

Evaluasi Keserasian Kerja Antara Alat Gali Muat dan Alat Angkut dengan Menggunakan Metode *Match Factor* dan Teori Antrian untuk Memenuhi Target Produksi Batubara Bulan Juni Tahun 2024 di PT Pengembangan Investasi Riau

Alfandi Gunawan*, Rudy Anarta, Jukepsa Andas, Rangga Agung Pribadi Heriawan

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*alfandigunawan020401@gmail.com

Abstrak. Indonesia memiliki banyak perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan batubara, salah satunya adalah PT Pengembangan Investasi Riau yang beroperasi sejak tahun 2015 di Desa Pematang Benteng, Riau. Penambangan dilakukan secara terbuka dan bertahap untuk memenuhi permintaan pasar domestik. Sejak 2017, perusahaan ini telah menjalin kemitraan dengan PT Edco Persada Energi untuk mendukung operasional produksi dan penyewaan alat berat. Dengan dua *shift* kerja, perusahaan ini menetapkan target produksi yang terus meningkat setiap bulan. Namun, seringkali hasil produksi tidak memenuhi target yang telah ditetapkan. Pada Maret 2024, produksi yang tercapai adalah 36.362 ton, sementara targetnya 45.000 ton. Di bulan April, produksi mencapai 43.341 ton dari target 55.000 ton. Pada bulan Mei 2024, hasil produksi mencapai 49.342,85 ton, namun masih di bawah target 65.000 ton. Untuk bulan Juni, target ditetapkan 80.000 ton, namun realisasi produksi hanya 64.513,6 ton, disebabkan oleh masalah efisiensi waktu kerja alat dan infrastruktur yang kurang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem *monitoring* alat gali muat dan angkut guna meningkatkan produktivitas. Dengan mengoptimalkan efisiensi peralatan melalui metode *Match Factor (MF)* dan Teori Antrian, diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan keselarasan antar alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas aktual *excavator* Hitachi ZX-350 mencapai 2.555,88 ton/hari, sementara *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS mencapai 2.150,45 ton/hari. Nilai keselarasan antara kedua alat tersebut adalah $MF = 1,1$, dengan kebutuhan 5 unit *dump truck* setelah perbaikan. Analisis produktivitas menggunakan Teori Antrian menunjukkan bahwa setelah menciptakan keselarasan, produktivitas meningkat sebanyak 2.686 ton/hari yang dihitung dalam sebulan menghasilkan 80.580 ton/bulan. Berdasarkan hal tersebut, target produksi perusahaan sudah tercapai yaitu 80.000 ton/bulan. Penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai penerapan Teori Antrian untuk mengevaluasi kinerja peralatan tambang dalam mencapai target produksi.

Kata kunci: alat berat, produksi, teori antrian, faktor keserasian, pertambangan batubara

Abstract. Indonesia has many companies engaged in the coal mining sector, one of which is PT Pembangunan Investasi Riau which has been operating since 2015 in Pematang Benteng Village, Riau. Mining is carried out openly and in stages to meet domestic market demand. Since 2017, this company has partnered with PT Edco Persada Energi to support production operations and heavy equipment rental. With two work shifts, this company sets a production target that continues to increase every month. However, production results often do not meet the targets that have been set. In March 2024, the production achieved was 36,362 tons, while the target was 45,000 tons. In April, production reached 43,341 tons from a target of 55,000 tons. In May 2024, production reached 49,342.85 tons, but still below the target of 65,000 tons. For June, the target was set at 80,000 tons, but the actual production was only 64,513.6 tons, due to problems with the efficiency of working time of the equipment and inadequate infrastructure. This study aims to analyze the monitoring system of loading and hauling equipment to increase productivity. By optimizing equipment efficiency through the Match Factor method and Queue Theory, it is expected to reduce waiting time and increase alignment between equipment. The results of the study showed that the actual productivity of the Hitachi ZX-350 Excavator reached 2,555.88 tons/day, while the Mitsubishi Fuso 220PS dump truck reached 2,150.45 tons/day. The alignment value between the two equipment is $MF = 1.1$, with the need for 5 dump truck units after repair. Productivity analysis using Queue Theory shows that after creating alignment, the productivity of the hauling equipment increased to 2,686 tons/day or 80,580 tons/month, which has achieved the company's production target of 80,000 tons/month. This study provides important insights into the application of Queuing Theory to evaluate the performance of mining equipment in achieving production targets.

Keywords: heavy equipment, production, queuing, match factor, coal mining

Tanggal Diterima: 18/11/2024; Tanggal Direvisi: 31/12/2024; Tanggal Disetujui: 31/12/2024; Tanggal Dipublikasi: 31/12/2024

1. Pendahuluan

Indonesia menjadi tempat bagi banyak perusahaan yang terlibat dalam pertambangan batubara, termasuk PT Pengembangan Investasi Riau (PT PIR). Operasi penambangan yang dilakukan oleh perusahaan ini berada di Desa Pematang Benteng, Kecamatan Batang Peranap, Provinsi

Riau. Penambangan dilakukan dengan metode *open pit*, dilaksanakan secara progresif dan konsisten untuk mencapai target produksi yang selaras dengan permintaan pasar, karena perusahaan ini merupakan produsen dan pemasok utama batubara untuk keperluan domestik.

PT PIR melakukan kerjasama dengan PT Edco Persada Energi (PT EPE) sejak 2017. PT EPE bergerak di bidang jasa penyewaan alat berat dan jasa kegiatan pertambangan, sedangkan PT PIR memproduksi batubara dan memiliki Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi (IUP OP).

PT PIR memiliki dua *shift* jam kerja dalam satu hari yaitu pagi dan malam. PT PIR menggunakan beberapa alat berat untuk operasi penambangan, yaitu untuk penggalian batubara menggunakan 1 unit *excavator* Hitachi ZX-350. Kemudian, alat angkut menggunakan 4 unit *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS yang berjarak sekitar 2 km dari *front* ke *stockroom*.

Target produksi dari PT PIR yaitu 45.000 ton/bulan pada bulan Maret, namun produksi aktual yang dicapai selama bulan tersebut adalah 36.362 ton/bulan. Untuk bulan berikutnya perusahaan menargetkan produksi sebesar 55.000 ton/bulan sedangkan produksi aktual batubara yang bisa tercapai adalah 43.341 ton/bulan. Pada bulan Mei 2024, PT PIR memproduksi 49.342,85 ton/bulan, masih jauh dari target 65.000 ton/bulan.

Pada bulan Juni PT PIR menetapkan target produksi sebesar 80.000 ton/bulan. Penulis mengobservasi bahwa produksi batubara yang dapat dicapai adalah 64.513,6 ton/bulan. Ketidakefektifan waktu operasional peralatan disebabkan oleh waktu *standby* yang disebabkan oleh kondisi cuaca. Banyak unit yang tidak berfungsi atau rusak, sehingga memerlukan waktu perbaikan. Selain itu, adanya beberapa tanjakan yang curam memaksa operator untuk mengurangi kecepatan, sehingga memperpanjang durasi siklus pengangkutan. Oleh karena itu, analisis teknis dari sistem pemantauan sangat penting untuk mengevaluasi kesesuaian antara penggalian dan pengangkutan batubara, sehingga dapat meningkatkan produktivitas setiap alat gali-muat dan alat angkut untuk mencapai tujuan produksi.

Pengoptimalan peralatan sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi peralatan agar mencapai target produksi 80.000 ton/bulan. Upaya untuk mencapai kondisi optimal selama pemuatan dan pengangkutan batubara dalam kondisi sulit. Tetapi, pengangkutan dan pemuatan dapat dioptimalkan sehingga target produksi yang sudah ditetapkan dapat tercapai. Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat digunakan dengan dua metode yaitu *Match Factor* dan Teori Antrian.

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa alat gali dan angkut PT PIR hanya memiliki satu unit *excavator* dan berpedoman pada protokol *First Come First Served (FCFS)*. Pembahasan mengenai Teori Antrian sebagian besar berpusat pada strategi untuk meminimalkan waktu tunggu dalam antrian. Penulis menilai kesesuaian antara alat muat dan alat angkut dengan menerapkan perhitungan Teori Antrian. Berdasarkan hal tersebut, Penulis melihat kesesuaian antara tujuan produksi di PT PIR dengan

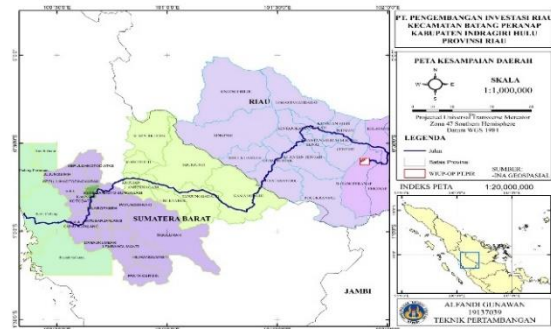
penggunaan Teori Antrian agar peralatan tambang dapat mencapai target perusahaan.

2. Lokasi Penelitian

2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Berlokasi di Desa Pematang Benteng, Kecamatan Batang Peranap, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau, PT PIR mengoperasikan Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi (IUP OP) batubara. Secara geografis lokasi PT PIR terletak di koordinat 0° 35' 14.17" LS, paling timur 101° 53' 48,54" BT.

Di sebelah utara lokasi penambangan adalah Desa Pematang; di sebelah timur adalah Kabupaten Kuantan Singingi; di sebelah selatan adalah Desa Sukamaju; dan di sebelah barat adalah Desa Silunak. Wilayah IUP PT PIR dapat diakses dari Kota Padang melalui jalan beraspal sepanjang 220 km menuju Kawasan Sungai Rumbai, dengan waktu tempuh 7 hingga 8 jam. Kemudian, waktu tempuh dari Kecamatan Peranap ke Desa Pematang Benteng yang berjarak 25 km, memakan waktu tempuh kurang lebih 1 jam 30 menit.



Gambar 1. Peta Kesampaian Lokasi PT PIR

2.2 Alat Gali Muat

Alat berat memainkan peran penting dalam proyek, terutama dalam konteks proyek bangunan berskala besar.^[1] Penggunaan alat berat bertujuan untuk meningkatkan produktivitas manusia dengan mempercepat proses kerja, sehingga memungkinkan tercapainya hasil yang diinginkan dalam waktu sangat singkat.

Alat gali muat dan alat angkut beroperasi untuk menggali material lunak atau material hasil peledakan sekaligus memuatnya ke dalam kendaraan pengangkut. Alat yang digunakan untuk pemuatan dalam proses penggalian yaitu *excavator*. *Excavator* digunakan pada saat melakukan penggalian yang permukaannya berada di bawahnya.^[2]

2.3 Pemuatan (*Loading*) dan Pengangkutan (*Hauling*)

Kemampuan pengoperasian peralatan pemuatan dan pengangkutan menunjukkan keefektifannya. Variabel yang memengaruhi peralatan pemuatan dan pengangkutan meliputi:

1. Pencatatan waktu siklus alat muat *excavator*. Waktu siklus mengacu pada durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktivitas, yang mencakup seluruh proses dari inisiasi hingga penyelesaian dan kemudian kembali ke titik awal. Sebuah *excavator* menyelesaikan tindakan berikut ini dalam satu siklus: (a) Waktu gali yaitu, durasi yang dibutuhkan untuk mengisi *bucket*. (b) Waktu *swing* isi yaitu, pengukuran rentang gerak yang diperlukan untuk mengangkut *bucket* material ke pengangkut. (c) Waktu tumpah yaitu, jumlah waktu yang diperlukan untuk memindahkan barang sebelum dimuat ke dalam alat angkut. (d) Waktu *swing* kosong yaitu pada titik ini, lama gerakan kembali melakukan pengalihan.
2. Pencatatan waktu siklus alat angkut *dump truck*. Sebuah *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS adalah alat angkut yang dibawa pada saat itu. Selama satu siklus, truk akan melakukan gerakan berikut: waktu manuver 1, waktu muat, waktu angkut, waktu manuver 2, waktu tumpah, dan waktu balik.

2.4 Produktivitas Excavator

Excavator Hitachi ZX-350 digunakan untuk menggali dan memuat di tambang PT PIR. Menghitung produksi *excavator* per-jam dengan menggunakan persamaan:^[3]

$$Q = \frac{3600}{CTm} \times q \times E \times SF$$

Untuk menentukan produksi peralatan pemuatan setiap siklus, persamaan di bawah ini dapat digunakan, seperti yang diuraikan sebagai berikut:

$$q = q1 \times k$$

Keterangan.

- Q : Produksi per-jam alat muat (m^3/jam)
 q : Produksi alat muat per-siklus (m^3)
 $q1$: Kapasitas *bucket* (m^3)
 k : *Fill Factor*
 E : Efisiensi kerja
 CTm : Waktu siklus (menit)
 SF :

2.5 Produktivitas Dump Truck

Rumus untuk menghitung produksi *dump truck* per-jam, yaitu:^[3]

$$Q = \frac{3600}{CTa} \times C \times E \times SF$$

Rumus untuk menghitung produksi alat angkut per-siklus, yaitu:

$$C = n \times q1 \times k$$

Keterangan :

- Q : Produksi per-jam *dump truck* (m^3/jam)
 C : Produksi per-siklus *dump truck*
 E : Efisiensi Kerja

CTa : Waktu siklus (menit)

n : Jumlah *bucket* per-siklus

2.6 Match Factor

Untuk meningkatkan kualitas sistem kerja, penting untuk fokus pada sinkronisasi semua alat, termasuk alat muat dan alat angkut. Hal ini diamati dari beberapa perspektif:^[3]

$$MF = \frac{CTm \times n \times N}{CTa \times Nm}$$

Keterangan :

MF : *Match Factor*

N : Jumlah alat angkut (unit)

Nm : Jumlah alat muat (unit)

n : Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut

CTa : Waktu edar alat angkut (menit)

CTm : Waktu edar alat muat (menit)

2.7 Teori Antrian

Teori Antrian adalah kerangka kerja matematis yang meneliti antrian atau barisan tunggu. Pembentukan antrian terjadi ketika permintaan untuk suatu layanan melebihi kapasitasnya. Saat tingkat permintaan untuk sebuah pelayanan melebihi kapasitas yang dapat dilayani, maka antrian pun tidak akan bisa dihindari. Tingkat kedatangan alat angkut yang membutuhkan bantuan dari penggali dan kualitas layanan yang diberikan oleh penggali menjadi dua faktor yang menentukan munculnya antrian. Sistem antrian mencakup fasilitas layanan yang dimulai dengan pelanggan yang mencari layanan dan diakhiri dengan pengiriman layanan tersebut kepada pelanggan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif. Data penelitian menggunakan data kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah metodologi untuk memperoleh pengetahuan melalui pemanfaatan data numerik untuk mengevaluasi informasi yang berkaitan dengan pertanyaan tertentu.^[4, 5]

3.2 Jenis Data

Penelitian ini menghasilkan data primer dan sekunder. Data primer adalah informasi yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap suatu lingkungan. Data sekunder berasal dari sumber yang sudah ada sebelumnya seperti catatan perusahaan, penelitian akademis, dan literatur tambahan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian dimulai dengan studi literatur dan pengambilan data penelitian melalui observasi lapangan. Studi literatur adalah proses yang mengumpulkan beragam kutipan literatur dan menganalisis artikel yang sudah dilakukan penelitian agar bisa mendapatkan pemahaman

mengenai topik penelitian. Pengumpulan data dilakukan secara akurat, tepat, dan komprehensif, untuk memastikan relevansi dengan topik penelitian di lokasi yang telah ditentukan. Pengambilan data primer ini melibatkan kunjungan langsung ke lokasi studi kasus, yang membantu dalam mengumpulkan dan menganalisis data untuk penelitian yaitu PT PIR.

3.4 Instrumen Penelitian

Program *Microsoft Excel* digunakan dalam penelitian ini, dimana sangat membantu dalam pengerjaan pengolahan data. Penelitian ini juga menggunakan beberapa perangkat keras seperti alat tulis, *stopwatch*, dan *handphone* (untuk aplikasi *stopwatch*).

3.5 Tahap Pengolahann Data

Pengolahan data dalam penelitian ini melewati beberapa tahapan, yaitu:

1. Memperhitungkan produktivitas alat dengan menggunakan ketersediaan mekanis *excavator* dan alat pengangkut, efisiensi kerja, dan produktivitas.
2. Menghitung *match factor* yang dapat ditentukan dengan menggunakan algoritma dengan memperhitungkan hasil produktivitas peralatan penggalian dan pengangkutan.
3. Menganalisis produktivitas menggunakan Teori Antrian dengan langkah-langkah berikut: menentukan model antrian, menghitung tingkat pelayanan (μ), dan probabilitas. Gunakan Teori Antrian untuk menghitung Lq_1 , Lq_3 , Wq_1 , dan Wq_3 , serta jumlah alat angkut dan produktivitasnya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Jenis Penelitian

Adapun hasil penelitian yang dilakukan meliputi:

4.1.1 Produktivitas Alat Aktual

1. Pengamatan Waktu Kerja

Tabel 1. Jam Kerja PT Pengembangan Investasi Riau

Shift	Waktu (WIB)	Keterangan	Waktu (menit)
1	06.30-07.00	Masuk kerja	30
	07.00-12.00	Kerja sebelum istirahat	300
	12.00-14.00	Isoma	120
	14.00-17.00	Kerja setelah istirahat	180
2	18.30-19.00	Masuk kerja	30
	19.00-00.00	Kerja sebelum istirahat	300
	00.00-01.00	Istirahat	60
	01.00-05.00	Kerja setelah istirahat	240
Total			1.260
Jumlah Waktu Kerja			20 Jam

2. Ketersediaan Alat Mekanis

Pekerjaan alat mekanis yang digunakan selalu memuat waktu kerja alat (W), waktu perbaikan (R) dan waktu *standby* (S).

Tabel 2. Jam Operasional Alat Muat

Jenis Alat Gali Muat	Waktu Kerja (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)	Waktu Tersedia
<i>Excavator Hitachi ZX-350</i>	14,27 Jam	1,63 Jam	1,10 Jam	17 Jam

Tabel 3. Perhitungan Manajemen Alat Gali Muat

No.	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1	<i>Excavator Hitachi zx-350</i>	89,7	90,4	92,8	83,9

Tabel 4. Jam Operasional Alat Angkut

Jenis Alat Angkut	Waktu Kerja (W)	Waktu Repair (R)	Waktu Standby (S)	Waktu tersedia
<i>Dump Truck MF-02</i>	14,27 jam	1,23 jam	1,10 jam	17 jam
<i>Dump Truck MF-06</i>	14,90 jam	1,00 jam	1,10 jam	17 jam
<i>Dump Truck MF-18</i>	14,93 jam	0,97 jam	1,10 jam	17 jam
<i>Dump Truck MF-20</i>	14,73 jam	1,17 jam	1,10 jam	17 jam

Tabel 5. Hasil Perhitungan Manajemen Alat Angkut

No	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1.	<i>Dump Truck MF-02</i>	92,2	92,7	93	86,2
2.	<i>Dump Truck MF-06</i>	93,7	94,1	93	87,6
3.	<i>Dump Truck MF-18</i>	93,8	94,2	93,1	87,8
4.	<i>Dump Truck MF-20</i>	92,6	93,1	93	86,6

3. Produktivitas Alat Gali Muat *Excavator Hitachi ZX 350*

Tabel 6. Hasil Perhitungan Produksi Alat Muat Per-Hari

Jenis Alat Muat	Shift 1	Shift 2	Total
<i>Excavator Hitachi ZX 350</i>	1.163,76	1.392,12	2.555,88

Tabel 7. Hasil Perhitungan Produksi Alat Muat Per-bulan

Jenis Alat Muat	Shift 1	Shift 2	Total
<i>Excavator Hitachi ZX 350</i>	34.912,8	41.763,6	76.676,4
Target Bulan Juni 2024	80.000 ton/bulan		

4. Produktivitas Alat Angkut Dump truck Fuso 220PS

Tabel 8. Data Produksi Alat Angkut

Data	Simbol	Nilai Dump Truck Fuso 220PS			
		01	02	03	04
<i>Cycle Time</i>					
Shift 1 (detik)	<i>CTa</i>	1.115,71	1.124,07	1.102,81	1.118,46
<i>Cycle Time</i>					
Shift 2 (detik)	<i>CTa</i>	1.112,74	1.139,67	1.102,56	1.115,70
Data	Simbol	Nilai Dump truck Fuso 220PS			
		02	06	18	20
Efisiensi Kerja Alat	<i>E</i>	86,2%	87,6%	87,8%	86,6%
Fill Factor	<i>k</i>	0,86			
Swell Factor	<i>SF</i>	0,72			
Kapasitas Bucket	<i>q₁</i>	1,4 m ³			
Density Batubara	<i>Db</i>	1,3 ton/m ³			
Jumlah Siklus	<i>n</i>	10			

Tabel 9. Hasil Perhitungan Produksi Alat Angkut Per-hari

Jenis Alat Angkut	Shift 1	Shift 2	Total	
Dump Truck Mitsubishi Fuso 220PS	MF 01	250,72	282,78	533,5
	MF 02	252,88	280,53	533,41
	MF 03	258,32	290,7	549,02
	MF 04	251,2	283,32	534,52
Total per-shift	1.013,12	1.137,33	2.150,45	

5. Nilai Match Factor antara Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Tabel 10. Data Match Factor

Data	Simbol	Excavator Hitachi ZX-350 Dump Truck Fuso 220PS	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Jumlah Alat Angkut	<i>Na</i>	4	
Jumlah Bucket 1 Siklus	<i>n</i>	10	
Jumlah Alat Muat	<i>Nm</i>	1	
Cycle Time Alat Muat (detik)	<i>CTm</i>	22,62	
Cycle Time Alat Angkut (detik)	<i>CTa</i>	1.116,46	

4.1.2 Menganalisis Produktivitas Menggunakan Teori Antrian

1. Penentuan Model Sistem Antrian

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa antrian untuk pemuatan dan pemindahan peralatan di PT PIR memiliki kisaran waktu kedatangan yang kurang dan hanya memiliki satu unit *exvacator*, mengikuti protokol *FCFS*. *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS beroperasi melalui sistem kerja yang

mencakup empat langkah berulang, sehingga memerlukan penerapan model antrian tertutup untuk perhitungan, dengan kondisi sebagai berikut:

- Pelanggan yang datang dengan tingkat pelayanan bersifat tidak konsisten.
- Antrian layanan menggunakan satu sistem karena ketersediaan sistem yang terbatas.
- Model antrian ini dapat diterapkan ketika λ/μ , atau tingkat pemakaian, di bawah 100%.
- Penundaan antrian dapat terjadi pada saat *loading excavator* atau bongkar muat di *stockroom*.
- Kondisi antrian terdiri dari empat tahap, masing-masing ditandai dengan tingkat layanan tertentu.
- Selama fase transit ke ruang penyimpanan dan selanjutnya kembali untuk pemuatan di *front*. Dianggap sebagai fase *self-service*.

2. Probabilitas Keadaan Antrian

Jumlah alat angkut dan kondisi antrian empat tahap menentukan probabilitas keadaan antrian, yaitu:

- Tahap 1 (μ_1) adalah fase operasional penggali, dimana alat ini memuat material batubara ke dalam alat angkut hingga mencapai kapasitas maksimal dalam beberapa siklus.
- Tahap 2 (μ_2) adalah fase *self-service* dimana alat angkut melanjutkan perjalanan ke *stockroom*.
- Tahap 3 (μ_3) adalah fase pelayanan untuk pengangkutan batubara ke fasilitas gudang.
- Tahap 4 (μ_4) adalah fase pelayanan mandiri di mana alat angkut kembali ke *front* pemuatan batubara.

3. Perhitungan Kebutuhan Alat Angkut menggunakan Teori Antrian

Tabel 11. Jumlah Alat Angkut setelah Penerapan Sistem Teori Antrian

No	Alat Gali Muat	Jumlah Alat Angkut	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	Excavator Hitachi ZX-350	4	5

4. Hasil Perhitungan Setelah Penerapan Sistem Teori Antrian

Tabel 12. Perhitungan Produktivitas Alat Angkut setelah Perbaikan per-Hari

No	Alat Gali Muat	Jumlah Alat angkut		Hasil Produksi	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	Excavator Hitachi ZX-350	4	5	2.150,45	2.686

Tabel 13. Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Setelah Perbaikan per-Bulan

No	Alat Gali Muat	Jumlah Alat angkut		Hasil Produksi	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	Excavator Hitachi ZX-350	4	5	64.513,6	80.580

4.2 Pembahasan

Penelitian dilaksanakan di Area Pit A PT PIR tepatnya pada bulan Juni 2024. Unit yang diteliti diantaranya satu unit *excavator* Hitachi ZX-350 dan empat unit *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai produktivitas sebenarnya dari peralatan, menilai kompatibilitas antara peralatan pemuatan dan pengangkutan, dan menganalisis produktivitas melalui Teori Antrian.

Alat muat *excavator* Hitachi ZX-350 bisa menghasilkan 2.555,88 ton/hari sehingga menghasilkan 76.676,4 ton/bulan. Maka, alat muat *excavator* Hitachi ZX-350 belum mencapai target produksi PT PIR karena produktivitas alat tersebut belum optimal. Untuk produktivitas alat angkut *dump truck* diuraikan berdasarkan unit, produktivitas aktual *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS (02) yaitu 533,5 ton/hari dan 16.005,1 ton/bulan. *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS (06) menghasilkan 533,41 ton/hari dan 16.002,3 ton/bulan. *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS (18) menghasilkan 549,02 ton/hari dan 16.470,6 ton/bulan. Mitsubishi Fuso 220PS (20) menghasilkan 534,52 ton/hari dan 16.035,6 ton/bulan.

Produktivitas per-unit tersebut di atas menunjukkan bahwa total produktivitas alat muat adalah 2.150,45 ton/hari dan 64.513,6 ton/bulan. Produktivitas *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS belum mencapai target produksi yang ditetapkan perusahaan.

Penelitian ini menilai produktivitas alat berat dan nilai faktor kesesuaian antara alat gali-muat dan alat angkut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa satu *excavator* dengan waktu siklus 22,62 detik dan empat *dump truck* dengan waktu siklus 1.116,46 detik menghasilkan nilai $MF = 0,81$. Karena nilai MF kurang dari 1, maka *excavator* tetap tidak aktif sementara alat angkut berfungsi dengan kapasitas penuh. Durasi untuk memuat peralatan adalah 3,5 menit.

Penelitian ini menggunakan Teori Antrian sebagai metodologinya. Pembahasan mengenai Teori Antrian sebagian besar berkonsentrasi pada strategi untuk meminimalkan waktu tunggu yang dialami dalam jalur antrian.

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa jarak dari *front* penambangan ke *stockroom*

adalah sekitar 2 km, dengan dua jalur dan beberapa tanjakan curam yang mengharuskan operator mengurangi kecepatan. Dampak yang terjadi karena beberapa faktor tersebut yaitu waktu perputaran dari alat angkut sehingga mengakibatkan penundaan pemuatan peralatan.

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa antrian di PT PIR terbatas karena kekurangan alat angkut dan alat gali. PT PIR hanya memiliki satu unit *excavator*, maka layanan diberikan berdasarkan sistem *FCFS*. *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS beroperasi melalui sistem kerja yang menggunakan empat tahap yang berulang-ulang. Menurut model antrian putaran, probabilitas kondisi antrian bergantung pada jumlah alat angkut dan kriteria empat tahap. Tahap 1 (μ_1) mengacu pada tahap pelayanan yang melibatkan *loading excavator* dalam proses pemuatan material ke alat angkut. Tahap 2 (μ_2) mengacu pada tahap layanan transportasi yang mengarah ke ruang penyimpanan. Tahap 3 (μ_3) adalah tahap operasional pengangkutan batubara ke fasilitas penyimpanan. Tahap 4 (μ_4) adalah tahap pengangkutan kembali ke area pemuatan batubara. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hasil produksi untuk tahap 1 (μ_1) adalah 15 *dump truck* per-jam, tahap 2 (μ_2) adalah 8 *dump truck* per-jam, tahap 3 (μ_3) adalah 59 *dump truck* per-jam, dan tahap 4 (μ_4) adalah 10 *dump truck* per-jam.

Excavator Hitachi ZX-350 melayani empat unit dan memiliki empat tahap antrian, sehingga menghasilkan total 35 kemungkinan kondisi. Total dari semua probabilitas status sama dengan 1, dan koefisien kumulatifnya adalah 26,194. Selain itu, Nilai Lq_1 menunjukkan antrian alat angkut ketika dimuat oleh peralatan pemuatan dengan $n_1 > 1$. Nilai Lq_1 adalah 0 *dump truck*. Nilai Lq_3 menunjukkan antrian alat angkut selama terjadi peristiwa *spillover* batubara. Nilai Lq_3 adalah 0 *dump truck*. Nilai Wq_1 mencerminkan waktu tunggu alat angkut saat dimuat oleh *loader*. Untuk menghitung Wq_1 , jumlah penggunaan (η_1) harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai η_1 adalah 72,47%. Jumlah *dump truck* yang dilayani (θ) adalah 11 *dump truck* per-jam. Nilai Wq_1 adalah 0,054 jam. Wq_3 menunjukkan waktu tunggu alat angkut selama terjadi peristiwa tumpahan batubara di *stockroom*. Nilai Wq_3 adalah 0,0028 jam. Waktu siklus untuk kedatangan *dump truck* (CT_{total}) yaitu 0,36 jam. Tingkat kedatangan *dump truck* per-jam (λ) yaitu 3 *dump truck* per-jam. Sehingga, diperlukan lima unit alat angkut.

Nilai faktor kecocokan antara *excavator* Hitachi ZX-350 dan *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS adalah 1,01 ketika menggunakan Teori Antrian. Selanjutnya, produktivitas yang dicapai setelah perbaikan alat angkut operasional sebesar 2.686 ton/hari dan 80.580 ton/bulan, yang menunjukkan pemenuhan target produksi PT PIR sebesar 80.000 ton/bulan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan tugas akhir yang dilakukan di PT PIR:

1. Nilai produktivitas aktual *excavator* Hitachi ZX-350 yaitu 2.555,88 ton/hari dan 76.676,4 ton/bulan. Produktivitas aktual alat muat *excavator* Hitachi ZX-350 belum mencapai target produksi PT PIR. Nilai produktivitas aktual dari *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS yaitu 2.150,45 ton/hari dan 64.513,6 ton/bulan. Bisa disimpulkan produktivitas alat angkut *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS belum mencapai dari target yang telah ditetapkan.
2. Tingkat kompatibilitas antara alat muat *excavator* Hitachi ZX-350 dan *dump truck* Mitsubishi Fuso 220PS ditentukan sebagai *Match Factor (MF)* = 1,1. Lima unit *dump truck* diperlukan untuk memindahkan peralatan setelah perbaikan.
3. Dengan memanfaatkan Teori Antrian, hasil produksi yang mengoptimalkan alat muat dan alat angkut mampu meningkatkan produksi alat angkut menjadi 2.686 ton/hari dan 80.580 ton/bulan, sehingga dapat memastikan tercapainya target produksi PT PIR sebesar 80.000 ton/bulan.

5.2 Saran

Beberapa saran dan rekomendasi berikut dibuat berdasarkan analisis data yang berkaitan dengan topik yang ditinjau:

1. PT PIR harus meningkatkan jam kerja yang optimal untuk meminimalkan waktu yang terbuang dan meningkatkan produksi.
2. Menghilangkan hambatan seperti kerusakan alat dan menilai kondisi jalan untuk memastikan waktu sirkulasi yang minimal.
3. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa alat angkut terus mengantri sehingga penulis merekomendasikan untuk mengkaji mengenai kebutuhan alat gali muat dan alat angkut agar tidak menimbulkan antrian dan memastikan tercapainya target produksi melalui penerapan analisis Teori Antrian.
4. Waktu rotasi terhadap alat angkut yang lama kemudian jumlah dari alat angkut yang sedikit menyebabkan target produksi tidak tercapai.
5. Untuk meningkatkan produktivitas, kurangi waktu sirkulasi alat dan gunakan simulasi Teori Antrian untuk memperkirakan kebutuhan alat yang ideal untuk menghindari antrian.

Referensi

- [1] Rostiyanti, Susy Fatena. (2008). *Alat Berat untuk Proyeksi Kontruksi*. Edisi Kedua. Jakarta: Bhineka Cipta.
- [2] Anisari, R. (2012). *Keserasian Alat Muat dan Angkut untuk Ketercapaian Target Produksi Pengupasan Batuan Penutup pada PT Unirich Mega Persada Site Hajak Kabupaten Barito*

Utara Kalimantan Tengah. Jurnal Intekna. 5(1): 23-28.

- [3] Indonesianto, Yanto. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [4] Kuntjojo. (2009). *Metodologi Penelitian*. Kediri: Universitas Nusantara PGRI.
- [5] Kasiram, Moh. (2010). *Metodologi Penelitian: Kualitatif-Kuantitatif*. UIN-Maliki Press, Malang.