

# EVALUASI PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI PENGUPASAN *OVERBURDEN* 43.700 BCM/BULAN MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DI PT. MINERAL SUKSES MAKMUR, SITE LOLO, KECAMATAN PANTAI CERMIN, KABUPATEN SOLOK, PROVINSI SUMATERA BARAT.

Diki Saputra<sup>1\*</sup>, Dedi Yulhendra<sup>1</sup>, Adree Octova<sup>1</sup>, and Refky Adi Nata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[\\*dikisp20051999@gmail.com](mailto:dikisp20051999@gmail.com)

**Abstract.** *PT. Mineral Sukses Makmur is a company engaged in iron ore mining with an IUP area of 73.4 Ha. Overburden stripping production target of PT. Mineral Sukses Makmur in September 2022 amounted to 43,700 bcm while the realization was by using the Caterpillar 320D (01) Excavator and Caterpillar 320D Excavator (02) loading equipment of 28,024 bcm or 64% of the production target. Production of overburden stripping did not meet the target due to obstacles that caused high loss time on the digging equipment, according to field observation data. Additional productivity research on equipment working hours is needed so that the overburden stripping production target can function properly and maximize the effective working time of the loading and unloading equipment. One of the appropriate methods used to overcome this problem is the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, which is a method for measuring the performance of machines or equipment used in industry by considering various production losses. After that, a Fishbone diagram is used to identify the underlying causes and effects behind the production failure of overburden stripping. From the simple linear analysis equation, a simulation can be carried out to obtain the maximum loss time limit of the working hour constraints of the loading and unloading equipment that are accurate to meet the target of overburden stripping production. Then, analysis and efforts to reduce loss time were made to achieve a total production of overburden stripping of 58,059.52 bcm/month. This means that the planned production target of 43,700 bcm/month was met and even exceeded, with the OEE value of each digger being 26% and 22%. However, the OEE value is still relatively low compared to the standard world-class OEE value, which is 85%.*

**Keywords:** *Production, Overburden Stripping, Loss Time, Overall Equipment Effectiveness, Fishbone Diagram, Simple Linear Statistical Analysis*

## 1. Pendahuluan

PT. Mineral Sukses Makmur yaitu perusahaan swasta yang didirikan di Sumatera Barat pada tahun 2005 dan bergerak dibidang pertambangan bijih besi. Wilayah Izin Usaha pertambangan PT. Mineral Sukses Makmur adalah seluas 73,4 Ha yang terletak di Kecamatan Pantai Cermin, Kabutapeten Solok, Provinsi Sumatra Barat. Sistem penambangan yang diterapkan PT. Mineral Sukses Makmur adalah sitem tambang terbuka (open cast) dengan bahan galian utamanya yaitu bijih besi. Metode Convesional Mining) yaitu metode yang di pakai oleh PT. Mineral Sukses Makmur dimana metode itu adalah metode penambangan yang menggunakan alat gali muat dan alat angkut.

Target produksi pengupasan Overburden PT. Mineral Sukses Makmur sebesar 43.700 bcm pada bulan September 2022, sedangkan realisasi produksi alat gali muat Excavator Caterpillar 320 D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) yaitu sebesar 28.024 bcm atau 64% dari target produksi. Dari data tersebut dapat disimpulkan bawah target produksi pengupasan *overburden* tidak tercapai.

Tidak tercapainya target produksi pada pengupasan overburden tersebut disebabkan oleh waktu kerja efektif alat gali muat yang rendah yaitu pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) sebesar 139,1 jam/bulan sedangkan pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (02) sebesar 141,5 jam/bulan dari 235 jam/bulan total waktu kerja tersedia. Hambatan yang

menyebabkan hilangnya *losse time* secara signifikan menjadi penyebab turunnya produktivitas alat gali muat.

Analisis produktivitas lebih lanjut terhadap jam kerja alat gali muat diperlukan untuk mencapai target produksi pengupasan overburden dan memaksimalkan waktu kerja efektif alat gali muat. Analisis ini harus mencari penyebab dan solusi yang dapat membantu mencapai tujuan pengupasan overburden. Salah satu metode yang tepat digunakan dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) yang merupakan metode untuk mengukur kinerja mesin atau peralatan yang digunakan di industri dengan mempertimbangkan berbagai kerugian produksi (Menurut Nakajima (1998).

Setelah itu, diagram Fishbone digunakan untuk mengidentifikasi sebab dan akibat mendasar di balik kegagalan produksi pengupasan overburden. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan analisis faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi pengupasan overburden dengan menggunakan analisis linear sederhana. Dari persamaan analisis linear sederhana dapat dilakukan simulasi untuk mendapatkan batas waktu loss time maksimal dari hambatan jam kerja alat gali muat yang akurat untuk memenuhi target produksi pengupasan overburden.

Berdasarkan hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Produktivitas *Loss Time* Alat Gali Muat Untuk Mencapai Target Produksi Pengupasan *Overburden* 43.700 bcm/bulan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. Mineral Sukses Makmur, Site Lolo, Kecamatan Pantai Cermin, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat”.

## 2. KAJIAN TEORI

### 2.1 Lokasi Kesampaian Daerah

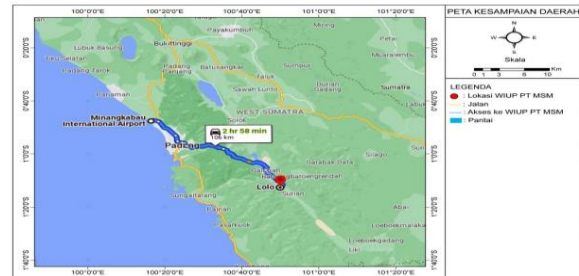
#### 2.1.1. Lokasi

Lokasi penambangan bijih besi PT. Mineral Sukses Makmur berada di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Secara astronomis terletak antara 100°50'10"-100°51'13,50" BT (Bujur Timur) dan 01°12'40"-01°13'00" LS (Lintang Selatan). PT. Mineral Sukses Makmur memiliki Usaha Izin Penambangan (IUP) yang terletak di Nagari Lolo, Kecamatan Pantai Cermin, Kabupaten Solok, Sumatera Barat.

#### 2.1.2. Kesampaian Daerah

Lokasi tambang dari kota Padang dapat ditempuh menggunakan transportasi darat dalam waktu 3 jam dari Minangkabau Internasional Airport di Kabupaten Padang Pariaman dengan jarak 107 km dan

dengan kondisi jalan yang cukup bagus dan bisa ditempuh dengan mengendarai kendaraan roda 2 atau roda 4. Kemudian dari jalan lintas Padang - Solok Selatan menuju lokasi penambangan hanya berjarak <500meter dengan jalan bebatuan gravel dan dapat dilintasi menggunakan kendaraan roda 4 dan 2. Untuk peta kesampaian lokasi daerah dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.

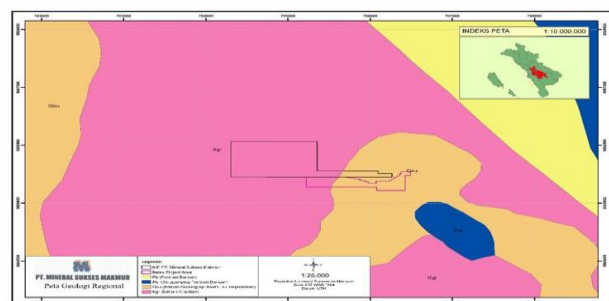


Gambar 1. Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah

## 2.2. Kondisi Geologi Regional Dan Geologi Lokal

### 2.2.1. Geologi Regional

Ditinjau dari fisiografi Pulau Sumatera bagian Tengah dan berdasarkan atas karakteristik bentang alam dan jenis litologi penyusunnya, Kabupaten Solok termasuk pada *Zone High* Barisan dengan gunung api muda (terletak pada jalur tengah Bukit Barisan yang memanjang dari arah Barat Laut-Tenggara atau Zona Sesar Semangko). Tatanan stratigrafi Kabupaten Solok tersusun dari batuan malihan (kuarsit, batugamping meta, serpih, dan batupasir kuarsa). Formasi Kuantan yang berumur Permo-Karbon, tersebar di bagian tengah dan selatan (Batang Pamomongan, Batang Suliti, Batang Gumanti, dan Hulu Batang Hari). Untuk melihat peta geologi regional dapat dilihat dari gambar 2 dibawah ini.

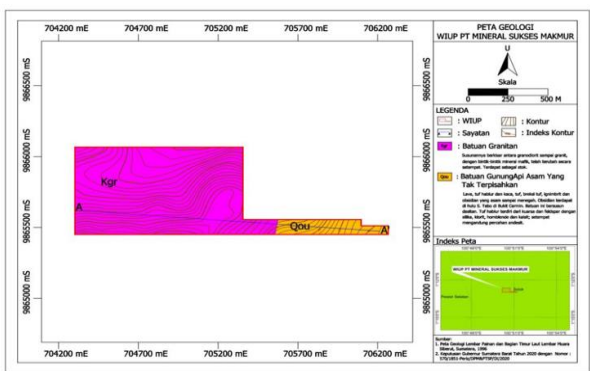


Gambar 2. Peta Geologi Regional PT. Mineral Sukses Makmur

### 2.2.2. Geologi Lokal

IUP PT. Mineral Sukses Makmur termasuk kedalam Peta Geologi Lembar Painan dan Bagian Timur

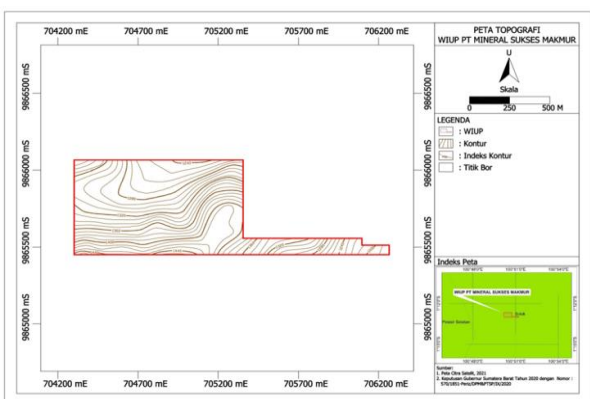
Laut Lembar Muara Siberut pada skala 1:250.000 (S. Gatoer dan Suharsono, dkk, 1996). Batuan Granit (Kgr) dan Batuan Vulkanik Asam Tak Terpisahkan (Qou) merupakan batuan penyusun di daerah penyelidikan, menurut peta geologi. Batuan granit ini memiliki bercak mineral mafik dan berumur Mesozoikum (batugamping) akhir. Terdiri dari batuan granit hingga granodiorit. Batuan ini diduga merupakan intrusi berbentuk stock yang menerobos garis formasi (batuan sebelumnya). Berdasarkan hasil penelitian lapangan diketahui batuan/formasi di daerah penyelidikan menyebar dengan arah barat-laut-tenggara. Untuk melihat peta geologi WIUP PT Mineral Sukses Makmur dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Peta Geologi WIUP PT Mineral Sukses Makmur

**2.2.3. Topografi**

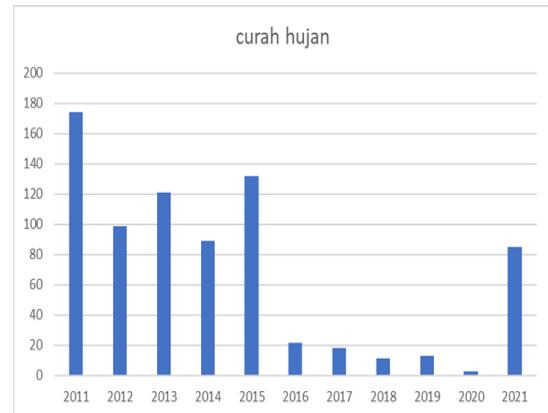
Topografi wilayah di kegiatan penambangan bijih besi secara keseluruhan adalah perbukitan terjal yang menempati hampir seluruh lokasi PT Mineral Sukses Makmur yang memanjang Barat Daya-Timur Laut dengan elevasi 1.190-1.450 mdpl. Total luas pemetaan topografi adalah 73,7 Ha dengan lokasi berada di jajaran bukit barisan Sumatera Barat. Untuk melihat peta topografi IUP PT. Mineral Sukses Makmur dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Peta Topografi IUP PT. Mineral Sukses Makmur

**2.2.4. Curah Hujan**

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan tiap tahun dari tahun 2011 sampai tahun 2021. Curah hujan tahunan berkisar antara 1-174 mm, dengan rata-rata pertahun sebesar 31,72 mm. Jumlah hari hujan tahunan berkisar antara 27-222 hari, dengan rata-rata pertahun sebesar 18,83 hari, curah hujan bulanan maksimum adalah 174 mm/bulan. Untuk melihat data curah hujan PT. Mineral Sukses Makmur dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Data Curah Hujan

**2.3 Teori Dasar**

**2.3.1. pemindahan tanah mekanis**

Menurut Tenriajeng, A.T (2003:79) pada dasarnya pekerjaan pemindahan tanah adalah sama yaitu memindahkan material (tanah) dari suatu tempat ke tempat lainnya, tetapi proses perkerjaan dalam pelaksanaannya dapat berbeda-beda.

Menurut Prodjosumarto partanto (1995:1-10) Dalam pekerjaan pemindahan tanah, sebelumnya perlu dilakukan *land clearing*. Setelah pekerjaan *land clearing* tersebut selesai, maka proses selanjutnya adalah: pengupasan *top soil* (lapisan atas) atau *stripping*, penggalian (*excavating*), *hauling*, dan *dumping*.

**2.3.1.1. Alat Gali Muat**

Salah satu alat gali-muat yang digunakan dalam kegiatan penambangan adalah *Excavator*. Alat gali-muat *Excavator* pada umumnya dioperasikan dengan memanfaatkan tenaga hidrolik sehingga disebut juga *Hydraulic Excavator*. Kelebihan *Excavator* adalah bisa mendistribusikan muatan ke seluruh bagian *vessel* dengan merata.

**2.3.1.2 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi**

Menurut Rochmanhadi (1982), Produktivitas adalah laju material yang dapat dipindahkan atau dialirkan persatuan waktu (biasanya per jam). Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi suatu alat :

a) Posisi Pemuatan Material

Posisi pemuatan material oleh alat muat ke alat angkut ditentukan oleh posisi alat muat terhadap material dan alat angkut, apakah alat gali muat lebih tinggi atau posisinya sama. Top loading dan bottom loading merupakan 2 (dua) pembagian posisi pemuatan (Yanto Indonesianto, 2014).

b) Faktor Material

Sebagaimana dikemukakan Prodjosumarto partanto (1996:2-3), Karena bahan yang akan digali memiliki berbagai macam kekerasan, maka dibentuk kelompok-kelompok sebagai berikut:

- Lunak atau sederhana.
- Cukup keras atau agak keras
- Sukar digali atau keras
- Sulit digali atau sangat keras

c) Faktor Pengembangan Material

Pengembangan volume suatu material perlu diketahui karena yang diperhitungkan pada penggalian selalu didasarkan pada kondisi material sebelum digali yang dinyatakan dalam *bank volume* atau *volume insitu*. Sedangkan material yang ditangani adalah material yang telah mengalami pengembangan (*loose volume*). Untuk mendapat nilai *swell factor* dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$SF = \frac{\text{Density loose } \left(\frac{\text{ton}}{\text{ms}}\right)}{\text{Density bank } \left(\frac{\text{ton}}{\text{mr}}\right)} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

d) Faktor Pengisian Bucket

Faktor isian mangkuk adalah perbandingan antara kapasitas nyata mangkuk alat gali-muat dengan kapasitas baku mangkuk (sesuai spesifikasi) alat gali – muat. Untuk bucket fill factor dapat diperoleh berdasarkan perhitungan di bawah ini:

$$BFF = \frac{\text{kapasitas bucket aktual (m3)}}{\text{kapasitas bucket teoritis (m3)}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

e) Waktu Edar Alat (Cycle Time)

Jumlah waktu yang dibutuhkan mesin untuk menyelesaikan proses pergerakan dimulai dengan gerakan awal, dikenal sebagai waktu edar. Waktu edar alat gali muat terdiri dari waktu penggalian material, waktu *swing* isi, waktu menumpahkan muatan, waktu *swing* kosong. Perhitungan waktu edar alat gali muat adalah (Partanto Prodjosumarto, 1996):

$$CT_{gm} = T_g + T_{si} + T_t + T_{sk} \dots\dots\dots(3)$$

f) Ketersedian alat mekanis

*Availability* perangkat mekanis juga sering disebut sebagai ketersediaan alat mekanis. Berikut ini adalah beberapa contoh alat yang dapat digunakan untuk menunjukkan efisiensi *availability* mekanis:

➤ **Mechanical Availability**

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang digunakan. Rumus menghitung nilai MA sebagai berikut

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

➤ **Physical Availability**

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Rumus menghitung nilai PA sebagai berikut:

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

➤ **Use of Availability**

Menunjukkan bebrapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan (*available*). Rumus menghitung nilai UA sebagai berikut

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \dots\dots\dots(6)$$

➤ **Effective Utilization**

Merupakan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Rumus menghitung nilai EU sebagai berikut

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \dots\dots\dots(7)$$

2.3.1.3 Produktivitas Alat Gali Muat

Produksi alat gali muat dalam hal ini *backhoe* di pengaruhi oleh kapasitas *bucket*, *fill factor*, *swell factor*, waktu edar dan efisiensi kerja alat. Untuk mengetahui kemampuan produksi *backhoe* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times Ek \times 3600 \frac{\text{det ik}}{\text{jam}}}{CT_m} \dots\dots\dots(8)$$

- Keterangan
- Q = Produktivitas alat gali-muat (bcm/jam)
  - Kb = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
  - Sf = *Swell Factor*
  - Ff = *Fill factor*

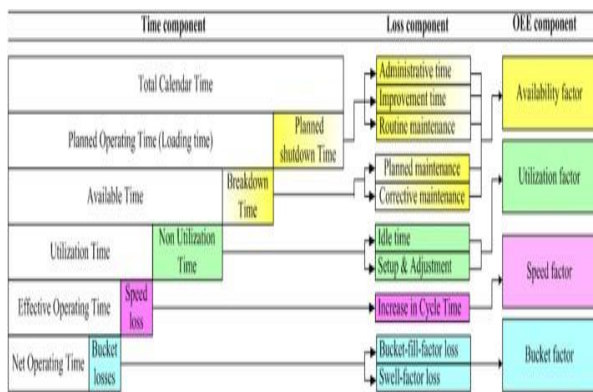
Ek = Efisiensi kerja  
 CTm = Waktu siklus alat gali muat

2.3.1.4 Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE adalah metode untuk menilai efisiensi mesin atau peralatan industri dengan memperhitungkan berbagai kerugian produksi, menurut Nakajima (1988). Pengukuran ini sangat penting untuk mengidentifikasi area di mana produktivitas atau efisiensi peralatan/mesin perlu ditingkatkan. Dengan mengalikan ketersediaan (Availability), kinerja (Performance), dan tingkat kualitas (Quality Rate).

$$OEE = Availability \times Performance Efficiency \times Rate of Quality Product$$

Nakajima (1988), sebagai orang pertama yang mengenalkan TPM dan pengukuran OEE menyatakan bahwa OEE menekankan pada penghilangan six big losses. Six Big Losses merupakan penyebab peralatan produksi tidak beroperasi dengan normal yaitu: breakdown losses, set up or adjustment losses, stoppages losses, speed losses, rework losses dan defect losses .



Gambar 6. Komponen-Komponen OEE untuk peralatan tambang

Berikut adalah faktor yang akan di hitung pada komponen OEE:

1) Availability Factor (A)

Ketersediaan dikaitkan dengan pengoperasian peralatan atau sistem. Secara matematis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{AT}{TT}$$

2) Utilization Faktor (U)

Menunjukkan pemanfaatan waktu yang tersedia secara efisien. Secara matematis dapat dihitung dengan perasamaan berikut:

$$U = \frac{UT}{AT}$$

3) Speed Faktor (S)

Faktor kecepatan adalah ratio waktu siklus yang direncanakan dengan waktu siklus aktual, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{CTp}{CTa}$$

4) Bucket Fill Factor (B)

Yaitu menandakan kegunaan produktif kapasitas bucket, kuantitas bucket yang dimuat secara aktual dibandingkan dengan output aktual:

$$B = \frac{Oac}{Opc}$$

5) OEE

Nilai faktor ketersediaan (availability), faktor pemanfaatan (utilization), faktor kecepatan (speed), dan faktor pengisian bucket (bucket fill factor) dikalikan dalam persamaan berikut untuk mendapatkan nilai OEE untuk peralatan penggalian:

$$OEE = A \times U \times S \times B$$

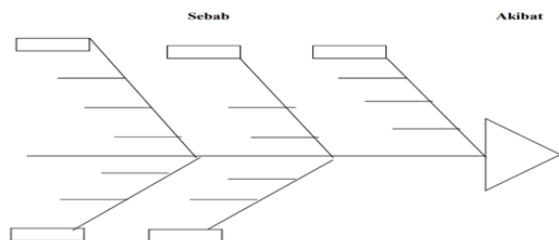
Rumus yang di pakai untuk menghitung produksi pada waktu tertentu.

$$O = Opc \times \frac{TT \times 3600}{CTp} \times OEE$$

2.3.1.5 Diagram Fishbone

Diagram Fishbone juga dikenal sebagai diagram sebab akibat, adalah alat yang membantu mengidentifikasi, mengurutkan, dan menampilkan berbagai penyebab suatu masalah, menurut penelitian Heri Murnawan dan Mustofa (2014).

Diagram Fishbone dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. diagram fishbone

Berdasarkan diagram fishbone pada gambar diatas jenis- jenis hambatan yang menyebabkan tingginya loss time dapat dikategorikan ke dalam beberapa faktor sebagai berikut:

### 1. Faktor Peralatan

Pada faktor peralatan terjadinya loss time yang disebabkan pada perbaikan yang tidak direncanakan (breakdown unscheduled) sehingga ketika alat sedang dalam kegiatan beroperasi terjadinya kerusakan harus diperbaiki sampai alat benar-benar harus siap digunakan kembali.

### 2. Faktor Lingkungan

Pada faktor lingkungan terjadinya Loss time yang disebabkan oleh turunnya hujan yang mengganggu kegiatan produksi pengupasan overburden

### 3. Faktor Manusia

Pada faktor manusia terjadinya Loss time yang disebabkan oleh menunggu intruksi, terlambat diawal, terlalu cepat diakhir, keperluan operator

### 4. Faktor Metode

Pada faktor metode terjadinya Loss time yang disebabkan oleh masalah internal, pengisian BBM, penggunaan unit untuk kegiatan lain.

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Hal ini karena penelitian ke depan akan melibatkan informasi berupa angka-angka yang kemudian diolah, disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk menunjukkan hasil penanganan, kemudian dibedah menggunakan prosedur dan laju pemeriksaan informasi faktual. penelitian kuantitatif adalah proses menganalisis data berupa angka-angka untuk mengetahui apa yang ingin diketahui. Dengan menggunakan data primer dan sekunder, penelitian ini mengembangkan temuannya sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang tidak diperoleh secara langsung dari pihak yang membutuhkan data disebut sebagai data sekunder. Data primer adalah informasi yang dikumpulkan langsung dari pihak yang membutuhkannya (Kontjojo, 2009: 34).

### 3.2. Objek Penelitian

Adapun yang menjadi objek penelitian adalah peralatan tambang khususnya peralatan utama yang digunakan dalam kegiatan pengupasan overburden adalah Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02)

### 3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan selama kegiatan penelitian ini adalah berupa Stopwatch yang digunakan dalam pengamatan untuk menghitung waktu edar (cycle time) alat gali muat, alat tulis untuk mencatat data-data saat dilapangan, kamera yang digunakan dalam

pengambilan dokumentasi gambar pada saat dilakukan kegiatan penelitian, serta laptop yang digunakan untuk memasukkan dan mengolah data yang didapatkan saat pengamatan di lapangan.

### 3.4. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Studi Literatur

Proses pencarian bahan pustaka tentang topik-topik yang perlu dibahas, seperti penelitian analisis produksi pertambangan melalui berbagai percobaan, buku, jurnal, atau laporan kajian yang ada, dikenal dengan studi pustaka.

#### 3.4.2 Pengambilan Data

Penulis menggunakan dua strategi pengumpulan data, data primer dan data sekunder untuk mengumpulkan informasi Menurut Hasan (2002:82). Data primer adalah yang diperoleh yang diperoleh langsung, sedangkan data sekunder adalah yang diperoleh dari sumber-sumber orang lain.

- a) Data primer yang diperlukan untuk studi ini adalah data komponen cycle time dan loss time untuk excavator Caterpillar 320D (01) dan 320D (02) selama proses produksi pengupasan overburden.
- b) Data rencana produksi pengupasan overburden pada September 2022, spesifikasi alat muat Caterpillar 320D Excavator (01) dan Caterpillar 320D Excavator (02), rencana jam dan hari kerja, gambaran umum perusahaan, dan data curah hujan

### 3.5. Pengolahan Data

Berdasarkan observasi dilapangan didapatkan tahap-tahap dalam pengolahan data yaitu:

Langkah utama yang harus dilakukan dengan mengambil data primer dilapangan yaitu Cycle time alat gali-muat dan data jam kendala (losse time). Selain data primer data sekunder juga diperlukan untuk memperkuat menyelesaikan masalah yang ada di perusahaan. Data sekunder yang diperlukan seperti Data rencana produksi pengupasan overburden pada September 2022, spesifikasi alat muat Caterpillar 320D Excavator (01) dan Caterpillar 320D Excavator (02), rencana jam dan hari kerja, gambaran umum perusahaan, dan data curah hujan. Setelah data primer dan data sekunder didapatkan dilanjutkan dengan pengolahan data yaitu

- a) Mendapatkan nilai produktivitas alat gali muat Excavator Caterpillar 320D(01) dan Excavator Caterpillar 320D(02).
- b) Menganalisis nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) sebelum dioptimalisas
- c) Menganalisis faktor hambatan (loss time) yang menyebabkan jam kerja tersedia menjadi berkurang pada kegiatan pengupasan overburden menggunakan diagram fishbone.

- d) Mendapatkan loss time maksimum menggunakan regresi linear sederhana agar target pengupasan overburden tercapai.
- e) Menganalisis produktivitas alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) yang sudah dioptimalkan dengan penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) agar tercapai target produksi pengupasan overburden.

**4. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

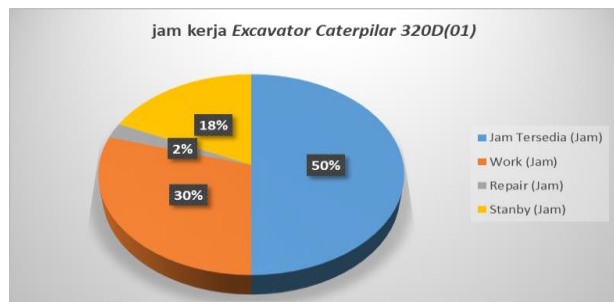
**4.1 Hasil Penelitian**

*4.1.1. Data Waktu kerja alat gali muat*

Data jam kerja alat gali muat Excavator Caterpillar 320D(01) dan Excavator Caterpillar 320D(02) pada bulan September 2022 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

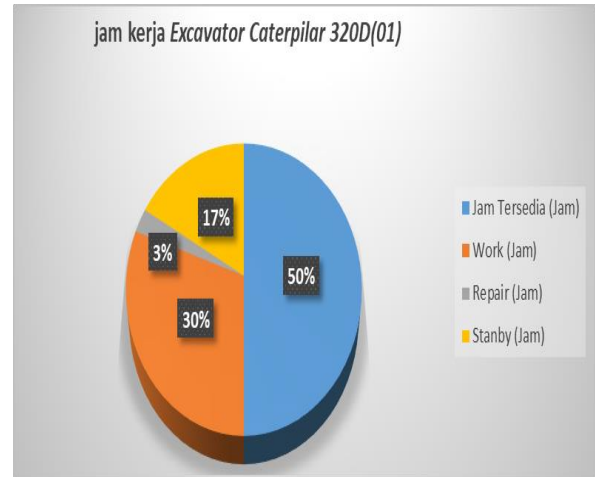
**Tabel 1.** Jam Kerja Alat Gali Muat

No	Unit	Jam Tersedia (Jam)	W	R	S
1	Excavator Caterpillar 320D (01)	235,0	139,1	11,3	84,5
2	Excavator Caterpillar 320D (02)	235,0	141,5	13,0	80,6



**Gambar 7.** Grafik jam kerja alat gali muat Excavator caterpillar 320D (01)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jam kerja alat gali muat Excavator Caterpillar 320D(01) untuk jam tersedia sebesar 50%, work sebesar 30%, repair sebesar 2% dan standby sebesar 18%.



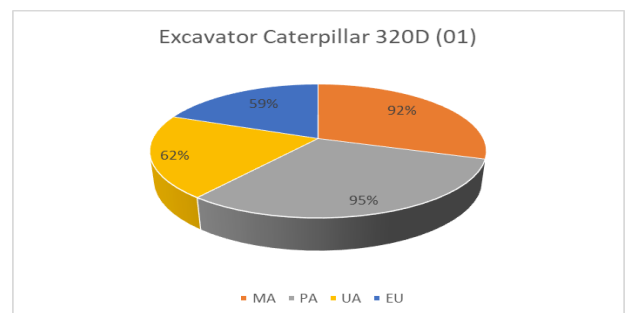
**Gambar 8.** Grafik jam kerja alat gali muat Excavator caterpillar 320D (02)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jam kerja alat gali muat Excavator Caterpillar 320D(02) untuk jam tersedia sebesar 50%, work sebesar 30%, repair sebesar 3% dan standby sebesar 17%.

Dari data jam kerja alat gali muat diatas didapatkan nilai MA, PA, UA, EU dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

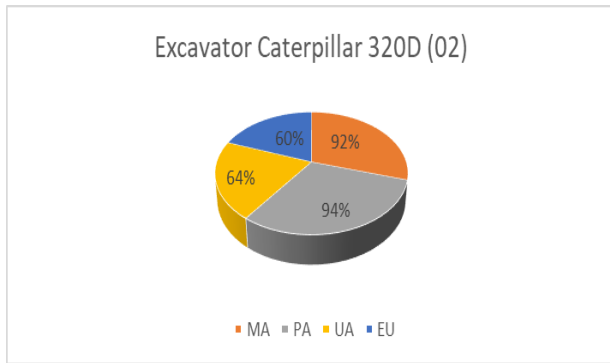
**Tabel 2.** Ketersediaan Alat Mekanis

No	Unit	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
1	Excavator Caterpillar 320D (01)	92%	95%	62%	59%
2	Excavator Caterpillar 320D (02)	92%	94%	64%	60%



**Gambar 9.** Grafik Nilai MA,PA,UA,EU Pada Alat Gali Muat Excavator Caterpillar 320D (01)

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai MA sebesar 92%, PA sebesar 95%, UA sebesar 62% dan EU sebesar 59% pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D(01).



**Gambar 10.** Grafik Nilai MA,PA,UA,EU Pada Alat Gali Muat Excavator Caterpillar 320D (02)

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai MA sebesar 92%, PA sebesar 94%, UA sebesar 64% dan EU sebesar 60% pada alat gali muat Exca.vator Caterpillar 320D(02).

**4.1.2. Perhitungan hitung nilai produktivitas aktual alat gali muat**

Untuk hasil perhitungan produksi pengupasan overburden menggunakan alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) pada bulan September 2022 dapat dilihat pada table dibawah ini

**Tabel 3.** Produktivitas Aktual Alat Gali Muat

Data	Unit	
	Excavator caterpillar 320D (01)	Excavator caterpillar 320D (0)
Waktu tersedia (jam)	235	235
Waktu kerja efektif(jam/bulan)	139,1	141,5
Efisiensi kerja	59%	60%
Produksi per jam (bcm)	99,43	100,31
Produksi per bulan (bcm)	13.835	14.189
<b>Total produksi bulan September 2022 (bcm/bulan)</b>		<b>28.024</b>
<b>Target produksi perbulan (bcm/bulan)</b>		<b>43.700</b>
<b>Ketercapaian target produksi</b>		<b>64%</b>

Produksi pengupasan overburden pada September 2022 sebesar 28.024 bcm/bulan, atau 64 persen dari target yang direncanakan perseroan sebesar 43.700

bcm/bulan, berdasarkan perhitungan alat produksi tersebut di atas. Kesimpulan yang dapat ditarik dari perhitungan tersebut adalah target pengupasan overburden PT. Pada September 2022, Mineral Sukses Makmur tidak mencapai target yang diinginkan.

**4.1.3. Perhitungan nilai produktivitas alat gali muat menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE)**

Berikut ini adalah perhitungangan produktivitas menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 4.** Perhitungan Nilai Produktivitas Menggunakan Metode OEE Pada Alat Gali Muat

Data	Unit	
	Exacater caterpillar 320D (01)	Excavator caterpillar 320D (02)
A	0,33	0,33
U	0,59	0,60
S	0,91	0,90
B	1,0	1,0
OEE	0,18	0,18
O (m <sup>3</sup> )	25.963,54	26.192,20
O (m <sup>3</sup> ) Aktual	15.371,89	15.765,47
<b>TOTAL</b>		<b>31.137,36</b>

Pada bulan September 2022, nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Excavator Caterpillar 320D (01) dan Caterpillar 320D (02) masing-masing adalah 0,18 dan 0,18. Ini menunjukkan bahwa efektivitas keseluruhan penggunaan peralatan hanya 18% dan 18%, lebih rendah dari standar OEE kelas dunia sebesar 85%. Pada bulan September 2022, total hasil produksi pengupasan overburden dari Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) mencapai 31.137,06 bcm masih di bawah target produksi bulanan sebesar 43.700 bcm.

**4.1.4. Diagram Fishbone**

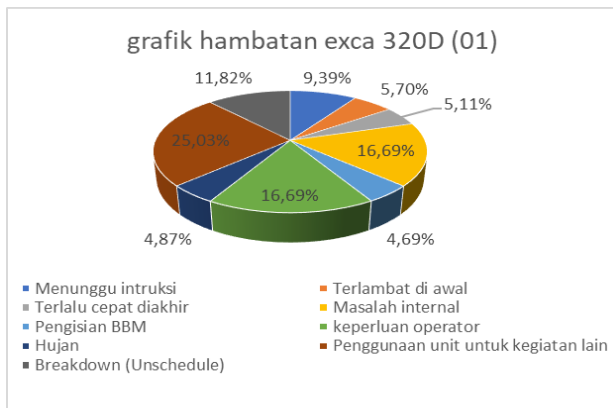
**4.1.4.1. perhitungan jam hambatan excavatot caterpillar 320D (01)**

Data perhitungan hambatan pada alat gali muat excavator caterpillar dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 5.** Hasil Persentase Hambatan Pada Alat Gali Muat Exacavator Caterpillar 320D (01)



No	Jenis hambatan	Exca 320D (01)
1	Menunggu intruksi	9,39%
2	Terlambat di awal	5,70%
3	Terlalu cepat diakhir	5,11%
4	Masalah internal	16,69%
5	Pengisian BBM	4,69%
6	keperluan operator	16,69%
7	Hujan	4,87%
8	Penggunaan unit untuk kegiatan lain	25,03%
9	Breakdown (Unschedule)	11,82%
Total		100%



**Gambar 11.** Grafik Persentase Hambatan Excavator Caterpillar 320D (01)

Dari grafik persentase diatas nilai hambatan yang paling tinggi dari Excavator Caterpillar 320D (01) yaitu penggunaan unit untuk kegiatan lain sebesar 25,03%, masalah inernal dan keperluan operator 16,69%, breakdown (unscheduled) 11,82%, menunggu intruksi 9,39%, terlambat diawal 5,70%, terlalu cepat diakhir 5,11%, hujan 87%, danyang paling rendah yaitu pengisian BBM 4,69%.

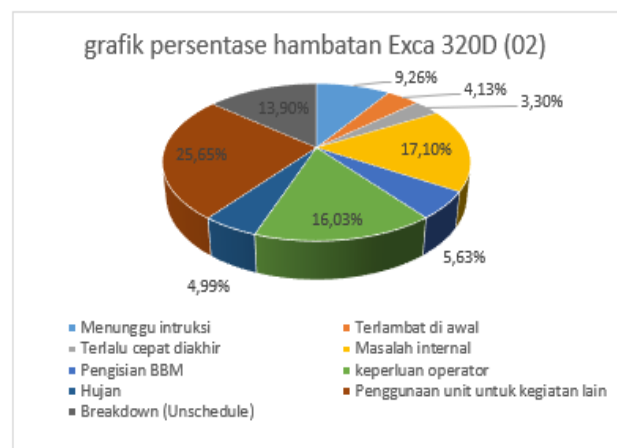
4.1.4.2. perhitungan jam hambatan excavatot caterpillar 320D (02)

Data perhitungan hambatan pada alat gali muat excavator caterpillar dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 6.** Hasil Persentase Hambatan Pada Alat Gali Muat Exacavator Caterpillar 320D (02)

No	Jenis hambatan	Exca 320D (01)
1	Faktor Peralatan	11,82%
2	Faktor Lingkungan	4,87%

1	Menunggu intruksi	9,26%
2	Terlambat di awal	4,13%
3	Terlalu cepat diakhir	3,30%
4	Masalah internal	17,10%
5	Pengisian BBM	5,63%
6	keperluan operator	16,03%
7	Hujan	4,99%
8	Penggunaan unit untuk kegiatan lain	25,65%
9	Breakdown (Unschedule)	13,90%
Total		100%



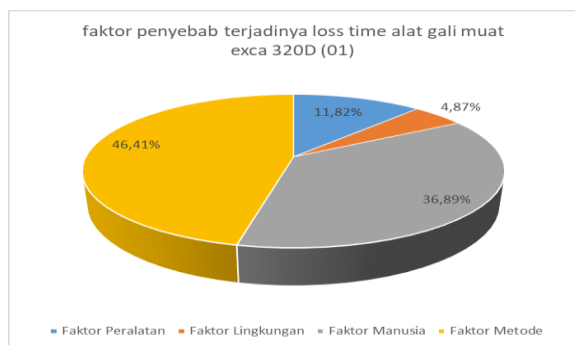
**Gambar 12.** Grafik Persentase Hambatan Excavator Caterpillar 320D (02)

Dari grafik persentase diatas nilai hambatan yang paling tinggi dari Excavator Caterpillar 320D (01) yaitu penggunaan unit untuk kegiatan lain sebesar 25,65%, masalah inernal 17,10%, keperluan operator 16,03%, breakdown (unscheduled) 13,90%, menunggu intruksi 9,26%, hujan 4,99%, pengisian BBM 5,63%, terlambat diawal 4,13%, dan yang paling rendah yaitu terlalu cepat diakhir 3,30%.

**Tabel 7.** Total Persentase Faktor Penyebab Terjadinya Loss Time Alat Gali Muat Excavator Caterpillar 320D (01) Dan Excavator Caterpillar 320D (02)

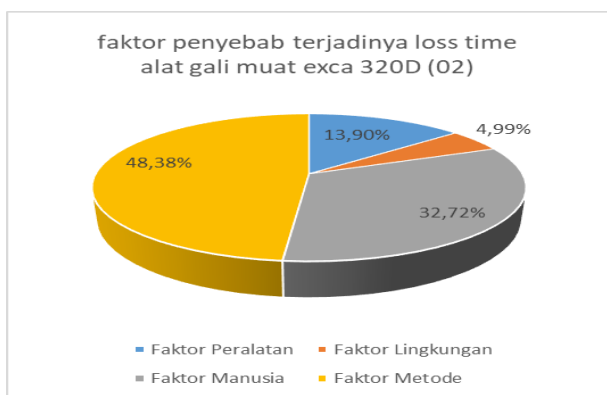
No	Faktor	Exca 320D (01)	Exca 320D (02)
1	Faktor Peralatan	11,82%	13,90%
2	Faktor Lingkungan	4,87%	4,99%

3	Faktor Manusia	36,89%	32,72%
4	Faktor Metode	46,41%	48,38%
Total		100,0%	100,0%



**Gambar 13.** Grafik Persentase Faktor Penyebab Terjadinya Loss Time Alat Gali Muat Excavator Caterpillar 320D (01)

Pada persentase tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa tingginya loss time pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) yang paling tinggi yaitu pada faktor metode dengan nilai sebesar 46,41% yang disebabkan oleh akibat masalah internal, pengisian BBM, penggunaan unit untuk keperluan lain. Selanjutnya tingginya loss time alat gali muat pada faktor manusia dengan nilai sebesar 36,89% yang disebabkan menunggu intruksi, terlambat diawal, terlalu cepat diakhir, keperluan operator. Kemudian pada faktor peralatan dengan nilai sebesar 11,82% yang disebabkan oleh breakdown (unscheduled) dan pada faktor lingkungan dengan nilai sebesar 4,87% yang disebabkan oleh terjadinya hujan yang mengganggu proses kegiatan produksi pengupasan overburden.



**Gambar 14.** Grafik Persentase Faktor Penyebab Terjadinya Loss Time Alat Gali Muat Excavator Caterpillar 320D (02)

Pada persentase tabel dan grafik diatas dapat ditentukan bahwa tingginya loss time pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (02) yang paling tinggi yaitu pada faktor metode dengan nilai sebesar 48,38% yang disebabkan oleh akibat masalah internal, pengisian

BBM, penggunaan unit untuk keperluan lain. Selanjutnya tingginya loss time alat gali muat pada faktor manusia dengan nilai sebesar 32,72% yang disebabkan menunggu intruksi, terlambat diawal, terlalu cepat diakhir, keperluan operator. Kemudian pada faktor peralatan dengan nilai sebesar 13,90% yang disebabkan oleh breakdown (unscheduled) dan pada faktor lingkungan dengan nilai sebesar 4,99% yang disebabkan oleh terjadinya hujan yang mengganggu proses kegiatan produksi pengupasan overburden.

**4.1.6 Perhitungan nilai produktivitas alat gali muat menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) setelah waktu hambatan diperbaiki**

Berikut ini adalah perhitungangan produktivitas menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) setelah waktu hambatan diperbaiki dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 8.** Perhitungan Nilai Produktivitas Menggunakan Metode OEE Setelah Diperbaiki Pada Alat Gali Muat

Data	Unit	
	Exacater caterpillar 320D (01)	Excavator caterpillar 320D (02)
A	0,33	0,33
U	0,88	0,60
S	0,91	0,90
B	1,0	1,0
OEE	0,26	0,18
O (m <sup>3</sup> )	38.609,42	32.361,42
O (m <sup>3</sup> ) Aktual	33.992,72	24.066,80
<b>TOTAL</b>		<b>58.059,52</b>

Setelah dilakukan perhitungan dapat disimpulkan bahwa nilai produktivitas menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) setelah waktu hambatanya diperbaiki didapatkan nilai produksi pengupasan overburden mencapai target yaitu sebesar 58.059,52 bcm/bulan dari yang ditargetkan perusahaan yaitu 43.700 bcm/bulan.

**4.2. Pembahasan**

Dari hasil analisa data yang didapatkan, produktivitas alat gali muat secara teoritis yaitu sebesar 43.700 bcm/bulan. Untuk produktivitas actual alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) sebesar 13.835 bcm/bulan dengan total data cycle time nya 23,15 detik dan pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (02)

sebesar 14.189 bcm/bulan dengan total cycle time nya 23,33 detik dari kedua alat gali muat tersebut didapatkan produktivitas aktual selama 1 bulan yaitu sebesar 28.024 bcm/bulan atau 64% dari target produksi yang sudah direncanakan perusahaan. Hal tersebut berarti mendandakan produksi pengupasan overburden yang direncanakan perusahaan tidak mencapai target.

Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan produktivitas dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dari masing- masing alat gali muat. Pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) data yang gunakan yaitu nilai availability factor (A) 0,33, nilai utilization factor (U) 0,59, nilai speed factor (S) 0,91, nilai bucket factor (B) 1 dari data tersebut didapatkan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) yaitu 0,18 atau 18%. Untuk produktivitas aktual pengupasan overburden menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) didapatkan nilai produksinya sebesar 15.371,89 bcm/bulan. Pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (02) data yang gunakan yaitu nilai availability factor (A) 0,33, nilai utilization factor (U) 0,60, nilai speed factor (S) 0,90, nilai bucket factor (B) 1 dari data tersebut didapatkan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) yaitu 0,18 atau 18%. Untuk produktivitas aktual pengupasan overburden menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) didapatkan nilai produksinya sebesar 15.765,47 bcm/bulan. Dari perhitungan produktivitas aktual kedua alat gali muat didapatkan produksi pengupasan overburden menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) yaitu sebesar 31.137,47 bcm/bulan ternyata belum juga mencapai target produksi pengupasan overburden yang diinginkan perusahaan.

Setelah ditelusuri yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi pengupasan overburden disebabkan oleh beberapa faktor hambatan yang mengakibatkan tingginya waktu loss time pada alat gali muat. Untuk itu perlu dilakukan lagi upaya perbaikan faktor hambatan yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi pengupasan overburden, salah satunya dengan menggunakan diagram fishbone yaitu mencari akar-akar penyebab tidak tercapainya target produksi pengupasan overburden oleh alat gali muat. Faktor-faktor yang menyebabkan tingginya loss time yaitu faktor lingkungan (hujan), faktor peralatan (breakdown unscheduled), faktor manusia (menunggu intruksi,terlambat diawal,terlalu cepat diakhir,keperluan operator), faktor metode (masalah internal,pengisian BBM, penggunaan unit untuk keperluan lain). Setelah itu dilakukan upaya perbaikan dari waktu loss time alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02).

Setelah dilakukannya perbaikan dari waktu loss time dihitung kembali produktivitas pengupasan overburden alat gali muat menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). Pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) didapatkan produksinya sebesar 33. 992,72 bcm/bulan sedangkan pada alat gali

muat Excavator Caterpillar 320D (02) didapatkan produksinya sebesar 24.066,80 bcm/bulan. Dapat disimpulkan bahwa produksi pengupasan overburden pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) setelah waktu loss time diperbaiki produksinya tercapai dengan nilai 58.059,52 bcm/bulan bahkan melebihi dari target yang direncanakan perusahaan yaitu sebesar 43.700 bcm/bulan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan setelah dilakukannya penelitian dan didapatkan hasil dari pengolahannya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada bulan September 2022, produktivitas aktual Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) adalah 28.024 bcm/bulan, di bawah target produksi yang direncanakan perusahaan sebesar 43.700 bcm/bulan.
2. Faktor yang menjadi penghambat yang menyebabkan tingginya loss time pada alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) dan Excavator Caterpillar 320D (02) berdasarkan diagram fishbone yaitu faktor peralatan, faktor lingkungan, faktor manusia, dan faktor metode. Dengan perolehan persentase tertinggi yaitu faktor metode sebesar 46,41% pada Excavator Caterpillar 320D (01) dan 48,38% pada Excavator Caterpillar 320D (02) yang diakibatkan karena tingginya waktu loss time dari penggunaan unit untuk kegiatan lain. Lalu dilakukan perbaikan pada waktu loss time dengan memperoleh peningkatan dari waktu kerja efektif dari alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (01) sebesar 206,9 jam/bulan dan peningkatan dari waktu kerja efektif dari alat gali muat Excavator Caterpillar 320D (02) sebesar 174,8 jam/bulan.
3. Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Excavator Caterpillar 320D (01) dan Caterpillar 320D (02) pada September 2022 sangat rendah, masing-masing sebesar 18% dan 18%, dengan total hasil produksi masing-masing sebesar 25.963,54 bcm .
4. Setelah melakukan upaya perbaikan dengan menurunkan nilai delay time sesuai dengan loss time optimal, perhitungan produksi dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) menghasilkan pengupasan overburden sebesar 58.059,52 bcm dalam sebulan. Hal ini menunjukkan bahwa target telah tercapai bahkan terlampaui dari target yang ditetapkan perusahaan sebesar 43.700 bcm, dengan alat gali muat memiliki nilai OEE masing-masing sebesar 26% dan 22%.

### 5.2 Saran

1. Dengan menentukan waktu stanby maksimum dalam sebulan untuk waktu loss time ini, perlu untuk memperbaiki waktu loss time yang disebabkan oleh masalah internal (metode) untuk mencapai produktivitas pengupasan overburden.
2. Untuk memenuhi target produksi pengupasan overburden sesuai realisasi di lapangan, rencana jam kerja alat gali muat perlu ditingkatkan.
3. Perlunya pengawasan yang ketat untuk meningkatkan kedisiplinan operator sehingga efisiensi waktu kerja alat lebih meningkat.
4. Untuk memastikan target produksi pengupasan overburden sesuai dengan rencana perusahaan, kami merekomendasikan agar alat tidak dibagi.

## REFERENSI

- [1] Agustino, Y., & Gusman, M. (2018). Evaluasi Optimalisasi Alat Gali Muat dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Memenuhi Target Produksi bijih besi Bulan Maret 2018 di Pit 1 Utara Bangko Barat PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 3(4), 1409-1422.
- [2] Akande, J., Lawal, A. I., & Aladejare, A. E. (2013). Optimization of the overall equipment efficiency (OEE) of loaders and rigid frame trucks in NAMDEB Southern Coastal Mine Stripping fleet, Namibia. *Earth Science*, 2(6), 158-166
- [3] Benti Jul Sosantri, Dedi Yulhendra S.T,M.T, Heri Prabowo S.T,M.T, 2018. Optimalisasi Peralatan Tambang Dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pit 1 Penambangan Batubara Banko Barat Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan” Sumber penggunaan energi yang sangat menjanjikan adalah batu bara. Berbagai kegunaan untuk batubara adalah umum.
- [4] Darman, H., & Sidi, F. H. (2000). *An Outline of the Geology of Indonesia*. Jakarta: Publikasi Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- [5] Geological Society of America (1983) *Geological Society of America Bulletin* Vol. 94 (8)
- [6] Hadiyat, M. I. S., Budiasih, E., Tatas, F., & Atmaji, D.(2019). Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness ( Oee ) Dengan Penerapan Total Productive Maintenance ( Tpm ) the Effectiveness Analysis of Cutting Machine on Pipe Factory Using Method Overall Equipment Effectiveness (Oee ) With Application of Total P. *Jurnal Proceeding of Engineering*, 6(2), 6196–6202.
- [7] Hasan, M. Iqbal, 2002. *Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Ghalia Indonesia, Bogor.
- [8] Jide Muili, A. (2013). Optimization of the Overall Equipment Efficiency (OEE) of Loaders and Rigid Frame Trucks in NAMDEB Southern Coastal Mine Stripping Fleet, Namibia. *Earth Sciences*, 2(6), 158. <https://doi.org/10.11648/j.earth.20130206.17>
- [9] Khanza, Novita. 2016. Optimasi Produktifitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut di PT Lafarge Cement Indonesia Menggunakan Metode Pemograman Linear. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [10] Kasiram, M. 2010. *Metodologi Penelitian: Kualitatif–kuantitatif*.
- [11] Kepmen esdm. (2016). *Dampak Hilirisasi pengupasan overburden Terhadap Perekonomian Regional Provinsi Kalimantan Barat*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Jalan Medan Merdeka Selatan Nomor 18 Jakarta Pusat 10110.
- [12] Kuntjojo. 2009. *Metode penelitian*. Kendiri: tidak diterbitkan
- [13] Kuswadi. 2007. *Analisis Keekonomian Proyek*. PT. Andi. Yogyakarta.
- [14] M Javed Alam, dkk. 2018. Comparative Performance Study of Mine Trucks by Overall Equipment Effectiveness (OEE). *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 5(11). 448-453
- [15] Murnawan, H. 2014. “Perencanaan Produktivitas Kerja Dari Hasil Evaluasi Produktivitas Dengan Metode Fishbone di Perusahaan Percetakan Kemasan Pt. X”. *Heuristic*, 11(01).
- [16] Nakajima S., 1988. *Introduction to TPM – total productive maintenance*. Poduktivity Press, Cambridge.
- [17] Nuryono, A., Sjarifudin, D., & Ahmad, Q. 2016. “Peningkatan Produktivitas Alat Muat Sekelas Oht Cat 777 Di Pertambangan bijih besi Dengan Pendekatan Quality Control Circle”. *Jurnal Teknik Industri*, 6(2).
- [18] Partanto, Projosumarto. 1995. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [19] Peurifoy, R.L., 2006. *Contruction Planning, Equipment and Methods*, MCGraw Hill, Boston.
- [20] Prasmoro, A. V., & Hasibuan, S. 2018. Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat dalam Rangka Produktifitas dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur. *Operations Excellence*, 10(1), 1-16.
- [21] Rochmanhadi. 1992. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum
- [22] Saputra H. 2016. *Analisis Pemilihan Alternatif Investasi Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Penambangan Batubara*. Skripsi Teknik Pertambangan Universitas Pejuang Republik Indonesia.
- [23] Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*.
- [24] Bandung: Alfabeta
- [25] Tenriajeng, A. T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
- [26] Triwardani, D. H., Rahman, A., & Mada Tantrika, C. F. (2013). Analisis overall equipment effectiveness (OEE) dalam meminimalisi six big losses pada mesin produksi dual filters DD07 (studi kasus: PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa

- Timur). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1(2), p379-391.
- [27] Vijayakumar, S. R., & Gajendran, S. (2014). Improvement of overall equipment effectiveness (OEE) in injection moulding process industry. *IOSR J Mech Civil Eng*, 2(10), 47-60.
- [28] Waqas, M., Tariq, S. M., Shahzad, M., Ali, Z., & Saqib, S. (2015). Performance Measurement Of Surface Mining Equipment By Using Overall Equipment Effectiveness. *Pakistan Journal of Science*, 67(2).
- [29] Yanto, Indonesianto. 2014. *Pemindahan Tanah Mekanis. Teknik Pertambangan*, UPN Veteran: Yogyakarta.
- [30] Yugo, A., & Mulya, G. (2018). Evaluasi Optimalisasi Alat Gali Muat dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness ( OEE ) untuk Memenuhi Target Produksi Batubara Bulan Maret 2018 di Pit 1 Utara Bangko Barat. *Jurnal Bina Tambang*, Vol 3, No.(4), 1409–1422.