

## **Analisis Alat Mekanis Pada Tambang Terbuka Dengan Pendekatan Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi di PT. Semen Tonasa**

**Syamsuddin**

Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Perjuangan Republik Indonesia Makassar,  
Jl. Baruga Raya-Antang Makassar 90234

Corresponding Author

E-mail Address: [syamsuddin.hamzah71@gmail.com](mailto:syamsuddin.hamzah71@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Industri pertambangan dengan sistem tambang terbuka (*Open Pit*), peralatan mekanis sangat penting dalam memenuhi target produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai produksi dan kinerja alat mekanis yang optimal. Peningkatan nilai produksi perlu perhitungan mengenai optimasi *excavator* dan *dump truck* dengan pendekatan antrian. Jumlah *dump truck* yang digunakan dalam proses penambangan batugamping pada 2 lokasi tambang PT. Semen Tonasa pada Blok 5 selatan dengan 1 unit *excavator* dan 5 unit *dump truck* serta Blok 9 selatan dengan 1 unit *excavator* dan 5 unit *dump truck*. Berdasarkan hasil perhitungan produksi *dump truck* dengan pendekatan antrian dan produksi *Excavator* Kobelco 480 378, 77 ton/jam, sedangkan 5 unit *dump truck* PC 200 sebesar 3.659, 24 ton/jam. Pada Blok 9 selatan menggunakan 1 unit *excavator* Doozan 500 LCV sebesar 468, 49 ton/jam, sedangkan 5 unit *dump truck* PC 200 sebesar 4.618, 03 ton/jam. Produksi alat mekanis tersebut pada masing - masing blok sudah memenuhi target produksi sebesar 312, 5 ton/jam

**Kata Kunci – Tambang Terbuka, Produksi, Pendekatan Antrian, Alat Mekanis**

### **ABSTRACT**

*In the Open Pit mining industry, mechanical equipment is very important in meeting production targets. This study aims to determine the optimal production value and performance of mechanical equipment. Increasing production value requires calculations regarding excavator and dump truck optimization with a queuing approach. The number of dump trucks used in the limestone mining process at 2 PT. Semen Tonasa mine sites in Block 5 south with 1 excavator unit and 5 dump truck units and Block 9 south with 1 excavator unit and 5 dump truck units. Based on the results of the calculation of dump truck production with a queuing approach and the production of Kobelco 480 excavators 378.77 tons / hour, while 5 units of PC 200 dump trucks amounted to 3, 659.24 tons / hour. In Block 9 south using 1 unit excavator Doozan 500 LCV of 468.49 tons / hour, while 5 units of dump truck PC 200 of 4, 618.03 tons / hour. The production of mechanical equipment in each block has met the production target of 312.5 tons / hour.*

**Keywords - Open Pit Mine, Production, Queuing Approach, Mechanical Equipment**

### **PENDAHULUAN**

Penambangan batugamping pada PT. Semen Tonasa untuk memenuhi kebutuhan industri memerlukan strategi yang cepat dan mudah untuk merealisasikan target

yang ditentukan oleh perusahaan. Sehingga kebutuhan alat mekanis yang digunakan dalam pekerjaan penambangan batugamping perlu diseimbangkan antara *dump truck* dan *excavator*. Kegiatan

penambangan batugamping di PT. Semen Tonasa memerlukan alat mekanis untuk menunjang pencapaian target produksi (A. O. Owolabi, 2019; Dwi. M. M. L dan Waterman, 2019).

Penambangan secara umum memiliki kesamaan diantaranya persiapan di area penambangan dengan ketersediaan alat mekanis seperti loader, *excavator* dan truck (Cadindo. F. A. B, at al, 2014). Investasi peralatan pada penambangan terbuka membutuhkan biaya yang besar (Hai. X, at al, 2023). Dalam pertambangan, ketidakpastian terkait peralatan dan operasi merupakan alasan utama hilangnya produksi (Amol. A. L, 2016).

Keseimbangan alat mekanis dalam memenuhi target produksi merupakan prioritas yang sangat penting dalam hal keberlangsungan produksi, serta kondisi fisik alat yang baik (Samwel. V. M, 2017; Yuhao. Z, at al, 2022). Jumlah alat mekanis yang banyak menimbulkan biaya pengeluaran operasional berlebih, sementara jumlah armada yang kurang tidak memenuhi target produksi penambangan. Penelitian ini mengambil 2 lokasi pengamatan pada area tambang yaitu lokasi blok 5 selatan dan lokasi blok 9 selatan (Dwi. M. M. L dan Waterman, 2019; M. F. Isnafitri, at al, 2021; Jose. B, at al, 2022).

Permintaan volume kebutuhan batugamping setiap harinya oleh PT. Semen Tonasa dari 12 blok berkisar 30.000 ton/hari, maka masing blok jika dirata – ratakan berkisar 2.500 ton/hari dengan alat gali-muat yang digunakan adalah 1 unit *excavator* Kobelco 480 serta 5 unit alat angkut *dump truck* PC 200. Selain itu, pemilihan jenis truk dan penentuan jumlah truk juga penting dalam hal inikeberlanjutan transportasi (M. F. Isnafitri, at al, 2021). Alat mekanis dalam operasinya sering mengalami ketidakpastian kerusakan pada *excavator* dan *dump truck* serta menimbulkan penambahan biaya

operasional untuk memenuhi kebutuhan produksi tambang (M. Fadly dan Dedy Y; Haiming B and Ruixin Z, 2020; Jose B, at al, 2022). Keadaan ini menjadikan kebutuhan alat angkut dan alat muat tidak dapat diprediksi serta seringkali keadaan tambang yang dapat berubah sewaktu waktu, sehingga menyulitkan jumlah alat mekanis yang dibutuhkan. Penentuan alat angkut pertambangan (Candido. F. A. B, at al, 2014; Yuhao. Z, at al, 2022) berdasarkan besarnya produksi pada setiap peralatan mekanis yang diperlukan dengan pendekatan antrian untuk meningkatkan produksi alat angkut dan alat gali muat adalah dengan menggunakan metode teori antrian (A. Aghajani. B, at al, 2008; Kaungu. E, at al, 2021). Dengan pendekatan besarnya produksi dan pendekatan antrian dapat dihitung jumlah dan besarnya *dump truck* yang dibutuhkan untuk memperoleh produksi optimal sehingga dapat memenuhi target yang diinginkan oleh perusahaan (Jose B, at al, 2022; Kaungu E, at al, 2021). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya produksi pada alat muat dan alat angkut yaitu waktu siklus penggalian dan sudut pengambilan posisi istirahat, jalan dan kapasitas muat bakat (S. P. Singh and R. Narendrula, 2007). Kesesuaian alat mekanis sangat mempengaruhi jumlah produktivitas dan biaya yang minimal (Yuhao. Z, at al, 2022).

## **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan studi lapangan selama 30 hari dan studi literatur untuk mengumpulkan data. Data yang diperoleh berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa cycle time *excavator*, cycle time *dump truck*, kondisi daerah penelitian dan hambatan dilapangan, data sekunder berupa peta lokasi kegiatan, target produksi batugamping, jam operasinal produksi, kondisi peralatan mekanis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Optimasi Dump truck Berdasarkan Kapasitas Produksi*

1. Perhitungan *Cycle Time Excavator*

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

**Tabel 1. Cycle time rerata peralatan mekanis alat gali muat**

Lokasi	Unit	Waktu (detik)				Total
		Menggali	Swing Muatan	Menumpahkan Muatan	Swing Kosong	
Blok Selatan	5 <i>Excavator</i> Kobelco 480	10, 8	5, 0	4, 4	4, 7	24, 9
Blok Selatan	9 <i>Excavator</i> Doosan 500 LCV	11, 0	5, 2	5, 4	4, 8	26, 4

2. Perhitungan *Cycle Time Dump truck*

Berikut merupakan *cycle time* rerata yang diperoleh dari perhitungan data yang dilakukan.

**Tabel 2. Cycle time dump truck rerata alat angkut**

Lokasi	Unit	Jarak (meter)	Waktu (menit)				Dumping	Kembali Kosong	Total
			Ambil Posisi Muat	Loading	Jalan dengan Muatan	Ambil Posisi Dumping			
Blok Selatan	DT 5 PC 200-01	1000	0, 62	1, 80	5, 87	0, 25	0, 25	3, 75	12, 54
Blok Selatan	DT 9 PC 200-02	1300	0, 54	1, 97	6, 94	0, 26	0, 26	4, 63	1, 60

3. Uji Keseragaman Data

Untuk menguji keseragaman data yang ada dilakukan suatu pengujian keseragaman. Urutan - urutan untuk melakukan uji keseragaman data dari data primer dengan jumlah data sebanyak 30 sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{6,25 + 5,53 + \dots + 6,63}{30} = 5,56$$

Standar deviasi  $(\sigma) =$

$$\sqrt{\frac{(6,25-5,66)^2 + (5,53-5,66)^2 + \dots + (5,53-5,66)^2}{30}} = 0,61$$

$$BKA = 5,66 + (3 \times 0,61) = 7,49 \text{ detik}$$

$$BKB = 5,66 - (3 \times 0,61) = 3,09 \text{ detik}$$

4. Perhitungan Produksi Alat Gali Muat

4.1. Kemampuan Produksi *Excavator* Kobelco 480 Blok 5 Selatan

Perhitungan kemampuan produksi *excavator* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Keterangan :

$$\text{Cycle time excavator (Ctm)} = 24,9 \text{ detik}$$

$$\text{Kapasitas bucket (kb)} = 2,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Bucket fill factor (Bff)} = 90\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja (Ek)} = 80,68\%$$

$$\text{Swell factor (Sf)} = 62,5\%$$

$$\text{Density Batugamping} = 2,387 \text{ ton/m}^3$$

$$Q = \frac{3600}{24,9} \times 2,4 \times 90\% \times 80,86\% \times 62,5\% \times 2,387$$

$$Q = 378,77 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 3.030,20 \frac{\text{ton}}{\text{hari}}$$

4.2. Kemampuan Produksi *Excavator* Doosan 500 LCV blok 9 Selatan

Kemampuan produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Keterangan :

Cycle time *excavator* (Ctm) = 26, 4 detik

Kapasitas *bucket* (Cb) = 3, 2 m<sup>3</sup>

Bucket fill factor (Bff) = 89%

Efisiensi Kerja (Ek) = 80, 68%

Swell factor (Sf) = 62, 5%

Density Batugamping = 2, 387  $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$

$$Q = \frac{3600}{26,4} \times 3,2 \times 89\% \times 80,86\% \times 62,5\% \times 2,387$$

$$Q = 468,49 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 3.747,92 \frac{\text{ton}}{\text{hari}}$$

5. Perhitungan Produksi Alat Angkut

5.1. Kemampuan Produksi *Dump truck* PC 200-01 blok 5 Selatan

Keterangan :

Cycle time *Dump truck* (Cta) = 12, 54 detik

Jumlah *dump truck* (Na) = 5

Kapasitas *bucket* (Cb) = 20 m<sup>3</sup>

Bucket fill factor (Bff) = 90%

Banyak isian *bucket* (n) = 7

Efisiensi Kerja (Ek) = 81, 37 %

Swell factor (Sf) = 62, 5%

Q =

$$\frac{60}{12,54} \times 7 \times 20 \times 90\% \times 81,37\% \times 62,5\% \times 2,387 \times 5$$

$$Q = 3.659,24 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 29.273,93 \frac{\text{ton}}{\text{hari}}$$

5.2. Kemampuan Produksi *Dump truck* PC 200-02 blok 9 selatan

Keterangan :

Cycle time *Dump truck* (Cta) = 14, 60 menit

Jumlah *dump truck* (Na) = 5

Kapasitas *bucket* (Cb) = 20 m<sup>3</sup>

Bucket fill factor (Bff) = 95%

Banyak isian *bucket* (n) = 7

Efisiensi Kerja (Ek) = 81, 37%

Swell factor (Sf) = 87%

Density batugamping = 2, 387 ton/m<sup>3</sup>

Q =

$$\frac{60}{14,60} \times 7 \times 20 \times 95\% \times 81,37\% \times 87\% \times 2,387 \times 5$$

$$Q = 4.618,03 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 36.944,27 \frac{\text{ton}}{\text{hari}}$$

6. Perhitungan nilai match factor (MF) atau factor keserasian

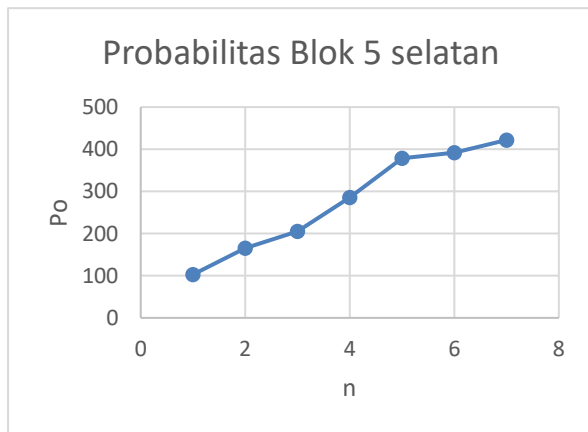
**Tabel 3. Jumlah Unit, Produksi Unit dan Nilai Match Factor (MF) berdasarkan metode Kapasitas Produksi**

Blok	Excavator		Dump Track		Total Produksi Excavator	Total Produksi Dump truck	Matching Factor
	Type	Jumlah	Type	Jumlah	ton/jam	ton/jam	
	Blok 5 Selatan	Kobelco 480	1	PC 200	5	378,77	
Blok 9 Selatan	Doosan 500 LCV	1	PC 200	5	468,49	4.618,03	1,05

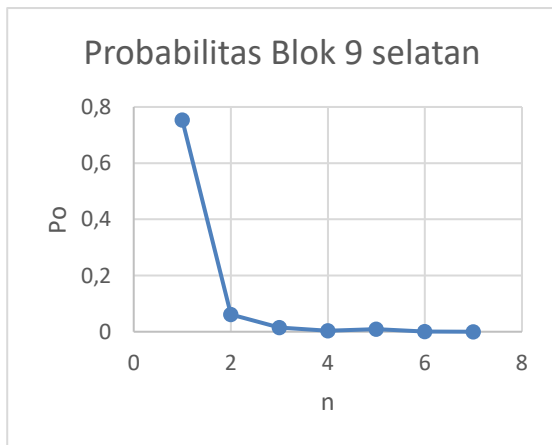
*Optimasi Produksi Alat Angkut dengan Teori Antrian*

1. Analisis Nilai Probabilitas Tidak Ada Alat Angkut Dalam Antrian

Nilai probabilitas ( $P_0$ ) bernilai antara nol dan satu, jika  $P_0$  sama dengan nol artinya adanya antrian alat angkut sedangkan nilai  $P_0$  sama dengan satu artinya tidak ada antrian pada alat angkut. Simulasi untuk nilai  $P_0$  seperti yang ada pada gambar 2 dan 3 di bawah ini.



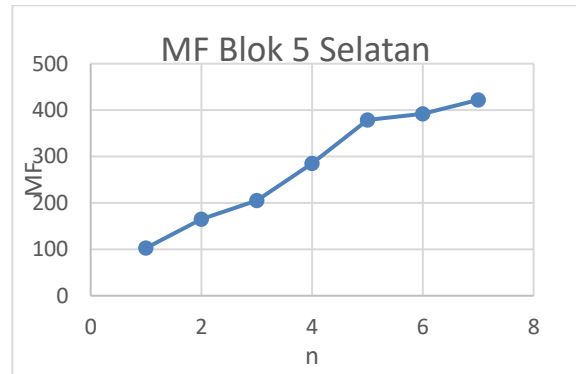
Gambar 2.  $P_0$  pada Blok 5 Selatan



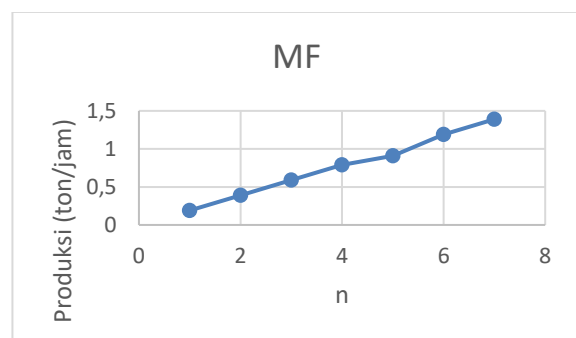
Gambar 3.  $P_0$  pada Blok 9 Selatan

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

Nilai MF dapat ditentukan jumlah alat angkut yang digunakan. Kapasitas backhoe mempengaruhi jumlah alat angkut seperti pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Grafik Match Factor pada Blok 5 selatan



Gambar 5. Grafik Match Factor pada Blok 9 selatan

3. Perhitungan Waktu Antri dan Waktu Tunggu Terhadap Jumlah Alat Angkut Pada Blok 5 selatan

Keterangan :

Waktu pengangkutan = 9, 21 menit

Waktu pemuatan = 2, 82 menit

Perhitungan waktu antri dan waktu tunggu terhadap jumlah alat angkut :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Tunggu} &= (\text{Jalan dengan muatan} + \\ &\quad \text{Ambil posisi dumping} + \\ &\quad \text{Dumping} + \text{Kembali} \\ &\quad \text{kosong}) - (N-1)(\text{Ambil} \\ &\quad \text{posisi} \quad \text{dumping} + \\ &\quad \text{Loading}) \end{aligned}$$

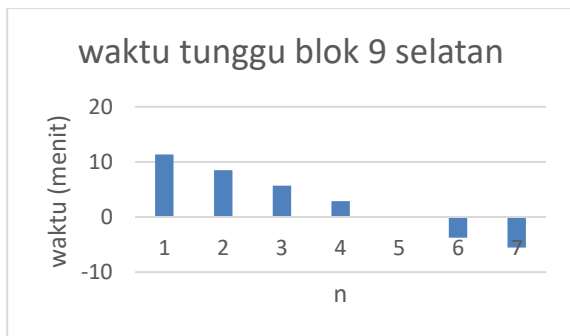
$$= \text{waktu pengangkutan} - (\text{jumlah truk} \times \text{waktu pemuatan}) \text{ Jumlah alat angkut } (n) = 1, 2, 3, \dots, N \text{ (Proses simulasi)}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } n = 2 &= 9, 21 \text{ menit} - (1 \times 2, 82 \text{ menit}) \\ &= 6, 39 \text{ menit} \end{aligned}$$

Simulasi waktu tunggu dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7



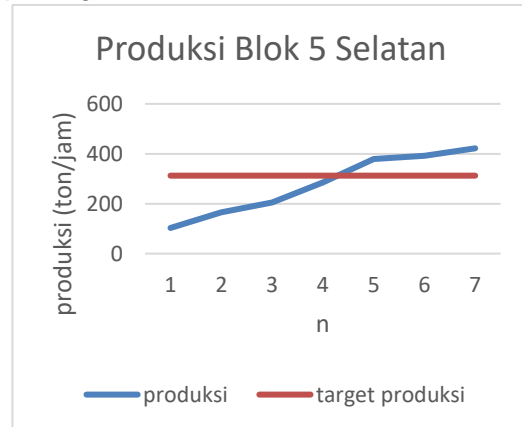
Gambar 6. Simulasi Waktu Tunggu pada Blok 5 selatan



Gambar 7. Simulasi Waktu Tunggu pada Blok 2

#### 4. Analisis Produksi Excavator Terhadap Jumlah Alat Angkut

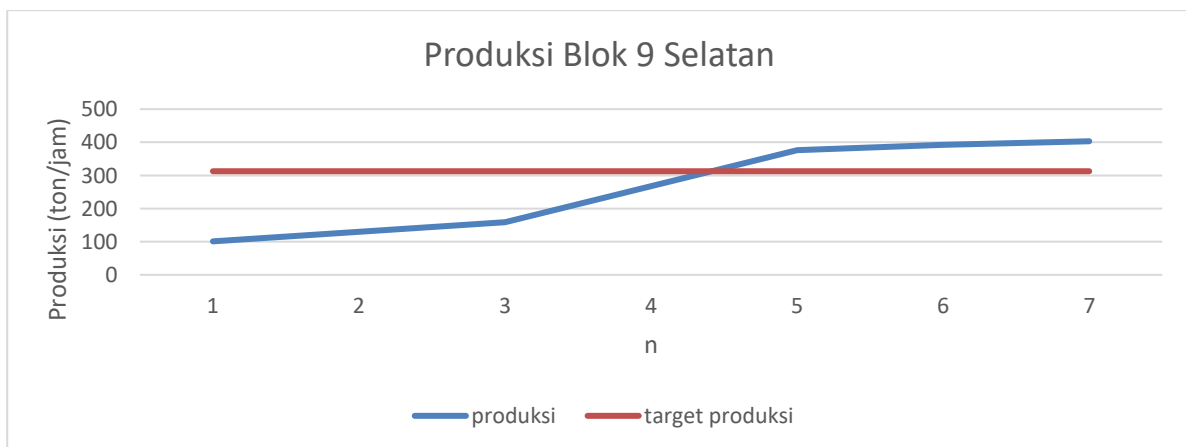
Probabilitas produksi excavator yang digunakan di setiap blok tambang terhadap jumlah alat angkut dan alat muat dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Simulasi Produksi pada Blok 5 selatan

Tabel 4. Nilai produksi Excavator terhadap jumlah alat angkut pada Blok 5 selatan

n	$P_o$	$P_n$	MF	Waktu Tunggu (Menit)	Produksi Excavator ( $ton/jam$ )
1	0,743	0,257	0,21	9,21	102,88
2	0,066	0,934	0,934	6,39	165,22
3	0,017	0,983	0,983	3,57	205,28
4	0,004	0,996	0,996	0,75	285,32
5	0,001	0,999	0,999	0,17	378,67
6	0,000291	0,9997	1,24	-2,89	391,93
7	0,000075	0,999925	1,44	-4,56	421,96



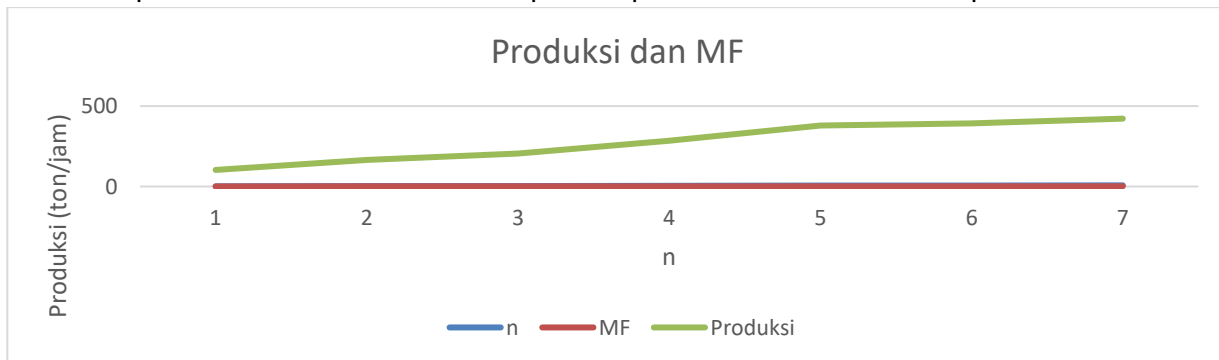
Gambar 9. Simulasi produksi Excavator pada Blok 9 selatan

**Tabel 5. Hasil analisis terhadap jumlah alat angkut pada blok 9 selatan**

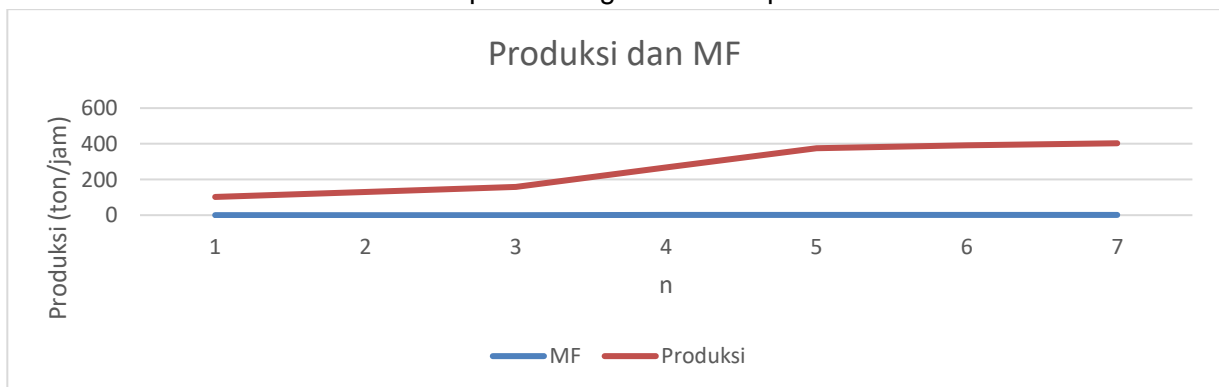
n	P <sub>o</sub>	P <sub>n</sub>	MF	Waktu Tunggu (Menit)	Produksi Excavator (ton/jam)
1	0,754	0,246	0,19	11,34	101,09
2	0,061	0,939	0,39	8,52	130,22
3	0,0149	0,986	0,59	5,7	158,55
4	0,0036	0,9964	0,79	2,88	267,32
5	0,00906	0,9909	0,91	0,06	375,83
6	0,000223	0,8997	1,19	-3,76	391,93
7	0,000054	0,999946	1,39	-5,54	402,96

5. Komparasi Hasil Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian

Hasil komparasi match factor metode kapasitas produksi dan teori antrian pada blok 5 selatan.



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai MF pada blok 5 selatan



Gambar 11. Komparasi Nilai MF pada blok 9 selatan

Perbandingan pada hasil perhitungan metode kapasitas produksi dan teori antrian pada blok 5 selatan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, dengan optimasi alat angkut sebanyak 5 unit sedangkan pada pendekatan antrian dengan nilai match factor 0,999 pada produksi 378,67 ton/jam. Sedangkan pada hasil perhitungan metode kapasitas produksi dan teori antrian pada blok 9 selatan terdapat

beberapa faktor yang mempengaruhi, dengan optimasi alat angkut sebanyak 5 unit pada pendekatan antrian dengan nilai match factor 0,91 pada produksi 375,83 ton/jam

**PENUTUP**

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang optimasi *dump truck* pada tambang batugamping dengan menggunakan metode

kapasitas produksi dan teori antrian pada perusahaan PT. Semen Tonasa pada dua blok yaitu Blok 5 Selatan dan Blok 9 selatan maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan kebutuhan jumlah alat mekanis untuk penambangan batugamping berdasarkan pendekatan antrian untuk memenuhi target produksi adalah, pada blok 5 selatan jumlah alat muat 1 kobelco 480 dengan melayani alat angkut 5 *dump truck* PC 200 dengan produksi sebesar 29.273, 93 ton/hari. Pada blok 9 selatan jumlah alat muat 1 doozan 500 LCV dengan melayani alat angkut 5 *dump truck* PC 200 dengan produksi sebesar 36.944, 27 ton/hari. Kebutuhan jumlah alat mekanis pada penambangan blok 5 selatan dan blok 9 selatan dengan pendekatan antrian sudah memenuhi target produksi pada PT. Semen Tonasa.

## REFERENSI

- A. Aghajani Bazzazi, M. Osanloo, and H. Soltanmohammadi, Loading-haulage equipment selection in *Open Pit* mines based on fuzzy-TOPSIS method, 2008, <http://www.researchgate.net/publication/264124537>.
- A. O. Owolabi, Loading and Haulage Equipment Selection for Optimum Production in a Granite Quarry, 2019, Volume 5, Issue 2, 2019, PP 35-40, ISSN 2454-9460 (Online), DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-9460.0502004>.
- Amol A. LANKE, Behzad GHODARATI, and Seyed Hadi HOSEINIE, Uncertainty Analysis Of Production In *Open Pit* Mines – Operational Parameter Regression Analysis Of Mining Machinery, 2016, Mining Science, vol. 23, 2016, 147–160, doi: 10.5277/msc162312
- Candido Francisco de Avila Baptista, Raul Oliveira Neto, and Luis Eduardo de Souza, Short term mining operations in limestone mines – diagnosis and proposition for improvement, 2014, Rem: Revista Escola de Minas, vol. 67, núm. 3, julio-septiembre, 2014, pp. 291-296.
- Dwi Mayanti Mega Lesmana dan Waterman, Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat pada Tambang Batugamping di PT. SEMEN TONASA Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan, 2019, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII, ISSN (print): 2686-0023; ISSN (online): 2685-6875
- Hai Xu, Fuchun Liu, Jiangnan Liao, and Taoying Liu, Research on Selection and Matching of Truck-Shovel in Oversized Open-Pit Mines, 2023, [www.mdpi.com/journal/applsci](http://www.mdpi.com/journal/applsci), Appl. Sci. 2023, 13, 3851. <https://doi.org/10.3390/app13063851>.
- Haiming Bao and Ruixin Zhang, Study on Optimization of Coal Truck Flow in Open-Pit Mine, 2020, Hindawi, Advances in Civil Engineering, Volume 2020, Article ID 8848140, 13 pages, <https://doi.org/10.1155/2020/8848140>.
- Jose Breñosa, Devendra Joshi, Premkumar Chithaluru, Aman Singh, Arvind Yadav, Dalia H. Elkamchouchi, and Divya Anand, An Optimized *Open Pit* Mine Application for Limestone Quarry Production Scheduling to Maximize Net Present Value, 2022, <http://www.mdpi.com/journal/mathematics>, Mathematics 2022, 10, 4140. <https://doi.org/10.3390/math10214140>.
- Kaungu Elijah, Githiria Joseph, Mutua Samuel, and Dalmus Mauti, Optimisation of shovel-truck haulage system in an *Open Pit* using queuing approach, 2021, Arabian Journal of Geosciences (2021) 14:973, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07365-z>.
- M. Fadly dan Dedi Yulhendra, Optimalisasi Peralatan Tambang Komatsu HD 785 dan Caterpillar 6030 BH Menggunakan



- Metode Quality Control Circle Untuk Memenuhi Target Produksi Batugamping Pada PT. Semen Padang (Persero) Tbk, *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 4, No, 3, ISSN: 2302-3333.
- M F Isnafitri, C N Rosyidi, and A Aisyati, A Truck Allocation Optimization Model in *Open Pit* Mining to Minimize Investment and Transportation Costs, 2021, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1096 (2021) 012024, doi:10.1088/1757-899X/1096/1/012024.
- Samwel Victor Manyele, Investigation of *Excavator* Performance Factors in an Open-Pit Mine Using Loading Cycle Time, 2017, <http://www.scrip.org/journal/eng>, Engineering, 2017, 9, 599-624, DOI: 10.4236/eng.2017.97038 July 19, 2017.
- S. P. Singh, and R. Narendrula, Factors affecting the productivity of loaders in surface mines, 2007, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 20:01, 20-32, DOI:10.1080/13895260500261574
- Yuhao Zhang, Ziyu Zhao, Lin Bi, Liming Wang, and Qing Gu, Determination of Truck–Shovel Configuration of Open-Pit Mine: A Simulation Method Based on Mathematical Model, 2022, <http://www.mdpi.com/journal/sustainability>, Sustainability 2022, 14, 12338. <https://doi.org/10.3390/su141912338>