

OPTIMASI *DUMP TRUCK* DENGAN METODE KAPASITAS PRODUKSI DAN TEORI ANTRIAN PADA TAMBANG BATU KAPUR DI PT. BIO ALAM INDONESIA PERSADA

Sofyan Yoga Pradana^{1*}, Kresna Oktafianto², Abdul Wahid Nuruddin³
Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban^{1,3}
Program Studi Matematika, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban²
yogadeniens@yahoo.co.id*

Abstrak– Pada penambangan batu kapur peralatan mekanis untuk pemuatan dan pengangkutan merupakan faktor yang sangat penting dalam operasional produksi pertambangan. Pada PT Bio Alam Indonesia Persada sebagai perusahaan pertambangan dengan menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Dalam proses penambangan batu kapur untuk mengetahui nilai produksi dan kinerja alat mekanis yang optimal serta meminimalkan kendala yang terjadi. Untuk meningkatkan nilai produksi perlu adanya perhitungan mengenai optimasi *excavator* dan *dump truck* dengan metode kapasitas produksi dan teori antrian. Tujuan metode tersebut untuk menentukan jumlah *dump truck* yang optimal dalam proses penambangan batu kapur. Penelitian ini mengambil pada 2 lokasi tambang PT Bio Alam Indonesia Persada pada Blok Bio 1 dengan 1 unit *excavator* dan 5 unit *dump truck* serta Blok Bio 2 dengan 1 unit *excavator* dan 5 unit *dump truck*. Berdasarkan hasil perhitungan simulasi, jumlah *dump truck* yang telah didapatkan dengan metode kapasitas produksi dan teori antrian didapatkan hasil perhitungan untuk metode kapasitas produksi pada Blok Bio 1 menggunakan 1 unit *excavator* komatsu PC 200 dan 6 unit *dump truck* mitsubishi canter 130 dan Blok Bio 2 menggunakan 1 unit *excavator* komatsu PC 200-01 dan 7 unit *dump truck* mitsubishi canter 130. Sedangkan untuk metode teori antrian didapatkan hasil pada Blok Bio 1 menggunakan 1 unit *excavator* komatsu PC 200-02 dan 5 unit *dump truck* mitsubishi canter-01 dan pada Blok Bio 2 menggunakan 1 unit *excavator* komatsu PC 200 dan 5 unit *dump truck* mitsubishi canter pada operasional penambangan batu kapur.

Kata Kunci – Optimasi Produksi, Metode Kapasitas Produksi, Teori antrian, *Dump Truck*, *Excavator*

I. PENDAHULUAN

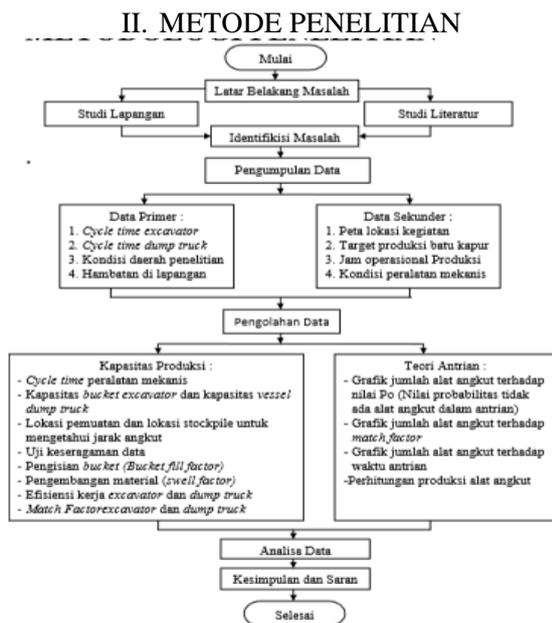
Dalam proses kegiatan penambangan batu kapur untuk memenuhi kebutuhan industri sering kali dituntut penyelesaian yang cepat, efisien dan dapat mencapai target yang ditentukan perusahaan. Untuk itu diperlukan penentuan jumlah yang sesuai dalam penggunaan alat-alat mekanis yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan tambang batu kapur. Kegiatan penambangan batu kapur di PT. Bio Alam Indonesia Persada sangat membutuhkan alat mekanis untuk menunjang target produksi serta mempermudah dan mempercepat proses kegiatan pertambangan batu kapur.

Ketersediaan jumlah *dump truck* dan alat muat merupakan hal yang sangat sensitif bagi kelangsungan produksi serta kondisi fisik peralatan yang kadang mengalami gangguan. Jumlah armada yang berlebih mengakibatkan biaya pengeluaran operasi membengkak, sementara jumlah armada yang sedikit akan mengurangi jumlah produksi tambang. Penelitian ini mengambil 2 lokasi pengamatan pada area tambang Bio Alam Indonesia 1 dan Bio Alam Indonesia 2 [1][2][3].

Berdasarkan volume kebutuhan setiap harinya batu kapur yang diminta oleh pihak Konsumen sangat berfluktuatif. Dengan target produksi 160 ton/jam dengan alat gali-muat yang digunakan adalah 2 unit *excavator* komatsu PC 200 serta 10 unit alat angkut *dump truck* Mitsubishi canter 8 ton dan dalam operasi kerja alat muat dan

angkut sendiri yang tidak konsisten dikarenakan beberapa kondisi adanya ketidakpastian waktu *down time* pada *excavator* dan *dump truck* serta mengakibatkan membengkaknya operasional tambang memenuhi kebutuhan produksi tambang, selain dari jumlah volume kebutuhan batu kapur yang berbeda [4],[5],[6]. Keadaan tersebut menjadikan kebutuhan alat angkut tidak dapat diprediksi. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa penentuan alat angkut pertambangan menjadi lebih sulit dan kompleks disamping keadaan tambang yang dapat berubah sewaktu waktu [7],[8]. Untuk mengetahui besarnya produksi pada setiap peralatan mekanis yang digunakan dengan metode kapasitas produksi adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam perhitungan. Selain itu, salah satu metode yang juga dapat digunakan untuk mengoptimasi produksi alat angkut dan alat gali muat adalah dengan menggunakan metode teori antrian [9], [10],[11].

Dengan metode kapasitas produksi dan teori antrian dapat ditentukan jumlah dan kapasitas *dump truck* yang dibutuhkan untuk mendapatkan produksi optimal sehingga dapat mencapai target yang diinginkan oleh perusahaan [12],[13],[14].



Gambar 1 : Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1 Optimasi Dump Truck Berdasarkan Kapasitas Produksi

1. Perhitungan Cycle Time Excavator

Tabel 1. berikut merupakan *cycle time* rata-rata yang didapatkan dari pengolahan data yang telah dilakukan.

Tabel 1: Cycle Time Rata-rata peralatan mekanis

Lokasi	Unit	Time (minute)				Total
		Menggal	Swing Muatan	Menumpahkan Muatan	Swing Kosong	
Blok Bio 1	Excavator Komatsu PC 200-01	0,09	0,05	0,04	0,04	0,22
Blok Bio 2	Excavator Komatsu PC 200-02	0,1	0,06	0,04	0,04	0,24

2. Perhitungan Cycle Time Dump Truck

Tabel 2. berikut merupakan *cycle time* rata-rata yang didapatkan dari pengolahan data yang telah dilakukan.

Tabel 2: Waktu Edar (cycle time) Rata-rata Alat Angkut

Lokasi	Unit	Jarak (meter)	Time (minute)					Total	
			Ambil Posisi Muat	Loading	Jalan Dengan Muatan	Ambil Posisi Dumping	Dumping		Kembali Kosong
Blok Bio 1	Mitsubishi Canter 136 PS-01	1000	0,34	2,48	4,87	0,24	0,25	3,85	12,04
Blok Bio 2	Mitsubishi Canter 136 PS-02	1300	0,39	2,91	6,15	0,26	0,27	4,66	14,64

3. Uji keseragaman Data

Uji keseragaman data bertujuan untuk menguji keseragaman dari data yang ada. Langkah-langkah untuk melakukan uji keseragaman data :

$$\bar{x} = \frac{6,25+5,53+\dots+6,63}{30}$$

$$= 5,56$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(6,25 - 5,66)^2 + (5,53 - 5,66)^2 + \dots + (5,53 - 5,66)^2}{30}}$$

$$= 0,61$$

$$BKA = 5,66 + (3 \times 0,61)$$

$$= 7,49 \text{ detik}$$

$$BKB = 5,66 - (3 \times 0,61)$$

$$= 3,09 \text{ detik}$$

4. Kemampuan Produksi Excavator PC200-01 Blok bio 1

Kemampuan produksi excavator dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan :

- Cycle time excavator (Ctm) : 0,22
- Kapasitas bucket (Cb) : 1,2 ton
- Bucket fill factor (Bff) : 95%
- Efisiensi Kerja (Ek) : 80,68%
- Swell factor (Sf) : 87%

$$P = \frac{60}{0,22} \times 1,2 \times 95\% \times 80,86\% \times 87\%$$

$$P = 218,23 \text{ ton/jam}$$

5. Kemampuan Produksi Excavator PC200-02 Blok bio 2

Kemampuan produksi excavator dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan :

- Cycle time excavator (Ctm) : 0,24
- Kapasitas bucket (Cb) : 1,2 m
- Bucket fill factor (Bff) : 95 %
- Efisiensi Kerja (Ek) : 80,68%
- Swell factor (Sf) : 87%

$$P = \frac{60}{0,22} \times 1,2 \times 95\% \times 80,86\% \times 87\%$$

$$P = 200,04 \text{ ton/jam}$$

6. Kemampuan Produksi Dump truck PC 200-01 Blok bio 1

Keterangan :

- Cycle time Dump Truck (Cta) : 12,04
- Jumlah dump truck (Na) : 5
- Kapasitas bucket (Cb) : 1,2
- Bucket fill factor (Bff) : 95%
- Banyak isian bucket (n) : 7
- Efisiensi Kerja (Ek) : 81,37 %
- Swell factor (Sf) : 87%

$$P = \frac{60}{12,04} \times 1,2 \times 95\% \times 81,37\% \times 87\%$$

$$P = 140,76 \text{ ton/jam}$$

7. Kemampuan Produksi Dump truck PC 200-02 Blok bio 2

Keterangan :

- Cycle time Dump Truck (Cta) : 14,62
- Jumlah dump truck (Na) : 5

- Kapasitas bucket (Cb) : 1,6
- Bucket fill factor (Bff) : 95%
- Banyak isian bucket (n) : 7
- Efisiensi Kerja (Ek) : 81,37%
- Swell factor (Sf) : 87%

$$P = \frac{60}{14,62} \times 5 \times 1,2 \times 95\% \times 81,37\% \times 87\%$$

$$P = 115,92 \text{ ton/jam}$$

8. Perhitungan Penentuan Jumlah alat angkut di Blok Bio 1

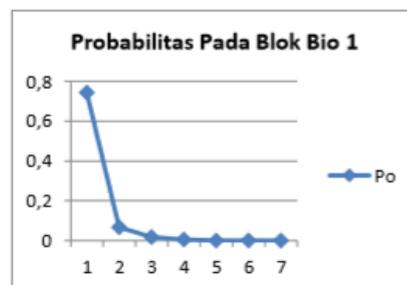
Tabel 3: Jumlah Unit, Produksi Unit, dan Nilai Match Factor Berdasarkan Metode Kapasitas Produksi

Blok	Excavator		Dump Truck		Total Produksi Excavator	Total Produksi Dump Truck	Matching Factor
	Type	Jumlah	Type	Jumlah	ton/jam	ton/jam	
1	PC 200-01	1	Mitsubishi Canter	6	218,23	168,91	0,76
2	PC 200-02	1	Mitsubishi Canter	7	200,04	162,26	0,81

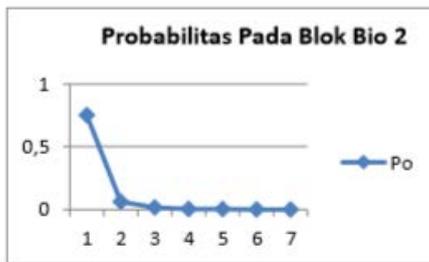
III.2 Optimasi Produksi Alat Angkut dengan Teori Antrian

1. Simulasi Nilai Probabilitas Tidak Ada Alat Angkut Dalam Antrian

Nilai probabilitas tidak ada alat angkut dalam antrian (Po) yaitu dari nilai nol sampai dengan satu, jika nilai Po sama dengan nol maka hal tersebut menandakan adanya antrian yang terjadi pada alat angkut, sedangkan jika nilai Po sama dengan satu maka nilai tersebut menandakan tidak adanya antrian yang terjadi pada alat angkut. Tampilan simulasi untuk nilai Po seperti yang ada pada grafik di bawah ini.



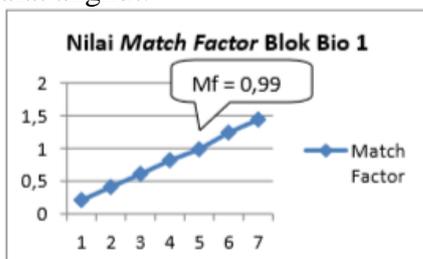
Gambar 2: Po Pada Blok Bio 1



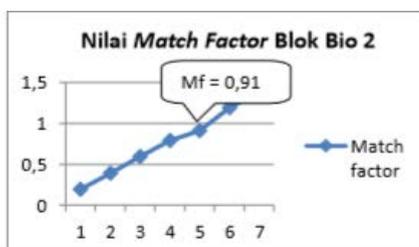
Gambar 3: Po Pada Blok Bio 2

2. Simulasi Match Factor (MF) terhadap Jumlah Alat Angkut

Jumlah alat angkut yang digunakan juga berpengaruh pada nilai MF yang dihasilkan. Dari setiap backhoe yang melayani akan terjadi perubahan nilai MF untuk setiap penambahan jumlah alat angkut.



Gambar 4: Grafik Match Factor Pada Blok Bio 1



Gambar 5: Grafik Match Factor Pada Blok Bio 2

3. Perhitungan Waktu Antri dan Waktu Tunggu Terhadap Jumlah Alat Angkut Pada Blok Bio 1

Keterangan :

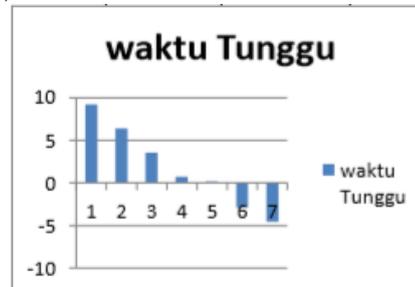
Waktu pengangkutan = 9,21 menit

Waktu pemuatan = 2,82 menit

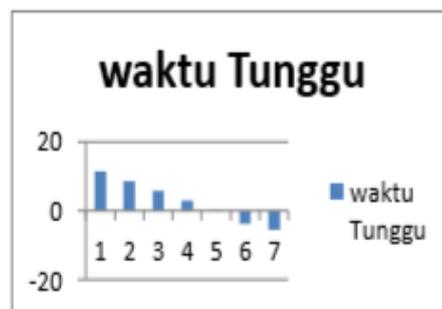
Perhitungan waktu antri dan waktu tunggu terhadap jumlah alat angkut :

Waktu Tunggu = [Jalan dengan muatan + Ambil posisi dumping + Dumping + Kembali kosong] - (N-1) [Ambil posisi dumping+ Loading]

= waktu pengangkutan - (jumlah truk x waktu pemuatan) Jumlah alat angkut (n) = 1,2,3,...N (Proses simulasi)
 Untuk n = 2 = 9,21 menit - (1x2,82 menit)
 = 6,39 menit



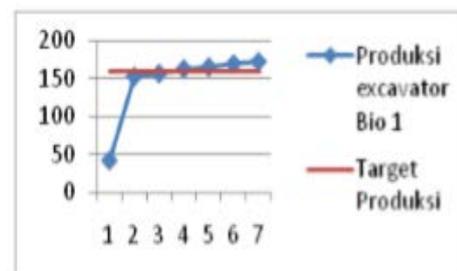
Gambar 6: Simulasi Waktu Tunggu Pada Blok Bio1



Gambar 7: Simulasi Waktu Tunggu Pada Blok Bio2

4. Simulasi Produksi Excavator Terhadap Jumlah Alat Angkut

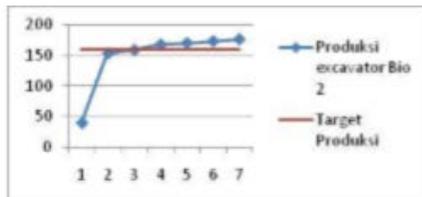
Simulasi ini merupakan cara untuk mencari variasi nilai dari probabilitas produksi excavator yang digunakan di setiap blok tambang terhadap jumlah alat angkut. berikut adalah tampilan grafik yang didapatkan berdasarkan penggunaan alat muat dan alat angkut yang digunakan pada setiap Blok tambang



Gambar 8: Simulasi Produksi Excavator pada Blok Bio 1

Tabel 4: Nilai Produksi Excavator Terhadap Jumlah Alat Angkut Pada Blok Bio 2

n	P ₀	P _n	Mf	Waktu Tunggu (Menit)	Produksi Excavator (Ton/Jam)
1	0,743	0,257	0,21	9,21	41,88
2	0,066	0,934	0,41	6,39	152,22
3	0,017	0,983	0,61	3,57	156,23
4	0,004	0,996	0,82	0,75	162,32
5	0,001	0,999	0,99	0,17	164,817
6	0,000291	0,9997	1,24	-2,89	168,93
7	0,000075	0,999925	1,44	-4,56	171,96



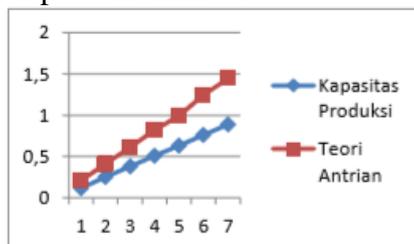
Gambar 9: Simulasi Produksi Excavator pada Blok Bio 1

Tabel 5: Hasil Simulasi Terhadap Jumlah Alat Angkut pada Blok 2

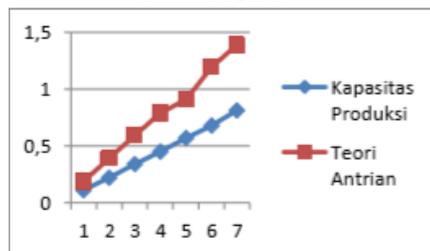
N	P ₀	P _n	Mf	Waktu Tunggu (Menit)	Produksi Excavator (Ton/Jam)
1	0,754	0,246	0,19	11,34	40,09
2	0,061	0,939	0,39	8,52	153,2
3	0,0149	0,986	0,59	5,7	158,55
4	0,0036	0,9964	0,79	2,88	167,39
5	0,000906	0,99909	0,91	0,06	169,83
6	0,000223	0,9977	1,19	-3,76	172,94
7	0,000054	0,999946	1,39	-5,54	175,97

5. Perbandingan Hasil Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian

Hasil Perbandingan Match Factor Metode Kapasitas Produksi dan Teori antrian pada Blok Bio 1

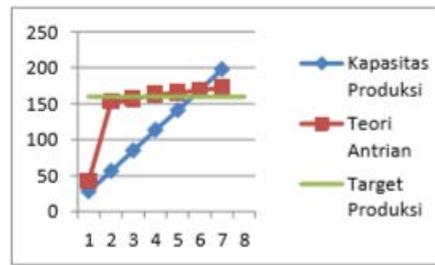


Gambar 9: Grafik Perbandingan Nilai MF Pada Blok 1

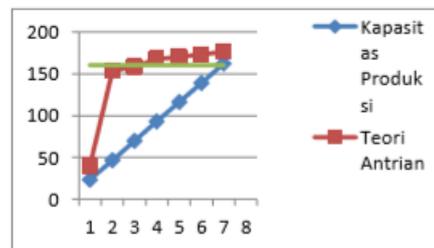


Gambar 10: Perbandingan Nilai MF Pada Blok 2

Hasil Perbandingan Pencapaian Produksi Pada Blok Bio 1



Gambar 11: Grafik Perbandingan Pencapaian Produksi Pada Blok Bio 1



Gambar 12: Perbandingan Pencapaian Produksi Pada Blok Bio 2

Tabel 6: Perbandingan Hasil Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian dengan Hasil Aktual

Blok	Jumlah Alat Angkut	Match Factor				Produksi Batu Kapur				
		Hasil Perhitungan		Hasil Perhitungan		Hasil Perhitungan				
		Metode Kapasitas Produksi	Teori Antrian	Metode Kapasitas Produksi	Teori Antrian	Metode Kapasitas Produksi	Teori Antrian	Target		
Bio 1	5	6	5	0,63	0,76	0,99	124,46	158,91	164,81	160
Bio 2	5	7	5	0,57	0,81	0,91	102,3	162,24	168,93	160

Perbandingan pada hasil perhitungan metode kapasitas produksi dan teori antrian pada blok bio 1 terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, dengan optimasi nilai match factor 0,76 membutuhkan alat angkut sebanyak 6 unit sedangkan pada teori antrian dengan nilai match factor 0,99 hanya membutuhkan alat angkut sebanyak 5 unit dikarenakan perbedaan pada match factor kapasitas produksi lebih kecil yaitu 0,76 daripada match factor teori antrian yaitu 0,99 yang mendekati 1 menandakan pencapaian lebih maksimal dalam Mf dan lebih efisien dalam penggunaan alat angkut sebaliknya kapasitas produksi dengan penambahan 1 unit alat angkut yang kurang efisien tetapi

menghasilkan produksi yang lebih besardaripada teori antrian. Sedangkan hasil perhitungan metode kapasitas produksi dan teori antrian pada blok bio 2 dengan optimasi nilai *match factor* 0,81 membutuhkan alat angkut sebanyak 7 unit sedangkan pada teori antrian dengan nilai *match factor* 0,91 hanya membutuhkan alat angkut sebanyak 5 unit dikarenakan perbedaan pada *match factor* kapasitas produksi lebih kecil yaitu 0,81 daripada *match factor* teori antrian yaitu 0,91 yang mendekati 1 menandakan pencapaian lebih maksimal dalam Mf dan lebih efisien dalam penggunaan alat angkut sebaliknya kapasitas produksi dengan penambahan 2 unit alat angkut yang tidak efisien dan menghasilkan produksi yang lebih kecil daripada teori antrian.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang optimasi *dump truck* pada tambang batu kapur dengan menggunakan metode kapasitas produksi dan teori antrian pada perusahaan PT. Bio Alam Indonesia Persada maka penulis dapat memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari perhitungan kebutuhan jumlah alat angkut untuk penambangan batu kapur berdasarkan metode kapasitas produksi adalah :
 - Pada blok bio 1 jumlah alat angkut adalah 6 unit mitsubishi canter 136 PS dengan nilai *match factor* adalah 0,76 dan produksi total alat angkut sebesar 168,91 ton/jam
 - Pada blok bio 2 jumlah alat angkut adalah 7 unit mitsubishi canter 136 PS dengan nilai *match factor* adalah 0,81 dan produksi total alat angkut sebesar 162,26 ton/jam
2. Kebutuhan jumlah alat angkut untuk penambangan batu kapur berdasarkan teori antrian adalah :
 - Pada blok bio 1 jumlah alat angkut yang digunakan adalah 5 unit

mitsubishi canter 136 PS maka nilai P_o adalah 0,001 dan nilai *match factor* adalah 0,99 dengan waktu antri ideal sebesar 0,17 menit, sehingga total produksi alat angkut sebesar 164,81 ton/jam.

- Pada blok bio 2 jumlah alat angkut yang digunakan adalah 5 unit mitsubishi canter 136 PS maka nilai probabilitas(P_o) adalah 0,00096 dan nilai *match factor* adalah 0,91 dengan waktu antri ideal sebesar 0,06 menit, sehingga total produksi alat angkut sebesar 169,83 ton/jam.
3. Setelah dilakukan perbandingan menunjukkan bahwa dengan metode teori antrian hasilnya lebih optimal dan tidak membuktikan adanya antrian dan penambahan *dump truck*.

Saran

Berdasarkan analisa dan perhitungan dari hasil kesimpulan di atas, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk menghasilkan optimasi produksi berdasarkan pada Blok Bio 1 dan Blok Bio 2 dengan metode kapasitas produksi dan teori antrian maka perlu dilakukan perhitungan produksi yang lebih detail dan untuk mencapai produksi diharapkan maka perlu dipersiapkan alat yang siap dipakaidan kondisi baik serta perlu dilakukan monitor terhadap pencapaian produktivitas masing-masing alat.
2. Seiring dengan telah dilakukan perhitungan perbandingan metode kapasitas produksi dan teori antrian. Dengan metode tersebut agar bisa jadi pertimbangan oleh pihak perusahaan dalam melakukan penentuan jumlah alat angkut yang paling ideal agar target produksi juga bisa tercapai, dengan menggunakan teori antrian sebagai alternatif dalam penentuan jumlah alat angkut.

REFERENSI

- [1] Aminudin. 2005. *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [2] Basuki, S. dan Nurhakim. 2004, *Modul Ajar dan Praktikum Pemindahan Tanah Mekanis*, Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- [3] Cacceta & Burt. 2013. *Equipment Selection for Surface Mining A Review*. University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- [4] Carterpillar. 2007. *Caterpillar Performance Handbook. 34th Edition, Caterpillar Inc.*
- [5] Dimiyati, T.T. dan Dimiyati, A. 1992. *Operations Research*. Penerbit Sinar Baru Algesindo, Jakarta.
- [6] Komatsu. 2004. *Specification and Application Handbook. 25th Edition, Komatsu Ltd.*
- [7] Munthoha, 2013. *Opimalisasi Produksi Peralatan Mekanis Sebagai Upaya Pencapaian Sasaran Produksi Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di PT Putera Baramitra, Batu Licin*. Jurnal UPN Veteran Yogyakarta.
- [8] Nurhakim. 2004. *Buku Panduan Kuliah Lapangan II edisi ke-2*, Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- [9] Prasmoro, A.V. 2014. *Optimasi Produksi Dump Truck Volvo Fm 440 dengan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian di lokasi pertambangan batubara*. Samarinda, Kalimantan Timur.
- [10] Prodjosumarto, P. 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- [11] Sugiarto, Eddy, Suroso, 2014. *Efisiensi penggunaan waktu pengisian overburden ke dump truk pada PT. Pama Persada Nusantara*. distrik baya Kutai Kertanegara
- [12] Sulto, Ali. 2011. *Dampak Aktivitas Pertambangan Bahan Galian Golongan C Terhadap Kondisi Kehidupan Masyarakat Desa*. Skripsi 2011, Institut Pertanian Bogor.
- [13] Suryadharna, H. dan Wigroho, H.Y. 1998. *Alat-alat Berat*, Penerbitan Universitas Atmajaya, Yogyakarta.
- [14] Suwandhi, A. 2004. *Optimasi Alat Penambangan*. Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Bandung.