

Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat *Rocker Shovel* Dan Alat Angkut Angkut *Grandby Mine Car* Untuk Menunjang Tercapainya Produksi Bijih Emas (Primer) Pada Kegiatan Penambangan Tambang Bawah Tanah PT. Dempo Maju Cemerlang.

Wiza Esti Ningrum^{1,*}, Dedi Yulhendra¹

¹ Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*wizahestiningrum05@gmail.com](mailto:wizahestiningrum05@gmail.com)

Abstract. PT. Dempo Maju Cemerlang is a former Dutch colonial mine that operates as a gold mining company in Nagari Tambang, Pesisir Selatan Regency, using the Shrinkage Stope method, namely an overhand mining system to create a body with a slope of between 50°-90°. This research aims to analyze the compatibility value between the rocker shovel digging and loading equipment and the Grandby Mine car transportation equipment at PT. Dempo Maju Cemerlang and created simulations to improve working time and standby time for loading and digging equipment and transportation equipment. This research uses a quantitative type of research. The results of calculations using match factor, obtained a value of MF<1, where the loading equipment will wait while the transportation equipment is working fully or not in harmony. After improvements were made to working time and standby time, the results showed that the work effectiveness of the rocker shovel loading equipment was 38.93% and the effectiveness of the grandby transportation equipment at level 6 was 40%. Meanwhile, the effectiveness of Grandby transportation equipment at level 7 is 39.55%. This increase affects productivity, where the productivity of the rocker shovel conveyance is 2384,42 tonnes/month, the productivity of the Grandby conveyance at level 6 is 2276,73 tonnes/month, and the productivity of the Grandby conveyance at level 7 is 2243,16 tonnes/month.

Keywords: *Shrinkage Stope, rocker shovel, Grandby, match factor, productivity*

1. Pendahuluan

Tambang bawah tanah adalah cara untuk mengambil mineral dengan membuat terowongan ke lokasi cadangan[1]. Metode ini memungkinkan untuk mengambil berbagai mineral mulai dari emas, tembaga, seng, nikel, dan timbal. PT. Dempo Maju Cemerlang merupakan bekas tambang kolonial Belanda yang terletak di Nagari Tambang, kecamatan IV jurai, Pesisir Selatan dan merupakan perusahaan pertambangan emas. Mereka menggunakan *shrinkage stoping*, sistem penambangan tradisional untuk badan bijih dengan kemiringan antara 50°-90° [2]

Berdasarkan data produksi perusahaan tahun 2022, realisasi produksi perusahaan pada November 2022 sebanyak 1.011 ton, belum mencapai target produksi sebesar 2.100 ton/bulan. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor yang mempengaruhinya antara lain tidak optimalnya kerja alat gali muat, hilangnya waktu pada saat pemuatan, pengangkutan dan pembuangan bijih karena jam kerja efektif yang relatif rendah yaitu 90 dan 93 jam/bulan dari 372 jam yang tersedia per bulan. Granby (alat angkut) sering tergelincir karena material menghalangi jalan produksi

sehingga menyebabkan terhambatnya pengangkutan bijih. Kekurangan tekanan udara dari kompresor pada *Rocker Shovel* (Alat Muat) serta genangan air yang membanjiri jalur tambang bawah tanah saat hujan turun, memperlambat proses memuat dan menghambat kerja alat.

Dari beberapa faktor yang telah disebutkan ada losstime yang bisa dihindari seperti metode, peralatan dan manusia. Sedangkan faktor lingkungan artinya proses alam yang tidak bisa dihindari waktu terjadinya. Oleh sebab itu, PT. Dempo Maju cemerlang perlu mengoptimalkan penambangan bijih emas bawah tanah dengan meningkatkan kinerja alat gali-muat serta alat angkut, sehingga bisa mencapai sasaran produksi yang ditetapkan. salah satu langkah penting adalah mengetahui nilai *Match Factor* untuk memastikan keserasian antara alat muat serta alat angkut.

Berdasarkan hal-hal yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka penulis mengangkat “Optimalisasi Produktivitas alat Gali Muat *Rocker Shovel* serta alat Angkut *Grandby Mine Car* untuk Menunjang Tercapainya Produksi Bijih Emas (primer) di kegiatan Penambangan Tambang Bawah Tanah PT. Dempo Maju cemerlang” sebagai judul tugas akhir.

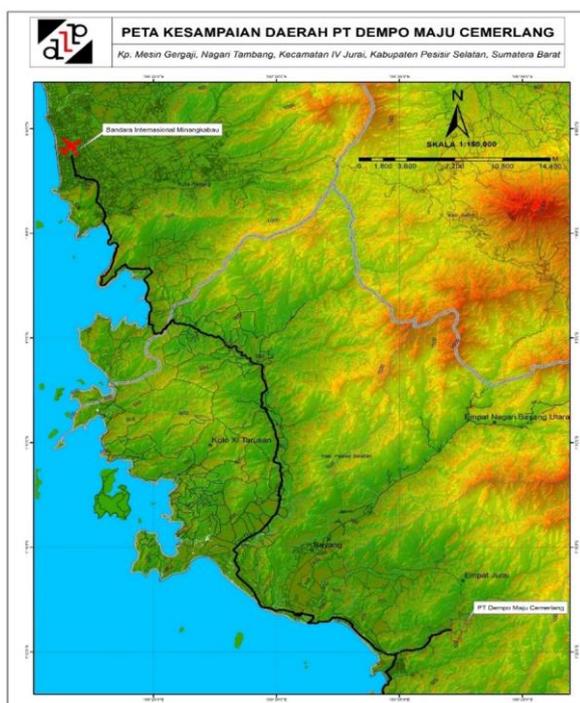
2. Lokasi Penelitian

2.1 Lokasi Kesampaian Daerah

Secara administratif, PT. DMC memiliki IUP atau Usaha Izin Pertambangan Operasi Produksi Emas Primer yang berlokasi di Nagari Tambang, Kecamatan IV Jurai, Pesisir Selatan. Lokasi operasional produksi dapat diakses dari Painan melalui Simpang Kecil Salido menuju lokasi. Perjalanan ini melibatkan sekitar 1 kilometer jalan provinsi dan sekitar 8 kilometer jalan kabupaten yang beraspal. Wilayah administrasi IUP Operasi Produksi Emas Primer PT. DMC dibatasi oleh beberapa titik, yaitu:

- Bagian Utara berbatasan dengan Koto Rawang
- Bagian Selatan berbatasan dengan Kampung Tambang
- Bagian Barat berbatasan dengan Bukit Tuduang Harang
- Bagian Timur berbatasan dengan Kampung Tambang.

Gambar 1 menunjukkan peta kesampaian daerah PT. Dempo Maju Cemerlang.



Gambar 1 Peta kesampaian daerah PT.Dempo Maju Cemerlang

2.2 Litologi Dan Geologi Daerah

2.2.1. Litologi

Satuan batuan di wilayah kegiatan terdiri dari lava andesit, kuarsit dan batupasir kuarsa.

- **Satuan Lava Andesit**

Tersusun atas batuan *boulder* andesit dengan sisipan breksi tuf dan lava andesit. *Boulder* andesit banyak tersebar pada daerah dataran yang umumnya

dimanfaatkan untuk lahan pertanian. Satuan batuan ini mendominasi pada daerah eksplorasi yang direncanakan untuk eksploitasi.

Andesit, abu-abu kehitaman kehijauan, struktur masif, tekstur porfiritik-afanitik dengan komposisi mineral berupa plagioklas, kuarsa, muskovit, dijumpai mineralisasi pirit tersebar tidak merata, setempat dijumpai oksidasi besi berupa limonit yang merupakan ubahan dari pirit dan kalkopirit.

- **Satuan Batuan Kuarsit**

Terdiri dari batuan kuarsit hasil ubahan dari batupasir kuarsa yang diakibatkan oleh pemanasan intrusi andesit. Kuarsit, berwarna putih kecoklatan sampai putih kehitaman, struktur masif, tekstur kristalin sampai kristoblastik, terdapat pirit pada beberapa singkapan batuan, terdapat kekar-kekar yang merupakan indikasi kontrol struktur.

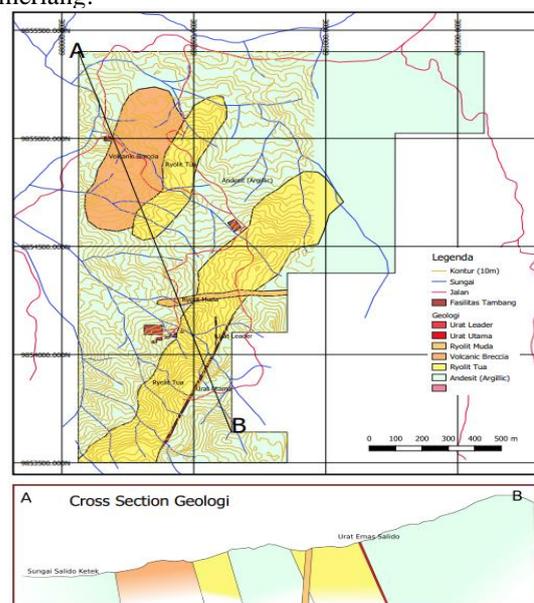
- **Satuan Batupasir Kuarsa**

Batu pasir kuarsa ditandai dengan karakteristik fisik berupa warna kuning hingga coklat, struktur yang massif, tekstur yang klastis, ukuran butir pasir sedang, bentuk butir yang membulat tanggung, kemasannya yang tertutup, dan komposisi mineral yang terdiri dari kuarsa dan mineral opak.

2.2.2. Geologi

Struktur geologi yang berkembang pada daerah usulan eksploitasi terdiri dari sesar turun dan sesar mendatar mengkiri. Sesar turun ini memiliki arah N 16 0E / 730 atau secara umum penyebarannya utara selatan dan penunjamannya ke arah timur sedangkan sesar mendatar mengkiri dengan arah N 68 0E / 750.

Gambar 2 menunjukkan Peta Geologi dari Izin Usaha Pertambangan (IUP) milik PT. Dempo Maju Cemerlang:



Gambar 2 Peta Geologi PT Dempo Maju Cemerlang

3. Kajian Teori

3.1 Pemindahan Tanah Mekanis

Sebelum memulai pekerjaan pemindahan tanah, tahap awal yang perlu dilakukan adalah land clearing. Setelah penyelesaian pekerjaan land clearing, langkah berikutnya melibatkan proses pengupasan top soil (lapisan atas) atau stripping, penggalian (*excavating*), *hauling*, dan *dumping*[4].

Pemindahan tanah atau batuan dapat dilakukan dengan dua metode pemuatan, yaitu secara manual menggunakan peralatan sederhana seperti cangkul, sekop, gerobak, dan sebagainya, atau dengan menggunakan alat besar/mekanis. Penggunaan alat besar/mekanis memiliki beberapa kelebihan, diantaranya dapat dilakukan dalam volume besar, waktu relatif singkat, dan efektif pada pemindahan material yang sulit.

3.2 Alat muat (*Rocker shovel*)

Rocker Shovel atau *Mucker* adalah jenis *loader* mekanis yang digunakan dalam penambangan bawah tanah. *Rocker Shovel* biasanya ditenagai oleh udara terkompresi, atau dalam beberapa kasus juga menggunakan listrik

Pada tambang emas bawah tanah PT. Dempo, proses pemuatan dilakukan dengan *Rocker Shovel* yang memiliki kapasitas bucket sebesar 0,26 m³ ke dalam *Grandby*/lori dengan kapasitas satu *grandby* sebesar 1,2 m³. Gambaran dari *Rocker Shovel* dapat ditemukan pada gambar 3:



Gambar 3. *Rocker shovel*

3.3 Alat angkut (Lokomotif + lori / *grandby mine car*)

PT Dempo memanfaatkan *Grandby* yang ditarik oleh lokomotif listrik yang menggunakan baterai dengan kemampuan menarik sekitar 10 - 12 *grandby*. Saat mengangkut *broken ore* di PT. Dempo Maju Cemerlang, rata-rata dilakukan pengangkutan menggunakan 6 - 7 *grandby* dengan kapasitas 1,2 m³. Gambaran visual dari lokomotif dan *grandby mine car* dapat ditemukan pada gambar 4.



Gambar 4 Lokomotif dan *grandby mine car*

3.3.1 Manfaat menggunakan lokomotif

- Mengurangi kebutuhan tenaga tambang
- Fleksibel dan mudah untuk diperpanjang
- Pengangkutan dapat dilakukan bersama-sama
- Mempunyai kecepatan tinggi
- Lebih mudah menyesuaikan dengan tikungan

3.3.2 Keterbatasan menggunakan lokomotif

- Terdapat batasan kemiringan
- Lantai harus memiliki kekuatan yang memadai
- Resiko kebakaran dan peningkatan potensi kebocoran gas beracun

3.4 Faktor yang Mempengaruhi Produksi

Ffaktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan alat angkut meliputi :

3.4.1 Waktu kerja efektif

Waktu kerja efektif merujuk pada periode di mana alat mekanis beroperasi secara aktif untuk produksi. Waktu kerja efektif diperhitungkan dengan menggabungkan waktu hambatan yang bisa dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari. Hasilnya digunakan untuk mengurangi total waktu kerja yang tersedia.

Faktor-faktor seperti kerusakan pada alat dan cuaca, khususnya hujan, memiliki dampak signifikan terhadap waktu kerja efektif. Secara umum, alat mekanis cenderung mengalami penurunan kinerja selama hujan, bahkan mungkin berhenti beroperasi. Namun, ini juga tergantung pada kemampuan masing-masing alat yang digunakan.

3.4.2 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja dapat diukur dengan membandingkan waktu produktif dengan total waktu kerja yang tersedia. Baik pekerja maupun mesin tidak beroperasi secara kontinu selama 24 jam. Efisiensi kerja meningkat ketika waktu kerja yang dimanfaatkan mendekati total waktu yang tersedia. Ini mencerminkan tingkat keberhasilan dalam memanfaatkan seluruh periode waktu yang disediakan. Pengalaman operator alat sangat

memengaruhi tingkat efisiensi, karena operator yang berpengalaman memiliki kemampuan untuk menempatkan dan menggunakan alat dengan lebih akurat dan efisien. Perhitungan efisiensi kerja dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$EF = \frac{W_t - (W_{hb} + W_{ht})}{W_t} \times 100\% \dots (1)$$

Dimana :

- Ef = Efisiensi kerja
- Wt = Waktu kerja yang tersedia
- Whb = Hambatan yang dapat dihindari
- Wht = Hambatan yang tidak dapat dihindari

Terdapat 4 jenis efisiensi alat yang saling berhubungan :

- Ketersediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

Adalah waktu di mana alat tersedia dalam kondisi mekanis, mempertimbangkan waktu yang hilang akibat perbaikan, pemeliharaan mesin, dan faktor mekanis lainnya. Rumusnya sebagai berikut:

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \dots (2)$$

Keterangan :

- MA = ketersediaan mekanis alat (%)
- W = jam kerja alat mekanis (jam)
- R = jam perbaikan alat mekanis (jam)

- Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

Merujuk pada waktu di mana alat tersedia untuk melakukan pekerjaan dengan berada dalam posisi standby di depan untuk memproduksi material tersebut. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \dots (3)$$

Keterangan :

- PA = ketersediaan fisik alat (%)
- W = jam kerja alat mekanis (jam)
- R = jam perbaikan alat mekanis (jam)
- S = jam alat siap beroperasi tetapi tidak mengalami kerusakan (jam)

- Penggunaan Ketersediaan (*Use of Availability*)

Mengacu pada waktu di mana alat digunakan untuk beroperasi dalam kondisi tidak rusak. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \dots (4)$$

Keterangan :

- UA = ketersediaan penggunaan alat (%)
- W = jam kerja alat mekanis (jam)
- S = jam alat siap beroperasi tetapi tidak mengalami kerusakan (jam)

- Penggunaan Efektif (*Effective Utilization*)

Merupakan waktu yang mencerminkan total waktu kerja yang tersedia. Nilai EU sebenarnya setara dengan efisiensi kerja, dihitung menggunakan rumus berikut:

$$EU = \frac{W}{W+S+R} \times 100\% \dots (5)$$

Keterangan :

- EU = ketersediaan alat secara efisien (%)
- W = jam kerja alat mekanis (jam)
- R = perbaikan alat mekanis (jam)
- S = jam alat siap beroperasi tetapi tidak mengalami kerusakan (jam)

3.4.3 Faktor pengisian alat (*Fill Factor*)

Merupakan perbandingan antara volume aktual dengan volume spesifikasi alat, diungkapkan sebagai persentase. Semakin tinggi faktor pengisian, semakin besar volume aktual dari alat tersebut, dan hal ini berkaitan dengan jumlah pengisian pada alat angkut.

$$BFF = \frac{V_a (m^3)}{V_t (m^3)} \times 100\% \dots (6)$$

Keterangan :

- BFF = *Bucket Fill Factor*
- Va = Volume Aktual
- Vt = Volume Teoritis

3.4.4 (*Swell Factor*)

Dalam konteks ini, Yanto Indonesianto (2005:7) menjelaskan bahwa "*Swell*" mengacu pada peningkatan volume suatu material setelah dikeluarkan dari tempat asalnya. Saat material digali di lapangan, akan mengalami peningkatan volume. Faktor pengembangan juga diidentifikasi melalui perbandingan densitas material yang tergal dengan densitas material aslinya. Volume material ini diukur dalam meter kubik bank (BCM), meter kubik longgar (LCM), dan meter kubik padat (CCM).

Transformasi bentuk ini terjadi akibat perbedaan densitas yang timbul selama proses penggalian atau pemadatan dibandingkan dengan densitas aslinya. Densitas material mengalami perubahan ketika digali, berubah dari kondisi bank menjadi loose. Pada kondisi longgar, densitas material akan berkurang dibandingkan dengan densitas pada kondisi bank karena adanya pori udara. Persamaan untuk menghitung faktor swell adalah:

- Rumus SF dan % Swell berdasarkan volume

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{Loose Volume} - \text{Bank Volume}}{\text{Bank Volume}} \times 100\% \dots (7)$$

$$LCM = \frac{\text{Bank Volume}}{SF} \dots (8)$$

- Rumus SF dan % swell berdasarkan densitas (kerapatan)

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{Weight in bank} - \text{Loose Weight}}{\text{Weight in Bank}} \times 100\% \dots (9)$$

$$SF = \frac{\text{Loose Weight}}{\text{Weight in Bank}} \dots (10)$$

Informasi mengenai nilai *swell factor* untuk berbagai jenis material dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Swell factor dan Density Insitu macam material

Macam Material	Density (lb/cuyd)	Swell Factor
Bauksit	2700-4325	0,75
Tanah liat kering	2300	0,85
Tanah liat basah	2800-3000	0,80-0,82
Antrasit	2200	0,74
Batubara bituminous	1900	0,74
Bijih tembaga	3800	0,74
Tanah biasa kering	2800	0,85
Tanah biasa basah	3370	0,85
Tanah biasa bercampur pasir dan kerikil	3100	0,90
Kerikil kering	3250	0,89
Kerikil basah	3600	0,88
Granit pecah-pecah	4500	0,56-0,67
Hematit pecah-pecah	6500-8700	0,45
Bijih besi pecah-pecah	3600-5500	0,45
Batu kapur pecah-pecah	2500-4200	0,57-0,60
Lumpur	2160-2970	0,83
Lumpur sudah ditekan	2970-3510	0,83
Pasir kering	2200-3250	0,89
Pasir basah	3300-3600	0,88
Serpilh (<i>shale</i>)	3000	0,75
Batusabak (<i>slate</i>)	4590-4860	0,77

3.4.5 Cycle time

Cycle Time merujuk pada interval waktu yang dibutuhkan oleh alat berat untuk menyelesaikan seluruh proses pergerakan, mulai dari awal pergerakan (penggalian, pemuatan, pengangkutan, pembuangan, manuver, hingga kembali). Waktu operasional pada alat gali-muat melibatkan fase penggalian material, fase pengisian, waktu pembuangan muatan saat alat bergerak, dan waktu bermanuver tanpa muatan. Perhitungan waktu operasional alat gali-muat dapat dijabarkan dengan formula tertentu [6].

Secara umum, semakin singkat waktu operasional, semakin tinggi produktivitas yang dapat dicapai.

3.5 Produktivitas Alat muat dan Alat Angkut

3.5.1 Produktivitas Alat Muat

PT. Dempo Maju Cemerlang menggunakan *Rocker Shovel* sebagai peralatan gali-muat dalam kegiatan penambangan. Jumlah produksi *Rocker Shovel* per jam dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$Q = \frac{3600}{CTm} \times q \times E \times SF \dots\dots\dots(11)$$

Sumber: Indonesianto, (2005:44)

Rumus untuk menghitung produksi alat muat per siklus dapat dicari dengan:

$$q = q1 \times k \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

- q : Produksi alat muat per siklus (m3)
- q1 : Kapasitas bucket (m3)
- k : Faktor bucket

Keterangan:

- Q : Produksi alat muat per jam (m3/jam)
- E : Efisiensi kerja
- Ct : Waktu siklus (menit)
- SF : Swell Factor

3.5.2 Produktivitas alat angkut

Rumus yang digunakan untuk mengukur produktivitas *Grandby* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{60}{CTa} \times C \times E \times SF \dots\dots\dots(13)$$

Sumber: Indonesianto, (2005:100)

Rumus untuk menentukan produksi alat angkut per siklus dapat dihitung sebagai berikut:

$$C = n \times q1 \times k \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

- C : Produksi alat angkut per siklus (m3)
- q1 : Kapasitas bucket (m3)
- k : Faktor bucket
- n : Jumlah alat angkut

Keterangan:

- Q : Produksi alat muat per jam (m3/jam)
- E : Efisiensi kerja
- Ct : Waktu siklus (menit)
- SF : Swell Factor

3.6 Match Factor (MF)

Dalam usaha meningkatkan kualitas sistem kerja, penting untuk memperhatikan keselarasan kerja antara alat muat dan alat angkut. Hal ini harus dinilai dari berbagai aspek[8], termasuk:

$$MF = \frac{CTm \times n \times Na}{CTa \times Nm} \dots\dots\dots(15)$$

(Sumber : Indonesianto (2005))

Keterangan:

- MF =Faktor Keserasian
- n =Jumlah unit alat angkut.
- Nm =Jumlah unit alat muat.
- Na =Jumlah pengisian tiap satu alat angkut.
- Cta =Waktu edar alat angkut (menit).
- Ctm =Waktu edar alat muat (menit).

Jika hasil perhitungan menunjukkan :

- MF < 1, maka alat muat akan menunggu sementara alat angkut akan bekerja penuh.
- MF = 1, artinya keduanya sudah sejalan, yang berarti keduanya akan memiliki tingkat kesibukan yang sama dan tidak ada yang menunggu.
- MF > 1, alat angkut akan menunggu sementara alat muat akan bekerja penuh.

4. Metodologi Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode penelitian kuantitatif, di mana data yang berupa angka diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk memvisualisasikan hasil penelitian. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode statistik dan presentasi persentase. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses pengolahan data berupa angka yang digunakan sebagai alat untuk menganalisis informasi tentang suatu fenomena [9].

4.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, terdapat dua teknik yang digunakan untuk pengumpulan data, yaitu:

4.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk menghimpun berbagai referensi dari literatur dan parameter acuan dalam penelitian ini, mencakup buku, jurnal, dan telaah laporan penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya.

4.2.2 Observasi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengobservasi lokasi studi kasus secara langsung, sehingga memfasilitasi proses pengumpulan dan analisis data.

4.3 Teknik Pengolahan data dan Analisis

Dalam proses pengolahan data, kegiatan utama yang dilakukan melibatkan:

4.3.1 Menghitung produktivitas alat

- Ketersediaan mekanis peralatan muat dan angkut
Pada langkah ini, penulis perlu mengetahui jumlah peralatan mekanis yang dimiliki perusahaan dengan tujuan mendukung hasil perhitungan.
- Efisiensi Kerja
Setelah menghitung ketersediaan peralatan mekanis, diperoleh nilai Utilisasi Efektif (EU). Menurut Kepmen 1827, peralatan dianggap dalam kondisi baik jika nilai $EU > 65\%$ [10].
- Produktivitas peralatan muat dan angkut
Dari hasil produktivitas peralatan penggali muat dan pengangkut, diperoleh jumlah peralatan pengangkut yang dibutuhkan melalui pembagian produktivitas peralatan penggali muat dan pengangkut.

4.3.2 Menghitung Match Factor

Dengan merujuk pada hasil produktivitas dari peralatan penggali muat dan pengangkut, maka Faktor Keserasian dapat dihitung dengan menggunakan suatu persamaan (15).

5 Hasil penelitian dan pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Pengamatan Waktu Kerja

Waktu operasional PT. Dempo Maju Cemerlang mencakup 12 jam per hari yang terdiri dari 2 shift lapangan, dimulai dari pukul 08.00-15.00 dan 15.00-23.00. Total jam operasional per bulan mencapai 372 jam, sebagaimana terlihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Jadwal Jam Kerja PT. DMC

Hari Kerja	Shift	Jadwal	Keterangan	Jumlah (Jam)
Sabtu s/d Kamis	1	08:00 - 12:00	Waktu Kerja	4
		12:00 - 13:30	Istirahat	1,5
		13:30 - 15:30	Waktu Kerja	2
	2	16:00 - 18:00	Waktu Kerja	2
		18:00 - 19:00	Istirahat	1
		19:00 - 23:00	Waktu Kerja	4
	Total			
Jum'at	1	08:00 - 11.30	Waktu Kerja	3,5
		11:30 - 13.30	Istirahat	2
		13:30 - 16:00	Waktu Kerja	2,5
	2	16:00 - 18:00	Waktu Kerja	2
		18:00 - 19:00	Istirahat	1
		19:00 - 23:00	Waktu Kerja	4
	Total			
Waktu Kerja Bulan Desember 2022				372
Total waktu Tersedia Sebulan				744
Total Jam Istirahat				80

5.1.2 Pengamatan Waktu Hambatan Kerja

Waktu hambatan yang terjadi di PT. Dempo Maju Cemerlang dapat dilihat pada tabel 3,4 dan 5 :

Tabel 3 Jam Hambatan Alat Gali Muat

No	Aspek	Identifikasi Masalah	Loostime (Jam)	Persen Pengaruh (%)
1	Manusia	Terlambat Mulai Beroperasi	46,9	34,72
		Istirahat Di Awal Waktu	12,88	9,54
		Terlambat Kerja Setelah Istirahat	32,59	24,13
		Keperluan Operator	7,31	5,41
2	Mesin	Kekurangan Tekanan Angin Untuk Bergerak	2,36	1,75
		Pemeriksaan Peralatan Harian	7,32	5,42
3	Lingkungan	Perbaikan Rel	5,49	4,06
		Material Menutup Rel	1,01	0,75
		Perbaikan Front Kerja	2,74	2,03
		Hujan	16,47	12,19
Total			135,07	100,00

Tabel 4 Jam Hambatan Grandby Di Level 6

No	Aspek	Identifikasi Masalah	Loostime (Jam)	Persen Pengaruh (%)
1	Manusia	Terlambat Mulai Beroperasi	50,26	33,94
		Istirahat Di Awal Waktu	12,14	8,20
		Terlambat Kerja Setelah Istirahat	32,3	21,81
		Keperluan Operator	5,51	3,72
2	Mesin	Grandby Keluar Rel Pada Saat Berbelok	8,23	5,56
		Lokomotif Keluar Rel	6,24	4,21
		Grandby Terlepas Pada Saat Dumping	9,33	6,30
		Pemeriksaan Peralatan Harian	2,79	1,88
3	Lingkungan	Perbaikan Rel	3,23	2,18
		Material Menutup Rel	1,01	0,68
		Pembersihan Area Dumping	1,75	1,18
		Hujan	15,29	10,33
Total			148,08	100,00

Tabel 5 Jam Hambatan Grandby Di Level 7

No	Aspek	Identifikasi Masalah	Loostime (Jam)	Persen Pengaruh (%)
1	Manusia	Terlambat Mulai Beroperasi	50,56	33,69
		Istirahat Di Awal Waktu	32,66	21,76
		Terlambat Kerja Setelah Istirahat	11,83	7,88
		Keperluan Operator	5,63	3,75
2	Mesin	Grandby Keluar Rel Pada Saat Berbelok	9,33	6,22
		Lokomotif Keluar Rel	5,36	3,57
		Grandby Terlepas Pada Saat Dumping	8,23	5,48
		Pemeriksaan Peralatan Harian	4,53	3,02
3	Lingkungan	Perbaikan Rel	1,04	0,69
		Material Menutup Rel	3,86	2,57
		Pembersihan Area Dumping	1,75	1,17
		Hujan	15,29	10,19
Total			150,07	100,00

5.1.3 Produksi ore di PT. Dempo Maju Cemerlang

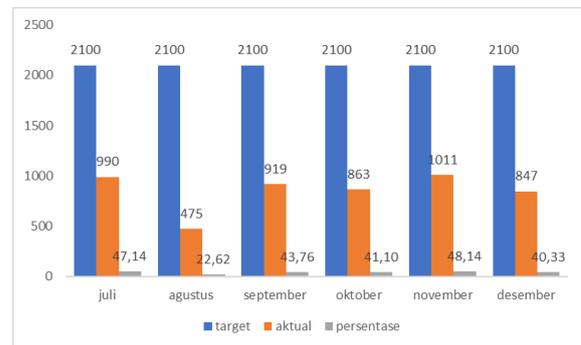
Dari data produksi aktual 6 bulan terakhir pencapaian tertinggi ada pada bulan November 2022 yaitu sebesar 1011 ton dari target produksi ore adalah 2100 ton/bulan.

Berikut adalah rekap data produksi ore di PT. Dempo Maju Cemerlang 6 bulan terakhir, dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 5:

Tabel 6. Produksi 6 bulan terakhir

Bulan	Target (Ton)	Aktual (Ton)	Persentase (%)
Juli	2100	990	47,14
Agustus	2100	475	22,62
September	2100	919	43,76
Oktober	2100	863	41,10
November	2100	1011	48,14
Desember	2100	847	40,33

Berikut ini adalah grafik batang produksi PT. Dempo pada gambar 5 :



Gambar 5 Diagram Produksi 6 bulan terakhir

5.1.4 Ketersediaan Alat Mekanis

Dalam konteks pekerjaan dengan alat mekanis, terdapat total jam kerja (W), jam perbaikan (R), dan jam siaga (S) dari alat mekanis yang digunakan..

• Area Level 6

Waktu operasional dari peralatan muat dan pengangkut yang berada di level 6 tertera dalam Tabel 7:

Tabel 7. jam kerja alat gali-muat dan alat angkut level 6

Jenis alat	Nama alat	Waktu kerja (W) (jam)	Waktu standby (S) (jam)	Waktu repair (R) (jam)	Waktu tersedia (jam)
Alat Gali Muat	Rocker Shovel	95	135,07	141,93	372
Alat Angkut	Lokomotif + Grandby Mine Car level 6	93	148,09	130,91	372

Dari hasil perhitungan efisiensi alat, ditemukan bahwa efisiensi kerja alat muat sebesar 25,53%, dengan waktu kerja efektif 95 jam/bulan. Sementara itu, efisiensi

kerja alat angkut di level 6 adalah 25%, dengan waktu kerja efektif sebesar 93 jam/bulan. Efisiensi alat angkut di level 7 adalah 24,46% dengan waktu kerja efektif 91 jam/bulan. Detail perhitungan manajemen alat gali-muat dan alat angkut level 6 dapat dilihat pada Tabel 8:

Tabel 8. hasil perhitungan manajemen alat gali-muat dan alat angkut

No	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1	<i>Rocker Shovel</i>	40,09	61,84	41,29	25,53
2	<i>Grandby Mine Car</i>	41,53	64,8	38,57	25

• **Area level 7**

Jam kerja alat gali muat dan alat angkut yang berada di level 7 dapat dilihat pada tabel 9 :

Tabel 9. jam kerja alat angkut level 7

Jenis alat	Nama alat	Waktu kerja (W) (jam)	Waktu <i>standby</i> (S) (jam)	Waktu <i>repair</i> (R) (jam)	Waktu tersedia (jam)
Alat Angkut	<i>Grandby mine car</i>	91	150,07	130,93	372

Tabel perhitungan manajemen alat gali-muat dan alat angkut level 7 dapat dilihat pada tabel 10 :

Tabel 10. hasil perhitungan manajemen alat gali-muat dan alat angkut

No	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1	<i>Grandby mine car level 7</i>	41	64,8	37,74	24,46

5.2 Pembahasan

5.2.1 Perhitungan Produktivitas Sebelum Perbaikan

• **Area level 6**

Untuk menghitung produktivitas alat gali muat dan alat angkut diperlukan parameter – parameter sebagai berikut :

1) Produktivitas Alat Gali Muat *rocker shovel*

Parameter produktivitas alat gali-muat dapat dilihat pada tabel 11:

Tabel 11. parameter produktivitas alat gali-muat

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	0,26	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	70	%
Efisiensi Kerja	E	25,53	%

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	77,90	Detik

$$q = Kb \times k$$

$$= 0,26 \text{ m}^3 \times 0,70$$

$$= 0,182 \text{ m}^3$$

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

$$Q = \frac{3600 \text{ s}}{77,90 \text{ s}} \times 0,182 \text{ m}^3 \times 0,2553 \times 0,90$$

$$Q = 1,93 \frac{\text{LCM}}{\text{jam}}$$

$$Q = 1,93 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3$$

$$= 3,18 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Produksi} = 3,18 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari}$$

$$= 38,16 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan}$$

$$= 1189,96 \text{ ton/bulan}$$

2) Produktivitas alat angkut *grandby mine car*

Parameter produktivitas alat angkut level 6 dapat dilihat pada tabel 12:

Tabel 12. parameter produktivitas alat angkut

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	1,2	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	83	%
Banyak <i>Bucket</i>	M	1	Unit
Efisiensi Kerja	E	25	%
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	450	Detik

$$C = n \times Kb \times k$$

$$= 1 \times 1,2 \text{ m}^3 \times 0,83$$

$$= 0,996 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{60}{Cta} \times E \times C \times SF$$

$$Q = \frac{60 \text{ s}}{7,5 \text{ s}} \times 0,25 \times 0,996 \text{ m}^3 \times 0,90$$

$$Q = 1,8 \text{ LCM/jam}$$

$$Q = 1,8 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3 \\ = 2,95 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Produksi} = 2,95 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari} \\ = 35,4 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan} \\ = 1097,4 \text{ ton/bulan}$$

Dalam menghitung produktivitas, penulis membuat asumsi bahwa data waktu siklus alat gali muat dan alat angkut sama pada setiap shift sesuai dengan ketentuan jam kerja. Hasil perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut level 6 dapat ditemukan dalam Tabel 13:

Tabel 13. Hasil perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut

No	Jenis Alat	Nama Alat	Produktivitas Per Bulan	
			Target	Aktual
1	Alat Gali Muat	<i>Rocker Shovel</i>	2100	1189,96
2	Alat Angkut	<i>Grandby Mine Car</i>	2100	1097,4

- **Area level 7**

Parameter produktivitas alat angkut level 7 dapat dilihat pada tabel 14:

Tabel 14. parameter produktivitas alat angkut

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	1,2	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	83	%
Banyak <i>Bucket</i>	M	7	Unit
Efisiensi Kerja	E	24,47	%
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	3258	Detik

$$C = n \times Kb \times k \\ = 7 \times 1,2 \text{ m}^3 \times 0,83 \\ = 6,972 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{60}{Cta} \times E \times C \times SF$$

$$Q = \frac{60 \text{ s}}{54,3 \text{ s}} \times 0,2447 \times 6,972 \times 0,90$$

$$Q = 1,7 \text{ LCM/jam}$$

$$Q = 1,7 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3$$

$$= 2,8 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Produksi} = 2,8 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari} \\ = 33,6 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan} \\ = 1041,6 \text{ ton/bulan}$$

Melakukan perhitungan produktivitas, penulis mengasumsikan data *cycle time* alat angkut sama pada masing-masing shift yang sesuai dengan ketetapan jam kerja. Berikut adalah hasil perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut level 7 pada tabel 15 :

Tabel 15. Hasil perhitungan produktivitas alat angkut

No	Jenis Alat	Nama Alat	Produktivitas Per Bulan	
			Target	Aktual
1	Alat Angkut	<i>Grandby mine car</i>	2100	1041,6

5.2.2 Nilai Match Factor Antara Alat Gali Muat Dan Alat Angkut

Dengan menyatakan produktivitas pada peralatan penggali muat dan pengangkut, Faktor Keserasian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10):

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

Parameter untuk menghitung *match factor* dapat dilihat pada tabel 16:

Tabel 16. Parameter perhitungan *match factor*

Data	Simbol	Nilai	Satuan
Jumlah alat angkut level 6	Na	1	Unit
jumlah alat angkut level 7	Na	7	Unit
jumlah <i>bucket</i> 1 siklus	N	7	<i>Bucket</i>
jumlah alat muat	Nm	1	Unit
<i>cycle time</i> alat muat	Ctm	77,90	Detik
<i>cycle time</i> alat angkut L.6	Cta	450	Detik
<i>cycle time</i> alat angkut L.7	Cta	3258	Detik

- **Level 6**

$$MF = \frac{77,90 \times 4 \times 1}{450 \times 1}$$

$$MF = 0,69 \text{ (Tidak Serasi)}$$

- **Level 7**

$$MF = \frac{77,90 \times 4 \times 7}{3258 \times 1}$$

$$MF = 0,67 \text{ (Tidak serasi)}$$

Dari perhitungan di atas, terlihat bahwa nilai Faktor Keserasian (MF) < 1 pada setiap lokasi, sehingga alat muat akan menunggu sementara alat angkut akan beroperasi penuh.

5.2.3 Perhitungan Produktivitas setelah perbaikan

• Area Level 6

Jam kerja alat muat *rocker shovel* dan alat angkut *grandby* yang berada di level 6 dapat dilihat pada tabel 17 :

Tabel 17. jam kerja alat gali-muat *rocker shovel* dan alat angkut *grandby* level 6

Jenis alat	Nama alat	Waktu kerja (W) (jam)	Waktu <i>standby</i> (S) (jam)	Waktu <i>repair</i> (R) (jam)	Waktu tersedia (jam)
Alat Gali Muat	<i>Rocker Shovel</i>	144,85	85,22	141,93	372
Alat Angkut	<i>Grandby Mine Car</i> level 6	149,13	91,96	130,91	372

Terkait perhitungan manajemen peralatan penggali muat *Rocker Shovel* dan pengangkut *Grandby* pada level 6 setelah dilakukan perbaikan dapat diakses pada Tabel 18.

Tabel 18. hasil perhitungan manajemen alat gali-muat *rocker shovel* dan alat angkut *grandby*.

No	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1	<i>Rocker Shovel</i>	50,5	61,84	62,95	38,93
2	<i>Grandby Mine Car</i>	53,25	64,8	61,85	40

Untuk menentukan produktivitas peralatan penggali muat dan pengangkut, diperlukan berbagai parameter sebagaimana tercantum dalam tabel 19:

Tabel 19. parameter produktivitas alat gali-muat

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	0,26	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	70	%
Efisiensi Kerja	E	38,93	%
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	77,90	Detik

$$q = Kb \times k = 0,26 \times 0,70$$

$$= 0,182$$

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

$$Q = \frac{3600 \text{ s}}{60 \text{ s}} \times 0,182 \text{ m}^3 \times 0,3893 \times 0,90$$

$$Q = 3,8 \frac{\text{LCM}}{\text{jam}}$$

$$Q = 3,8 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3 = 6,3 \text{ ton/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= 6,3 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari} \\ &= 75,75 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan} \\ &= 2348,42 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

Mengenai parameter produktivitas peralatan pengangkut level 6 dapat diidentifikasi dalam Tabel 20.:

Tabel 20. parameter produktivitas alat angkut

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	1,2	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	83	%
Banyak <i>Bucket</i>	M	1	Unit
Efisiensi Kerja	E	40	%
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	450	Detik

$$\begin{aligned} C &= n \times Kb \times k \\ &= 1 \times 1,2 \text{ m}^3 \times 0,83 \\ &= 0,996 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Q = \frac{60}{Ct} \times E \times C \times SF$$

$$Q = \frac{60}{5,8} \times 0,40 \times 0,996 \text{ m}^3 \times 0,90$$

$$Q = 3,7 \text{ LCM/jam}$$

$$Q = 3,7 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3 = 6,12 \text{ ton/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= 6,12 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari} \\ &= 73,44 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan} \\ &= 2276,73 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

Melakukan perhitungan produktivitas, penulis mengasumsikan data waktu siklus alat gali muat dan alat angkut sama pada masing-masing shift yang sesuai dengan ketentuan jam kerja. Berikut adalah hasil perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut level 6 di tabel 21 :

Tabel 21. Hasil perhitungan produktivitas alat gali-muat dan alat angkut

No	Jenis Alat	Nama Alat	Target	Produktivitas		Kenaikan
				Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	
1	Alat Gali Muat	<i>Rocker Shovel</i>	2100	1189,96	2348,42	55%
2	Alat Angkut	<i>Grandby Mine Car</i>		1097,4	2276,73	56%

• **Area level 7**

Jam kerja alat angkut grandby yang berada di level 7 setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 22 :

Tabel 22. jam kerja alat angkut *grandby* di level 7

Jenis alat	Nama alat	Waktu kerja (W) (jam)	Waktu <i>standby</i> (S) (jam)	Waktu <i>repair</i> (R) (jam)	Waktu tersedia (jam)
Alat Angkut	<i>Grandby mine car</i>	147,13	91,96	130,93	372

Tabel perhitungan manajemen alat angkut *grandby* di level 7 dapat dilihat pada tabel 23 :

Tabel 23. hasil perhitungan manajemen alat angkut *grandby* di level 7

No	Nama Alat	MA	PA	UA	EU
		%			
1	Grandby mine car level 7	52,91	64,27	62,04	39,55

Parameter produktivitas alat angkut level 7 dapat dilihat pada tabel 24:

Tabel 24. parameter produktivitas alat angkut

Parameter	Lambang	Nilai	Satuan
Kapasitas <i>Bucket</i>	Kb	1,2	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	83	%
Banyak <i>Bucket</i>	M	7	Unit
Efisiensi Kerja	E	39,55	%
<i>Density Bank</i>	Db	4,2	Ton/m ³
<i>Swell Factor</i>	Sf	60	%
<i>Cycle Time</i>	Ct	3258	Detik

$$C = n \times Kb \times k$$

$$= 7 \times 1,2 \text{ m}^3 \times 0,83$$

$$= 6,972 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{60}{Cta} \times E \times C \times Sf$$

$$Q = \frac{60}{41} \times 0,3955 \times 6,972 \times 0,90$$

$$Q = 3,66 \text{ LCM/jam}$$

$$Q = 3,66 \text{ LCM/jam} \times 1,65 \text{ ton/m}^3$$

$$= 6,03 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Produksi} = 6,13 \text{ ton/jam} \times 12 \text{ jam/hari}$$

$$= 72,36 \text{ ton/hari} \times 31 \text{ hari/bulan}$$

$$= 2243,16 \text{ ton/bulan}$$

Dalam menghitung produktivitas, penulis mengasumsikan bahwa data waktu siklus alat angkut sama pada setiap shift sesuai dengan ketentuan jam kerja. Berikut ini adalah hasil perhitungan produktivitas alat muat dan alat angkut level 7 yang tercantum dalam Tabel 25:

Tabel 25. Hasil perhitungan produktivitas alat angkut *grandby* level

No	Jenis Alat	Nama Alat	Target	Produktivitas		Kenaikan
				Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	
1	Alat Angkut	<i>Grandby Mine Car</i>	2100	1041,6	2243,16	57%

Setelah melakukan perbaikan pada waktu kerja dan waktu *standby*, hasilnya adalah efektifitas kerja alat muat *rocker shovel* adalah 38,93 % dan efektifitas alat angkut *grandby* di level 6 adalah sebesar 40%. Sedangkan efektifitas alat angkut *grandby* di level 7 sebesar 39,55 %. Perbaikan tersebut tentu juga mempengaruhi produktivitasnya, dimana produktivitas alat angkut *rocker shovel* meningkat menjadi 3018,09 ton/bulan atau 97,35 ton/hari, produktivitas alat angkut *grandby* di level 6 sebesar 2946,24 ton/bulan atau 95,04 ton/hari, dan produktivitas alat angkut *grandby* di level 7 adalah 2239,44 ton/bulan atau 72,24 ton/hari.

6 Penutup

6.1 Kesimpulan

Dari kegiatan penelitian akhir yang dilakukan di PT pada bulan Desember 2022. Dempo Maju Cemerlang dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Total produksi aktual perusahaan pada bulan Desember sebesar 847 ton/bulan, jauh lebih rendah dari target produksi yang direncanakan sebesar 2.100 ton/bulan, dan hanya menyelesaikan 40% dari target produksi.
- Setelah dihitung, produksi aktual alat muat *rocker shovel* adalah 1189,96 ton/bulan, kapasitas produksi *Grandby* level 6 adalah 1097,4 ton/bulan, dan

kapasitas produksi *Grandby* level 7 adalah 1097,4 ton/bulan. Sebanyak 1041,6 ton/bulan.

- Dengan menggunakan hasil perhitungan *Match Factor*, alat muat *rocker shovel* tidak serasi dengan alat angkut *Grandby*, sebab nilai MF < 1, dan alat muat akan menunggu hingga alat angkut terisi penuh.
- Setelah perbaikan, nilai produktivitas alat muat *rocker shovel* meningkat menjadi 2384,42 ton/bulan, produktivitas alat angkut *grandby* di level 6 sebesar 2276,73 ton/bulan, dan produktivitas alat angkut *grandby* di level 7 sebesar 2243,16 ton/bulan.

6.2 Saran

Setelah melakukan Penelitian di PT. Dempo Maju Cemerlang, penulis memiliki beberapa masukan sebagai berikut :

- Penulis merekomendasikan PT. Dempo Maju Cemerlang lebih mengoptimalkan waktu kerja efektif, tidak membuang waktu kerja terlalu banyak, dan melakukan manajemen pemeliharaan peralatan untuk mengurangi waktu repair alat muat dan alat angkut di jam kerja, sehingga meningkatkan waktu kerja efektif sehingga tercapai produktivitas.
- Hindari hambatan seperti keterlambatan operator dan kerusakan peralatan yang menyebabkan waktu longgar, serta periksa kondisi jalan agar waktu sirkulasi tidak terlalu lama.
- Mengurangi waktu *cycle time* alat sebagai upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas.
- Sebelum melakukan kegiatan pengangkutan, melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan jalan (kereta api) secara berkala agar alat pengangkut tidak sering tergelincir.
- Pengawasan minimal 1×2 jam oleh supervisor akan menjadikan pekerjaan operator lebih profesional dan mengoptimalkan efisiensi waktu kerja.

References

- [1] (n.d.). Balai Diklat Tambang Bawah Tanah – Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <https://bdtbt.esdm.go.id/wp-content/uploads/2018/08/4rosid.pdf>
- [2] Ilham, S., Mulya G. (2021). Optimalisasi Alat Muat Dan Alat Angkut Dengan Menggunakan Metode Quality Control Circle Untuk Memenuhi Target Produksi Tambang Bijih Emas Bawah Tanah Di PT. Dempo Maju Cemerlang, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6, No. 3. Universitas Negeri Padang
- [3] Draft PT. Dempo Maju Cemerlang. Perubahan / Revisi Studi Kelayakan 2009

- [4] Prodjosumarto, Partanto. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [5] Yanto, Indonesianto. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Teknik Pertambangan, UPN Veteran: Yogyakarta.
- [6] Komatsu. (2009). *Specification and Application Handbook*, 30th Edition, Komatsu Ltd. Japan.
- [7] Rochmanhadi. (1992). *Alat Alat Berat Dan Penggunaannya*. Perpustakaan departemen pekerjaan umum.
- [8] Indonesianto, 2005:5. Keserasian Kerja Alat Mekanis (Match Factor)
- [9] Kasiram, M. (2010). *Metodologi Penelitian: Kualitatif – kuantitatif*.
- [10] Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018. Pedoman pelaksanaan kaidah Teknik pertambangan yang baik.