left(1 - \frac{\lambda}{S\mu}\right)}}$$

Keterangan :

- λ = Rata-rata tingkat kedatangan/jam
- μ = Rata-rata tingkat pelayanan/jam
- Lq = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam antrian (unit)
- Ls = Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam sistem (unit)
- P = Tingkat intensitas fasilitas pelayanan
- Wq = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam antrian (Jam)
- P_0 = Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem
- Ws = Waktu menunggu rata-rata yang diharapkan dalam sistem (Jam)

Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem *Multi channel single phase* :



Gambar 3 Struktur Antrian *Multi channel Single Phase*

Keterangan :

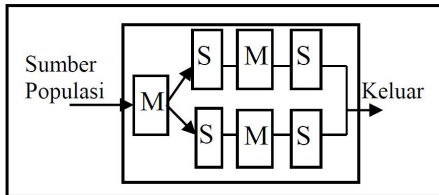
- M = Antrian
- S = Fasilitas Pelayanan (*server*)

4. *Multiple channel multiple phase* (satu antrian beberapa pelayanan seri)

Sistem *Multi channel-multiphase* ditunjukkan oleh gambar 4. Sebagai contoh, registrasi para mahasiswa di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah sakit mulai dari pendaftaran,

diagnosa, penyembuhan sampai dengan pembayaran. Pada umumnya, jaringan antrian ini terlalu kompleks untuk dianalisa dengan teori antrian, mungkin simulasi lebih sering digunakan untuk menganalisa sistem ini.

Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem Multiple channel Multiple phase



Gambar 4. Struktur Antrian Multiple Channel Multiple Phase

Keterangan :

M = Antrian

S = Fasilitas Pelayanan (server)

METODOLOGI PENELITIAN

Pengamatan dilapangan dengan pengamatan area penambangan, pengambilan data-data berupa : *Cycle Time* Alat Mekanis, *Match Factor*, Dokumentasi dan pendukung yang diambil dari perusahaan dan literatur-literatur yang berhubungan dengan analisa kebutuhan unit *dump truck*, antara lain : Sejarah Perusahaan, Struktur Organisasi, Kondisi Geologi dan Stratigrafi, Spesifikasi Alat yang Digunakan, Data Curah Hujan.

ANALISA DATA

Tahap analisis data ini meliputi perhitungan dari hasil pengolahan data, yaitu : menghitung waktu edar alat mekanis, menghitung waktu kerja efektif dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan tabel efisiensi kerja untuk berbagai kondisi, menghitung produksi alat mekanis serta menghitung jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan berdasarkan *match factor* dan teori antrian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Edar Alat Gali Muat

Waktu edar alat adalah jumlah waktu yang dibutuhkan (diperlukan) untuk siklus kerja suatu alat. Pada pengamatan ini, waktu edar alat gali muat terdiri atas empat bagian, yaitu

waktu menggali material (*digging time*), waktu ayun bermuatan (*swing load*), waktu tumpah (*dumping time*) dan waktu ayun kosong (*swing empty*). Total nilai rata-rata *cycle time* dan *delay time* yang terdapat pada alat gali muat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.

Rata-Rata *Cycle Time* Alat Gali Muat

<i>Cycle Time</i> (detik)	Komatsu PC 400 (detik)
<i>Digging</i>	8,35
<i>Swing Loading</i>	3,54
<i>Loading</i>	3,38
<i>Swing Empty</i>	3,41
<i>Waktu Edar</i>	18,69
<i>Delay Time</i>	46,93

Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar (*cycle time*) alat angkut adalah waktu edar rata-rata yang ditempuh oleh alat angkut mulai dari saat dimuati oleh alat gali muat sampai untuk dimuati kembali dalam keadaan kosong. Waktu edar alat angkut terdiri dari *spotting time* (manuver mengisi), *loading time* (waktu pengisian), *hauling time* (waktu pengangkutan), *manuver dumping* (manuver untuk membuang materil), *dumping* (membuang material), dan *return time* (waktu kembali kosong). Selain dari *cycle time*, juga terdapat waktu tunda (*delay time*). Waktu tunda ini disebabkan adanya *intersection* dan masalah teknis lainnya. Total rata-rata waktu edar (*cycle time*) dan *delay time* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata *Cycle Time* dan *Delay Time* Alat Angkut

Waktu Edar (detik)	Alat Angkut 1 (detik)	Alat Angkut 2 (detik)	Alat Angkut 3 (detik)	Alat Angkut 4 (detik)	Alat Angkut 5 (detik)
<i>Manuver</i>	28,74	28,8	28,78	28,78	28,9
<i>Loading</i>	144,4	150	147,7	149,7	150,5
<i>Hauling</i>	326,5	327,6	329,4	328,4	326,4
<i>Manuver</i>	33,17	33,18	33,68	33,71	33,78
<i>Dumping</i>	8,97	9,1	9,08	9,03	9,07
<i>Return</i>	181,4	200,3	199	199,1	199,1
Waktu Edar	698,5	749	747,7	748,6	747,7
Delay Time	50,97	57,1	50,97	58,83	58,27

Produksi Aktual Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Produksi aktual alat gali muat dan alat angkut adalah besarnya produksi yang dapat dicapai dalam kenyataan kerja alat gali muat

dan alat angkut berdasarkan kondisi saat ini. Tabel 3 menunjukkan bahwa pencapaian produksi alat gali muat sudah mencapai target produksi sedangkan pencapaian produksi alat angkut belum mencapai target yang ditentukan oleh perusahaan.

Tabel 3.
Pencapaian Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Aktual

Nama Alat	Produksi aktual (Ton/Bulan)	Target Produksi (Ton/Bulan)	Match Factor
Komatsu PC 400	71.452,5	59.4	0,63
Mitsubishi Fuso 220 PS	42.345,9		

Kebutuhan Unit *Dump Truck* Berdasarkan *Match Factor* dan Teori Antrian

Kebutuhan unit *dump truck* berdasarkan *match factor* optimum dengan menggunakan $MF=1$ yaitu 8 unit, sedangkan kebutuhan unit berdasarkan *match factor* aktual $MF=0,63$ yaitu 5 unit dan kebutuhan unit *dump truck* berdasarkan teori antrian yaitu 6 unit. Perbedaan kebutuhan unit *dump truck* berdasarkan *match factor* optimum dan teori antrian yaitu 2 unit, sedangkan berdasarkan *match factor* aktual dan teori antrian yaitu 1 unit. Berdasarkan hasil penelitian, untuk menghitung jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan untuk penambangan batubara lebih efisien berdasarkan teori antrian karena dengan menggunakan 6 unit target produksi batubara sudah tercapai 110% dan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan lebih sedikit serta secara tidak langsung biaya penambangan juga lebih sedikit.

Tabel 4.
Kebutuhan Unit *Dump Truck* Berdasarkan *Match Factor* dan Teori Antrian

Nama Alat	Kebutuhan Unit DT Berdasarkan Teori Antrian	Kebutuhan Unit DT Berdasarkan MF	
		MF Aktual	MF=1
Komatsu PC 400	1	1	1
Mitsubishi Fuso 220 PS	6	5	8

Tabel 5.
Pencapaian Produksi Unit *Dump Truck* Berdasarkan *Match Factor*

Nama Alat	Mitsubishi Fuso 220 PS
Kebutuhan Unit DT Berdasarkan MF = 1	8
Pencapaian Produksi (Ton/Bulan)	86.904,4

Tabel 6.
Pencapaian Produksi Unit *Dump Truck* Berdasarkan Teori Antrian

Nama Alat	Mitsubishi Fuso 220 PS
Kebutuhan Unit DT Berdasarkan Teori Antrian	6
Pencapaian Produksi (Ton/Bulan)	65.179,8

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan, pengolahan data dan analisis mengenai perhitungan kebutuhan jumlah *dump truck* yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah produksi alat angkut dari aktual sebesar 42.345,9 Ton/Bulan dengan total pencapaian produksi sebesar 71%, sedangkan produksi alat angkut berdasarkan teori antrian sebesar 65.179,8 Ton/Bulan dengan total pencapaian target produksi sebesar 110% dari target produksi perusahaan sebesar 59.400 Ton/Bulan.
2. Jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan untuk penambangan batubara berdasarkan *match factor* aktual yaitu 5 unit *dump truck* dan berdasarkan *match factor* optimum yaitu 8 unit *dump truck* sedangkan berdasarkan teori antrian jumlah unit *dump truck* yang dibutuhkan yaitu 6 unit *dump truck*.

SARAN

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan, pengolahan data dan analisis mengenai

analisis perhitungan kebutuhan *dump truck* yang dilakukan, maka penulis memberi saran sebagai berikut :

1. Dalam menentukan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan pada penambangan batubara, sebaiknya perusahaan menggunakan teori antrian.
2. Agar lebih konsisten menggunakan model teori antrian Single Channel Single Phase dengan sistem First Come First Service pada saat
3. melakukan pengisian ke alat gali muat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga
- Dimiyati, T.T dan Dimiyati, A. 1992. *Operasion Research*. Jakarta : Sinar Baru Algesindo
- Indonesianto, Yanto. 2005. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta : UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Kasiram, Mohammad. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif-kualitatif*. Malang: UIN Malang Press
- Komatsu. 2009. *Spesification and Handbook 30th Edition*.
- Nurhakim. 2004. Program Studi Teknik Pertambangan. Banjarbaru : Universitas Lampung Mangkurat.
- Prodjosumarto, Partanto. 1996. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung Departemen Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyono. 2003. *Metode Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Widi, Hartanto, (2005), *Pemindahan Tanah Mekanik (Alat-Alat Berat)*”, Cetakan Kedua, LPP UNS dan UNS Press, Suraka