

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI-MUAT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *TOP LOADING* DAN *BOTTOM  
LOADING* PADA PENAMBANGAN BATU ALAM DAN TRASS  
DI BLOK GUNUNG KUDA, CIREBON**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**IVAN NUGRAHA**

**122.17.001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TENIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
DELTAMAS**

**2022**

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI-MUAT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *TOP LOADING* DAN *BOTTOM  
LOADING* PADA PENAMBANGAN BATU ALAM DAN TRASS  
DI BLOK GUNUNG KUDA, CIREBON**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**IVAN NUGRAHA**

**122.17.001**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi Teknik Pertambangan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TENIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
DELTAMAS**

**2022**

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI-MUAT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *TOP LOADING* DAN *BOTTOM  
LOADING* PADA PENAMBANGAN BATU ALAM DAN TRASS  
DI BLOK GUNUNG KUDA, CIREBON**

**JURNAL TUGAS AKHIR**

Ivan Nugraha

122.17.001

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi Teknik Pertambangan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 17 Februari 2022

Dosen Pembimbing I,



Rian Andriansyah, S.T., M.T.

NIP. 19790216201409444

Dosen Pembimbing II,



Friska Agustin, S.T., M.T.

NIP. 19900803201801567

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan ITS B



Rian Andriansyah, S.T., M.T.

NIP. 19790216201409444

---

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT GALI-MUAT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *TOP LOADING* DAN *BOTTOM  
LOADING* PADA PENAMBANGAN BATU ALAM DAN TRASS  
DI BLOK GUNUNG KUDA, CIREBON**

*Ivan Nugraha*

Pembimbing: *Rian Andriansyah, S.T., M.T, Friska Agustin, S.T., M.T*

Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung, Bekasi

17530

Email : [nugraha.ivan0206@gmail.com](mailto:nugraha.ivan0206@gmail.com)

---

**Abstrak**

Kopontren Al-Hikmah adalah salah satu perusahaan yang melakukan usaha di bidang pertambangan Batu Alam dan Trass atas nama pondok pesantren, yang secara administrasi berada di wilayah Desa Cipanas, Kecamatan Dukupuntang, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan di Operasi Penambangan Batu Alam dan Trass Blok Gunung Kuda Petak 19a. Analisis yang dilakukan pada satu *front* penambangan dengan alat mekanis *Excavator* Kobelco Arcera Geospec Super-X tahun 2012 dan *Excavator* Kobelco Arcera Geospec Super-X tahun 2014 dengan 2 pola pemuatan yaitu *top loading* dan *bottom loading*. Produktivitas aktual Alat Gali-Muat Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X tahun 2012 dengan metode *top loading* sebesar 34,36 BCM/jam dan 31,61 BCM/jam untuk *bottom loading*. Sedangkan produktivitas Alat Gali-Muat Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X tahun 2014 dengan metode *top loading* sebesar 34,59 BCM/jam dan 30,39 BCM/jam untuk *bottom loading*. Upaya-upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas dengan cara memperkecil waktu hambatan kerja, diperoleh rekomendasi peningkatan efisiensi kerja menunjukkan adanya peningkatan waktu kerja efektif dari 7,16 jam/hari menjadi 7,9 jam/hari. Sehingga efisiensi kerja meningkat dari 81,83% menjadi 90,29%. Dengan demikian, optimalisasi alat muat yang tersedia dengan mengkombinasikan kedua unit menggunakan pola pemuatan *top loading* dan perbaikan efisiensi kerja, maka didapat nilai produktivitas sebesar 37,96 BCM/Jam dari yang sebelumnya hanya 34,59 BCM/Jam terbesar.

**Kata Kunci :** Produktivitas, *Cycle Time*, *Top Loading*, *Bottom Loading*

## 1. PENDAHULUAN

Kopontren Al-Hikmah adalah salah satu perusahaan yang melakukan usaha di bidang pertambangan Batu Alam dan Trass atas nama pondok pesantren, yang secara administrasi berada di wilayah Desa Cipanas, Kecamatan Dukupuntang, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat dengan luasan IUP 10 Ha yang berlokasi di Blok Gunung Kuda Petak 19a.

Batu Alam dan Trass banyak dibutuhkan dalam kehidupan manusia diantaranya sebagai bahan pembuatan semen, bahan konstruksi, campuran bahan bangunan dan masih banyak lagi. Proses penambangan menggunakan sistem quarry dengan tipe *side hill*. Dalam proses penambangannya terdapat beberapa tahap mulai dari penggalian dan penghancuran oleh alat gali dibantu dengan *breaker*, kemudian dimuatkan oleh *excavator* ke dalam *truck* untuk selanjutnya diangkut menuju tempat pembeli.

Proses pemuatan material pada lokasi penelitian dilakukan oleh 2 unit alat gali-muat dengan menggunakan pola pemuatan *top loading* dan *bottom loading*. Selama penelitian berlangsung, terdapat faktor-faktor yang dapat menyebabkan kecilnya nilai produktivitas seperti pola pemuatan, kondisi material, efisiensi kerja, pekerja, dan delay time.

Untuk meminimalisir kemungkinan kecilnya nilai produktivitas, dalam Tugas Akhir ini penulis usulkan upaya-upaya yang dapat dilakukan guna meningkatkan produktivitas seperti merekomendasikan pengurangan waktu hambatan kerja guna meningkatkan efisiensi kerja, pengoptimalan kedua unit alat gali-muat dengan menggunakan pola pemuatan serta nilai

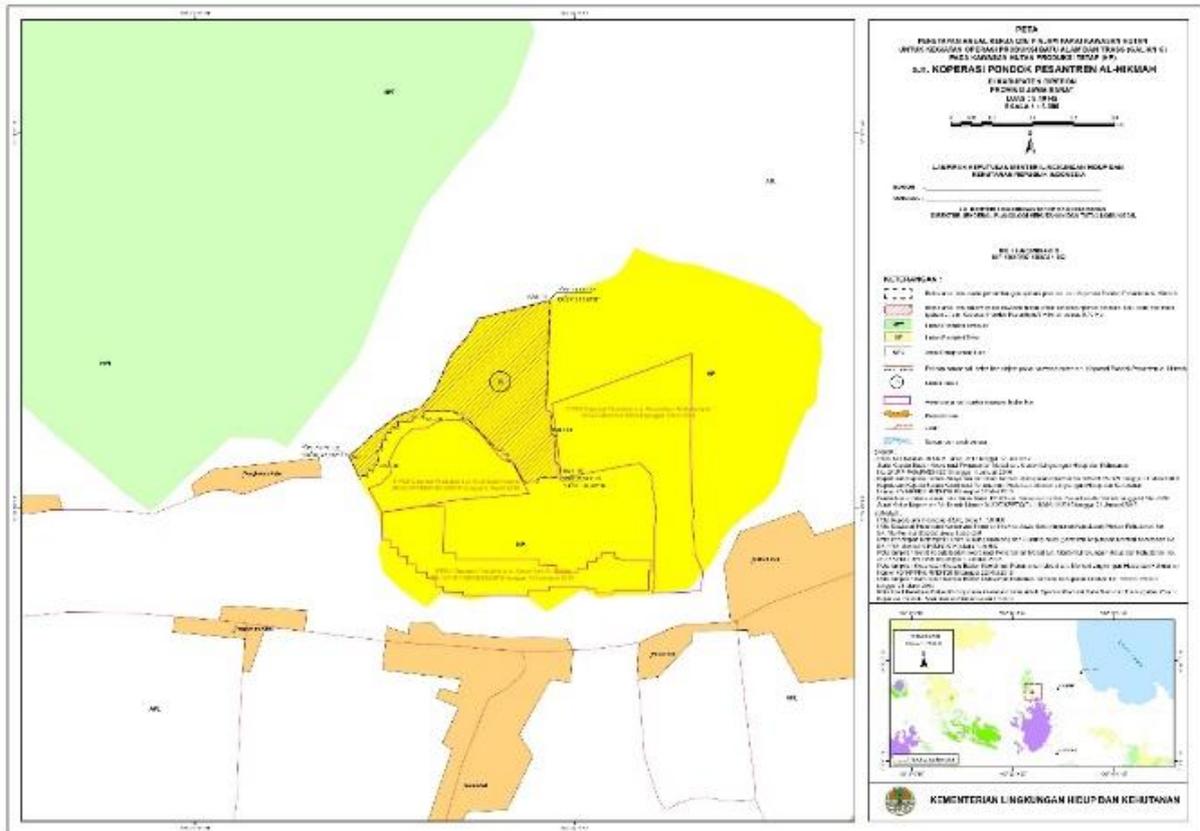
efisiensi kerja yang sudah dievaluasi, pembuatan SOP, dan membuat *reward and punishment* untuk para pekerja.

## 2. LOKASI PENELITIAN

Secara administratif, Kabupaten Cirebon memiliki 40 Kecamatan dengan 412 Desa, serta luas keseluruhan mencapai 985,00 km<sup>2</sup> dengan total populasi sekitar 2.296.999 orang. Wilayah Kabupaten Cirebon dibatasi oleh :

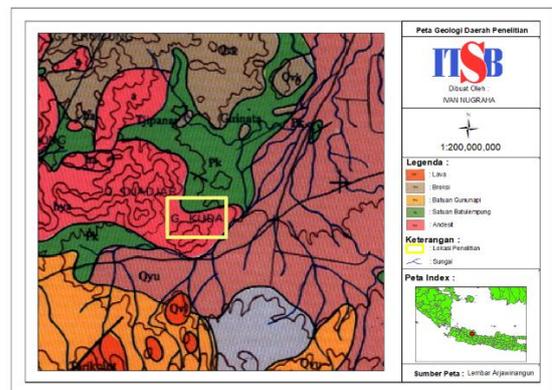
- Sebelah Utara: Kabupaten Indramayu
- Sebelah Barat: Kabupaten Majalengka
- Sebelah Selatan: Kabupaten Kuningan
- Sebelah Timur: Laut Jawa

Berdasarkan Surat Kepala Badan Pelayanan Perizinan Terpadu, Pemerintah Kabupaten Cirebon dengan Nomor: 503/03.05/BPPT Tentang Pemberian Daftar Ulang Izin Usaha Pertambangan Kepada Pondok Pesantren Tahfidz Qur'an Terpadu Al-Hikmah "Kopontren Al-Hikmah" untuk kegiatan pertambangan operasi produksi (Batu Alam dan Trass) seluas 10 Ha yang berlokasi di Blok Gunung Kuda Petak 19a Desa Cipanas Kecamatan Dukupuntang, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat seperti yang dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan pada Kawasan Hutan Produksi Tetap (HP)

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa (Djuri, dkk, 1995), batuan penyusun daerah penelitian berupa Formasi Kaliwangu (Pk) yang terdiri dari batulempung dengan sisipan batupasir tufaan, konglomerat, kadang-kadang ditemukan lapisan-lapisan batupasir gampingan dan batugamping. Selain Formasi Kaliwangu, Daerah Gunung Kuda juga terdapat satuan batuan Andesit Hipersten (hya) yang terdiri atas hipersten, plagioklas dan sedikit kwarsa. Batuan ini berwarna keputih-putihan sampai kuning kecoklatan. Batu tempel berwarna kuning muda diambil dari batuan di sekitar Gunung Kuda dan Gunung Petat. Untuk gambaran lokasi lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Geologi Daerah Penelitian Berdasarkan Peta Lembar Ardjawinangun, Djawa (Djuri, dkk, 1995)

Berdasarkan Peta Lembar Ardjawinangun, Andesit Hipersten (hya) yang berumur Oligosen merupakan hasil terobosan yang menerobos dalam Formasi Kaliwangu (Pk) berumur Pliosen yang terdiri dari batulempung dengan sisipan batupasir tufaan, konglomerat, kadang-kadang ditemukan lapisan-lapisan

batupasir gampingan dan batugamping.

Namun, saat ini yang dapat dijumpai pada lokasi penelitian adalah material trass yang telah mengalami proses pelapukan dari batuan vulkanik yang banyak mengandung feldspar dan silica, antara lain breksi andesit, granit, rhyolite yang telah mengalami pelapukan lanjut. Trass merupakan Bahan Galian C/Industri (PP No. 27/1980 tentang Penggolongan Bahan Galian). Trass sendiri adalah batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah yang mengakibatkan terjadinya pelolosan (*leaching*) pada sebagian besar komponen basa seperti : CaO, MgO dan NaO yang dikandung oleh mineral-mineral batuan asal. Bahan galian ini berwarna putih kekuningan hingga putih kecoklatan dan kompak.

Trass disebut juga sebagai pozolan, merupakan bahan yang mengandung senyawa silica dan alumina dimana bahan pozolan itu mempunyai sifat seperti semen. Nama pozolan diambil dari nama desa Puzzouli de Napel, Italia dimana bahan tersebut ditemukan.

Bahan pozzolan terbagi menjadi 2 yaitu:

- **Pozzolan Alam (Natural)** : Tuff, Abu Vulkanik dan Tanah Diatomae. Di Indonesai Pozzolan Alam dikenal dengan nama Trass.
- **Pozzolan Buatan (Sintesis)** : yang termasuk dalam jenis ini adalah hasil pembakaran tanah liat dan hasil pembakaran batubara (*fly ash*).

Pada lokasi penelitian trass/pozzolan terbentuk

secara alami dalam bentuk batuan yaitu batuan tuff. Pada dasarnya yang membedakan antara trass dengan tuff adalah penggunaan istilah berdasarkan kalangan manusia yang mem bahas nya. Di dunia industri, istilah trass digunakan sebagai komoditas. Namun di dunia *science* / pendidikan lebih familiar dengan istilah tuff sebagai batuan.

Tuff adalah jenis batuan piroklastik yang mengandung debu vulkanik yang dikeluarkan selama letusan gunung berapi. Tuff memiliki warna putih/kecoklatan dengan struktur massif. Memiliki tekstur membulat tanggung dengan kemas tertutup, sortasi baik dan semen silica. Indikasi lain yang memberikan informasi dari batuan tuff ini adalah ketika dijilat terasa lengket dan sedikit terisap.

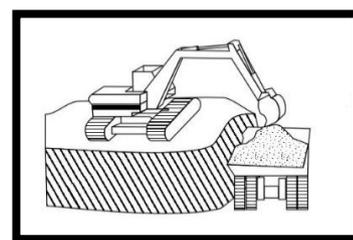
### 3. TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1. Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Gali-Muat

##### 3.1.1. Pola Pemuatan

###### 1. *Top Loading*

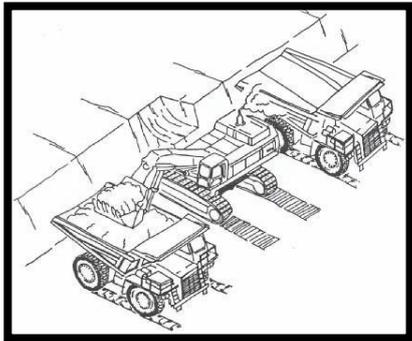
*Top Loading* adalah istilah yang digunakan pada kondisi alat muat berada lebih tinggi (di atas material atau jenjang) dari bak truk sehingga operator lebih leluasa melihat dan memindahkan material pada truk. Pola ini hanya dapat digunakan pada alat muat *back hoe*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pola Muat *Top Loading*

## 2. Bottom Loading

Pada pola muat *bottom loading*, alat angkut dan alat muat berada pada ketinggian yang sama sehingga *bucket* dari *excavator* harus bergerak sedikit keatas untuk memuatkan pada bak alat angkut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Pola Muat *Bottom Loading*

### 3.1.2. Bucket Fill Factor

Menurut Pfeider (1972), faktor pengisian *bucket* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$BFF = \frac{V_n}{V_t} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

$V_n$  = Kapasitas nyata mangkuk alat gali- muat ( $m^3$ )

$V_t$  = Kapasitas teoritis mangkuk alat gali- muat ( $m^3$ )

Faktor - faktor yang mempengaruhi pengisian mangkuk adalah :

1. Kandungan air, dimana semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil, karena terjadi pengurangan volume material.
2. Ukuran material, semakin besar ukuran material maka faktor pengisian akan semakin kecil.
3. Keterampilan dan kemampuan operator,

dimana operator yang berpengalaman dan terampil dapat memperbesar faktor pengisian mangkuk.

### 3.1.3. Swell Factor

Faktor pengembangan bisa diartikan pula sebagai pengembangan volume suatu material setelah digali. Di alam material dijumpai dalam keadaan padat sehingga hanya sedikit bagian kosong yang terisi dengan udara diantara butir-butirnya. Apabila material digali maka akan terjadi pengembangan volume yang dikenal dengan istilah faktor pengembangan berdasarkan densitas (kerapatan). Material yang ditangani pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan adalah material pada kondisi *loose volume* (Yanto, 2014).

Angka-angka faktor pengembangan (*swell factor*) setiap klasifikasi tanah/material berbeda sesuai dengan jenis materialnya seperti terlihat pada Tabel 1. berikut ini:

**Tabel 1.** Bobot Isi dan Faktor Pengembangan dari Berbagai Material

Macam Material	Bobot isi (density) $kg/m^3$	Swell Factor (in-bank correction factor)
Bauksit	2700 – 4325	0,75 (75%)
Tanah liat, kering	2300	0,85
Tanah liat, basah	2800 – 3000	0,82 – 0,80
Antrasit ( <i>anthracite</i> )	2200	0,74
Batubara bituminus ( <i>bituminous coal</i> )	1900	0,74
Bijih tembaga ( <i>copper ore</i> )	3800	0,74
Tanah biasa, kering	2800	0,85
Tanah biasa, basah	3370	0,85
Tanah biasa,	3100	0,90

bercampur pasir, dan kerikil ( <i>gravel</i> )		
Kerikil kering	3250	0,89
Kerikil basah	3600	0,88
Granit, pecah-pecah	4500	0,67 – 0,56
Hematit, pecah-pecah	6500 – 8700	0,45
Bijih besi (iron ore), pecah-pecah	3600 – 5500	0,45
Batu kapur, pecah-pecah	2500 – 4200	0,60 – 0,57
Batu alam	2600	0,60 – 0,57
Lumpur	2160 – 2970	0,83
Lumpur, sudah ditekan ( <i>packed</i> )	2970 – 3510	0,83
Pasir, kering	2200 – 3250	0,89
Pasir, basah	3300 – 3600	0,88
Serpah ( <i>shale</i> )	3000	0,75
Batu sabak ( <i>slate</i> )	4590 – 4860	0,77

(Sumber : Prodjosumarto, P. (1993))

Untuk mengetahui faktor pengembangan material dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$SF = \frac{D_{loose}}{D_{insitu}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

SF = Swell factor (%)

$D_{loose}$  = Densitas dalam keadaan lepas ( $kg/m^3$ )

$D_{insitu}$  = Densitas dalam keadaan asli ( $kg/m^3$ )

### 3.1.4. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar alat muat adalah total waktu pada saat pengisian *bucket* hingga pemuatan ke dalam alat angkut dan sampai kembali kosong.

$$CT = T_g + T_{si} + T_t + T_{sk} \quad (3)$$

Keterangan :

$T_g$  = waktu menggali material (detik)

$T_{si}$  = waktu putar dengan bucket terisi/swing isi (detik)

$T_t$  = waktu menumpahkan muatan (detik)

$T_{sk}$  = waktu dengan bucket kosong/swing kosong (detik)

### 3.1.5. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia dan dinyatakan dalam persen. Waktu kerja efektif adalah waktu yang benar – benar dipergunakan untuk berproduksi atau waktu produktif dikurangi dengan waktu yang terbuang oleh adanya hambatan – hambatan. Dengan memperhitungkan hambatan tersebut, maka waktu kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_e = W_p - W_h \quad (4)$$

Keterangan:

$W_e$  = Waktu kerja efektif, (menit)

$W_p$  = Waktu produktif / waktu tersedia, (menit)

$W_h$  = Waktu-waktu hambatan, (menit)

Untuk menghitung efisiensi kerja digunakan rumus sebagai berikut:

$$EK = \frac{W_e}{W_p} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

EK = Efisiensi Kerja, (%)

$W_e$  = Waktu kerja efektif, (menit)

$W_p$  = Waktu kerja produktif (menit)

### 3.2. Produktivitas Alat Mekanis

Menurut Indonesianto (2005), produktivitas alat gali-muat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{KB \times BFF \times SF \times EK \times 3600}{CT} \quad (6)$$

Keterangan :

P = Produksi alat gali-muat (bcm/jam)

KB = Kapasitas teoritis bucket alat gali-muat (m<sup>3</sup>)

BFF = Bucket factor (%)

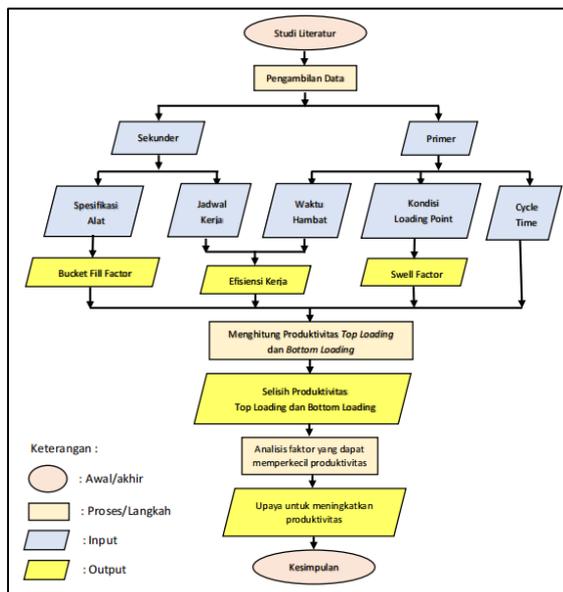
SF = Swell factor (%)

EK = Efisiensi kerja (%)

CT = Waktu edar alat gali-muat (detik)

#### 4. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Diagram alir yang merepresentasikan metodologi penelitian dijelaskan dalam gambar 5 :



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

#### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengambilan data dilakukan melalui pengamatan lapangan serta melalui berbagai literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juli 2021. Alat gali muat yang digunakan pada kegiatan penambangan adalah *Excavator*

Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X (Gambar 6).



Gambar 6. Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X

##### 5.1. Kondisi Loading Point

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, *loading point* terdiri dari batuan trass yang sudah terpadatkan dengan luas sebesar 532,4 m<sup>2</sup> seperti pada gambar 7. Permukaan kerja alat muat dalam kondisi stabil, tetapi apabila pada kondisi setelah hujan struktur tanah menjadi labil dan sangat bergelombang.



Gambar 7. Kondisi Loading Point

Sistem penambangan dilakukan dengan sistem *Side Hill Type Quarry*, yaitu sistem penambangan yang diterapkan untuk menambang batuan atau bahan galian yang letaknya di lereng bukit atau endapan yang berbentuk bukit. *Front* penambangan memiliki *top hill* sebesar 325 m<sup>2</sup>. Berdasarkan jalan masuk (*access road*) ke *front* penambangan, lokasi penelitian menggunakan akses jalan masuk langsung yaitu *front* penambangan dibuat memanjang sepanjang lereng yang digali

dan jalan masuk dari salah satu sisi atau dari depan (*straight ramp*).

## 5.2. Pola Pemuatan

Pola pemuatan sangat berpengaruh nantinya terhadap nilai waktu edar alat. Pada penelitian ini dilakukan analisis dari 2 metode pola pemuatan yang digunakan yaitu pola pemuatan *Top Loading* (Gambar 8) dan pola pemuatan *Bottom Loading* (Gambar 9).



**Gambar 8.** Pola Pemuatan *Top Loading*

Proses gali-muat dengan pola pemuatan *top loading* memiliki kelebihan yaitu operator lebih leluasa untuk melihat bak sehingga dalam proses menempatkan material itu bisa lebih cepat.



**Gambar 9.** Pola Pemuatan *Bottom Loading*

Berdasarkan posisi alat muat terhadap *front* adalah menggunakan pola cara *Parallel cut with turn and back Single Spotting / Single Truck Back Up*, yaitu alat angkut kedua menunggu alat angkut pertama selesai pemuatan, kemudian setelah alat angkut pertama berangkat, alat angkut kedua menuju spot

pemuatan dan alat angkut ketiga datang dan melakukan *manuver* hingga seterusnya. Setelah penuh alat angkut pertama berangkat, kemudian alat angkut kedua akan memposisikan diri untuk selanjutnya dilakukan pemuatan oleh alat muat hingga penuh dan begitupun seterusnya.

## 5.3. *Bucket Fill Factor* (BFF)

Berdasarkan spesifikasi *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X*, kapasitas teoritis *bucket Excavator* yaitu 0,8 m<sup>3</sup>, sedangkan perhitungan aktual kapasitas rata-rata pengisian *bucket* sebesar 0,6 m<sup>3</sup>, maka dengan ini didapat nilai faktor pengisian *bucket* gali-muat sebesar 75%. Untuk rumus perhitungan *Bucket Fill Factor* yaitu :

$$BFF = \frac{V_n}{V_t} \times 100\% = \frac{0,6}{0,8} \times 100\% = 75\%$$

Keterangan :

$V_n$  = Kapasitas nyata mangkuk alat gali-muat (m<sup>3</sup>)

$V_t$  = Kapasitas teoritis mangkuk alat gali-muat (m<sup>3</sup>)

## 5.4. *Swell Factor* (SF)

Faktor pengembangan merupakan suatu faktor yang menunjukkan besarnya volume pengembangan suatu material setelah digali dari tempatnya berdasarkan volume asli sebelum digali.

$$SF = \frac{D_{loose}}{D_{insitu}} \times 100\% = \frac{1500}{2600} \times 100\% = 58\%$$

Keterangan :

SF = Swell factor (%)

$D_{loose}$  = Densitas dalam keadaan lepas (kg/m<sup>3</sup>)

$D_{insitu}$  = Densitas dalam keadaan asli (kg/m<sup>3</sup>)

### 5.5. Cycle Time (CT)

#### A. Pola Pemuatan *Top Loading*

Dari hasil pengamatan penulis dilapangan dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading* waktu edar rata-rata *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012 adalah 29,9 detik. Sedangkan untuk *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014 adalah 29,7 detik. Data aktual waktu edar dari masing-masing alat beserta tahapannya dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading* dijelaskan pada Tabel 2. dan Tabel 3.

**Tabel 2.** Waktu Edar *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012 dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading*

Hari/Tanggal	Digging (detik)	Swing Load (detik)	Dumping (detik)	Swing Empty (detik)	CT (detik)
Kamis, 23 September 2021	17,5	4,3	3,4	3,8	29,0
Jumat, 24 September 2021	18,4	4,5	3,4	4,0	30,4
Senin, 27 September 2021	18,8	4,6	3,1	3,6	30,1
Selasa, 28 September 2021	17,2	4,5	3,6	4,4	29,7
Rabu, 29 September 2021	18,7	4,3	3,3	3,8	30,2
<b>Rata-Rata</b>	<b>18,2</b>	<b>4,4</b>	<b>3,4</b>	<b>3,9</b>	<b>29,9</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

**Tabel 3.** Waktu Edar *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014 dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading*

Hari/Tanggal	Digging (detik)	Swing Load (detik)	Dumping (detik)	Swing Empty (detik)	CT (detik)
Rabu, 6 Oktober 2021	18,4	4,5	3,4	4,0	30,4
Kamis, 7 Oktober 2021	17,5	4,3	3,4	3,8	29,0
Jumat, 8 Oktober 2021	17,7	4,4	3,6	3,7	29,4
Selasa, 12 Oktober 2021	18,3	4,5	3,5	4,2	30,6

Rabu, 13 Oktober 2021	17,4	4,3	3,5	4,0	29,2
Kamis, 14 Oktober 2021	17,6	4,4	3,7	3,9	29,6
<b>Rata-Rata</b>	<b>17,9</b>	<b>4,4</b>	<b>3,5</b>	<b>3,9</b>	<b>29,7</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

#### B. Pola Pemuatan *Bottom Loading*

Dari hasil pengamatan penulis di lapangan dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading* waktu edar rata-rata *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012 adalah 32,5 detik. Sedangkan *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014 adalah 33,8 detik. Data aktual waktu edar dari masing-masing alat beserta tahapannya dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading* dijelaskan pada Tabel 4. dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Waktu Edar *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012 dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading*

Hari/Tanggal	Digging (detik)	Swing Load (detik)	Dumping (detik)	Swing Empty (detik)	CT (detik)
Senin, 20 September 2021	18,2	4,9	5,1	4,1	32,3
Selasa, 21 September 2021	18,4	4,7	5,0	4,0	32,1
Rabu, 22 September 2022	18,0	5,1	5,2	4,0	32,3
Sabtu, 25 September 2022	18,8	4,8	5,0	4,0	32,7
Kamis, 30 September 2022	18,6	5,1	4,9	3,8	32,5
Jumat, 1 Oktober 2022	19,0	4,5	4,9	4,2	32,7
Sabtu, 12 Oktober 2022	18,5	5,4	5,2	3,8	33,0
<b>Rata-Rata</b>	<b>18,5</b>	<b>4,9</b>	<b>5,1</b>	<b>4,0</b>	<b>32,5</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

**Tabel 5.** Waktu Edar *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014 dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading*

Hari/Tanggal	Digging (detik)	Swing Load (detik)	Dumping (detik)	Swing Empty (detik)	CT (detik)
--------------	-----------------	--------------------	-----------------	---------------------	------------

Senin, 4 Oktober 2021	18,1	6,3	4,4	4,8	33,5
Selasa, 5 Oktober 2021	18,2	6,5	4,4	5,0	34,2
Sabtu, 9 Oktober 2021	18,2	6,3	4,3	4,6	33,3
Senin, 11 Oktober 2021	18,0	6,3	4,6	4,9	33,7
Jumat, 15 Oktober 2021	18,1	6,5	4,6	5,1	34,4
Sabtu, 16 Oktober 2021	18,3	6,5	4,2	4,9	34,0
<b>Rata-Rata</b>	<b>18,1</b>	<b>6,4</b>	<b>4,4</b>	<b>4,9</b>	<b>33,8</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

### 5.6. Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah waktu kerja sesungguhnya yang digunakan pada saat operasi. Berdasarkan pengaturan waktu kerja telah ditetapkan kegiatan penambangan Batu Alam dan Trass dilakukan pada pukul 07.00 – 17.00 untuk hari Senin – Jumat, dan pukul 07.00 – 16.00 pada hari Sabtu. Dalam kegiatan penambangan Batu Alam dan Trass terdapat waktu kerja efektif di luar waktu hambatan atau dapat diartikan juga sebagai waktu yang didapatkan dari hasil setelah dikurangi jumlah waktu hambatan-hambatan selama kegiatan penambangan berlangsung (Tabel 6).

**Tabel 6.** Jadwal Kerja Karyawan di Blok Gunung Kuda Petak 19a Kopontren Al-Hikmah

Jadwal Kerja Karyawan				
Hari	Kegiatan	Waktu (WIB)	Durasi (Jam)	
Senin - Kamis	Kerja	07.00 - 12.00	5	10
	Istirahat	12.00 - 13.00	1	
	Kerja	13.00 - 17.00	4	
Jumat	Kerja	07.00 - 11.30	4.5	10
	Istirahat	11.30 - 13.00	1.5	
	Kerja	13.00 - 17.00	4	
Sabtu	Kerja	07.00 - 12.00	5	9

	Istirahat	12.00 - 13.00	1	
	Kerja	13.00 - 16.00	3	

Sumber : Kopontren Al-Hikmah, Cirebon

Berdasarkan Tabel 4.5 di atas, total waktu operasi penambangan di Blok Gunung Kuda Petak 19a Kopontren Al-Hikmah adalah 52,5 jam/minggu tanpa waktu istirahat dan waktu libur di hari minggu atau dapat dikatakan rata-rata 8,75 jam/hari.

Untuk mengetahui seberapa besar waktu kerja efektif operasi penambangan, perlu diketahui seberapa besar hambatan – hambatan yang terjadi selama operasi. Hambatan-hambatan kerja dibagi menjadi 2 yaitu hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari. Adapun uraian dari hambatan-hambatan yang terjadi selama operasi penambangan adalah sebagai berikut :

**Tabel 7.** Hambatan yang Dapat Dihindari

Hambatan	Waktu Hambat (menit/hari)
Terlambat Datang Kerja	18.1
Istirahat Lebih Awal	14.8
Terlambat Bekerja Setelah Istirahat	9.2
Berhenti Bekerja Terlalu Awal	12.8
<b>Total</b>	<b>54.9</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

**Tabel 8.** Hambatan yang Tidak Bisa Dihindari

Hambatan	Waktu Hambat (menit/hari)
Pengisian Bahan Bakar dan Memanaskan Alat	13.8
Gangguan Cuaca	6.5
Pengecekan Alat	19.9
<b>Total</b>	<b>40.2</b>

Sumber : Pengambilan Data, 2021

Setelah diketahui waktu produktif dan waktu hambatan kerja, maka diperoleh waktu kerja efektif sebagai berikut :

$$W_e = W_p - W_h$$

$W_e = 8,75 \text{ jam/hari} - (54,9 + 40,2) \text{ menit/hari}$

$W_e = 525 \text{ menit/hari} - 95,1 \text{ menit/hari}$

$W_e = 429,9 \text{ menit/hari} = 7,16 \text{ jam/hari}$

Keterangan :

$W_e$  = waktu kerja efektif

$W_p$  = waktu produksi atau waktu kerja tersedia

$W_h$  = waktu hambatan kerja

### 5.7. Efisiensi Kerja (EK)

Setelah diperoleh waktu kerja efektif sebesar 7,17 jam/hari, selanjutnya dapat diketahui seberapa besar efisiensi kerja sebagai berikut :

$$EK = \frac{W_e}{W_p} \times 100\%$$

$$EK = \frac{7,16 \text{ jam/hari}}{8,75 \text{ jam/hari}} \times 100\%$$

$$EK = 81,83\%$$

Keterangan :

$EK$  = Efisiensi kerja (%)

$W_p$  = Waktu produktif (jam/hari)

$W_e$  = Waktu kerja efektif (jam/hari)

### 5.8. Produktivitas Aktual Alat Gali-Muat

**Tabel 9.** Produktivitas *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012* dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading*

Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	BFF (%)	SF (%)	Efisiensi Kerja (%)	CT (detik)	Produktivitas (BCM/Jam)
0.8	75	58	81,83	29,9	34,36

Pengambilan data, 2021

**Tabel 10.** Produktivitas *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014* dengan menggunakan pola pemuatan *Top Loading*

Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	BFF (%)	SF (%)	Efisiensi Kerja (%)	CT (detik)	Produktivitas (BCM/Jam)
0.8	75	58	81,83	29,7	34,59

Pengambilan data, 2021

**Tabel 11.** Produktivitas *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2012* dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading*

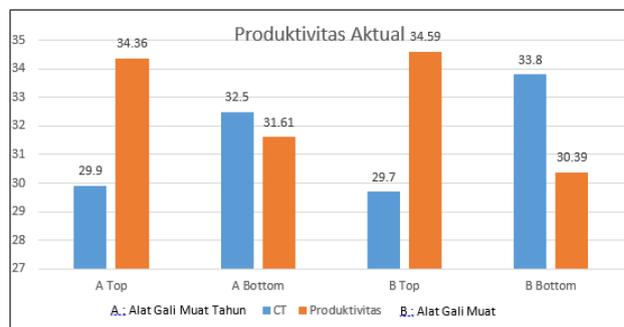
Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	BFF (%)	SF (%)	Efisiensi Kerja (%)	CT (detik)	Produktivitas (BCM/Jam)
0.8	75	58	81,83	32,5	31,61

Pengambilan data, 2021

**Tabel 12.** Produktivitas *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X Tahun 2014* dengan menggunakan pola pemuatan *Bottom Loading*

Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	BFF (%)	SF (%)	Efisiensi Kerja (%)	CT (detik)	Produktivitas (BCM/Jam)
0.8	75	58	81,83	33,8	30,39

Pengambilan data, 2021



**Gambar 10.** Selisih Produktivitas *Top Loading* dan Produktivitas *Bottom Loading* dari kedua alat muat

Dari kedua pola pemuatan bahwa proses gali-muat dengan menggunakan pola pemuatan *top loading* jauh lebih efisien dibandingkan pola pemuatan *bottom loading*, maka pemilihan pola pemuatan menjadi faktor pendukung untuk dapat mencapai waktu yang efisien.

### 5.9. Analisis Faktor Penyebab Kecilnya Produktivitas

#### A. Pola Pemuatan

Pemuatan dilakukan dengan *Excavator Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X* sebanyak 2 *bucket*. Berdasarkan posisi alat muat dan alat angkut, pola pemuatan yang digunakan adalah *top loading* dan *bottom loading*. Ketika posisi *excavator* lebih tinggi dari *dump truck* atau bisa disebut sebagai pola pemuatan *top loading* memudahkan bagi

*operator* untuk lebih leluasa dalam proses pemuatan, dengan demikian waktu edar dari alat muat akan lebih kecil. Sedangkan dalam pola pemuatan *bottom loading* posisi alat muat berada di bawah alat angkut sehingga *operator* alat muat tidak leluasa dalam melakukan pemuatan, dengan demikian waktu edar alat muat akan lebih besar.

#### B. Kondisi Material

Kondisi material di lapangan harus disesuaikan dengan permintaan pasar mengenai ukuran material yang diinginkan, sehingga alat muat perlu memilih material berdasarkan ukuran yang dibutuhkan oleh pasar dan tentunya ini membutuhkan waktu khusus sebelum dilakukan pemuatan supaya ketika alat angkut sudah siap dalam posisi *loading*, material yang diinginkan pun sudah siap untuk dimuatkan.

Untuk membantu dalam menghancurkan material di lapangan alat muat dibantu dengan alat *breaker* Caterpillar seperti yang dapat dilihat pada gambar 11. Material dalam kondisi *bank* pada *front* dihancurkan dengan cara ditumbuk oleh ujung *breaker* kemudian hasil pecahannya dimuatkan oleh *excavator*.



**Gambar 11.** Alat Mekanis *Breaker* Caterpillar (Pengambilan Data, 2021)

#### C. Efisiensi Kerja

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh efisiensi kerja *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X sebesar 81,9%. Efisiensi kerja yang didapatkan dari kinerja *Excavator* Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X dapat dikategorikan baik. Meski demikian, untuk waktu kerja dapat dioptimalkan lagi dengan cara memperkecil waktu hambatan-hambatan kerja.

#### D. Manusia

Penyebab tidak tercapainya target produksi dari faktor manusia antara lain:

- 1) Kurangnya kedisiplinan dan motivasi kerja selama pada jadwal kerja yang telah ditentukan.
- 2) Kurangnya pemahaman operator alat gali-muat maupun operator alat angkut terhadap target produktivitas yang harus dicapai.
- 3) Kurangnya komunikasi antara operator alat muat dan alat angkut saat hendak melakukan pemuatan.

#### E. Delay Time

*Delay Time* adalah waktu tunggu alat baik itu alat muat maupun alat angkut untuk dapat melakukan pemuatan. Faktor penyebab terjadinya *delay time* ialah:

- 1) Menunggu alat angkut, hal ini dikarenakan belum adanya alat angkut yang berada di *loading point* untuk melakukan proses pemuatan
- 2) Material yang dipesan belum tersedia baik secara volume maupun secara karakteristik material yang diminta.
- 3) Pergantian posisi alat angkut, karena berdasarkan posisi alat muat terhadap *front*

pola pemuatan dilakukan dengan cara *Single Spotting / Single Truck Back Up*, maka membutuhkan waktu untuk alat angkut bergantian posisi ketika alat angkut pertama sudah terisi penuh dan kemudian alat selanjutnya memposisikan pada *spot loading*.

### 5.10. Upaya Meningkatkan Produktivitas

#### A. Perbaikan Efisiensi Kerja

**Tabel 13.** Rekomendasi Peningkatan Waktu Kerja Efektif

Hambatan Kerja	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Terlambat Datang Bekerja	18,1	10
Istirahat Lebih Awal	14,8	0
Terlambat Bekerja Setelah Istirahat	9,2	0
Berhenti Bekerja Terlalu Awal	12,8	0
Pengisian Bahan Bakar dan Pemanasan Alat	13,8	10
Gangguan cuaca	6,5	6,5
Pemeriksaan Alat	19,9	15
<b>Total Waktu Hambat (menit/hari)</b>	<b>95,1</b>	<b>51</b>
<b>Waktu Kerja Efektif (jam/hari)</b>	<b>7,17</b>	<b>7,9</b>
<b>Efisiensi Kerja (%)</b>	<b>81,94</b>	<b>90,29</b>

Berdasarkan tabel 13, setelah dilakukan perbaikan kondisi kerja terlihat waktu kerja efektif meningkat dari 7,17 jam/hari menjadi 7,9 jam/hari. Sehingga efisiensi kerja meningkat dari 81,94% menjadi 90,29%. Hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi kerja proses gali-muat setelah perbaikan sudah cukup baik.

#### B. Optimalisasi Alat Dengan Metode *Top Loading*

Upaya optimalisasi *excavator* yang ada dengan mengkombinasikan kedua unit dengan menggunakan metode *top loading* disertai dengan perbaikan pengurangan waktu edar dan meningkatkan efisiensi kerja, maka didapat

produksi optimal dari kedua unit alat angkut ialah :

$$P = \frac{0,8 \text{ m}^3 \times 0,75 \times 0,58 \times 0,90 \times 3600/\text{jam}}{29,7 \text{ s}}$$

$$P = 37,96 \text{ BCM/jam}$$

Dengan densitas batu alam dan trass sebesar 2600 kg/m<sup>3</sup> dan jumlah *excavator* sebanyak 2 unit, maka dapat produksi sebagai berikut :

$$\text{Produksi/jam} = 37,96 \text{ BCM/jam} \times 2600 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ unit}$$

$$\text{Produksi/jam} = 197.392 \text{ kg/jam} = 197,39 \text{ ton/jam}$$

#### C. Membuat SOP Kerja

Menurut BPKP (2011), SOP bukan sekedar aturan, melainkan pedoman yang membantu proses pengembangan perusahaan. SOP juga memudahkan kita untuk bekerja dan bersinergi secara maksimal antara satu karyawan dengan karyawan lainnya apabila dengan baik. Hal ini tentunya dapat memberikan nilai tambah bagi perusahaan.

**Tabel 4.13** Rekomendasi SOP

<b>Tujuan</b>	
1.	Menyediakan material sesuai permintaan pelanggan
2.	Menciptakan lingkungan kerja yang produktif
<b>Prosedur Kerja</b>	
1.	Jam 07.00 pagi semua pekerja sudah harus sampai di site.
2.	Persiapan dan pengecekan alat.
3.	Jam 07.30 semua pekerja harus sudah mulai bekerja sesuai jobdesk masing-masing.
4.	Jam 12.00 semua pekerja diperbolehkan untuk istirahat, sholat dan makan.
5.	Jam 13.00 semua pekerja sudah harus di posisinya kembali untuk melanjutkan pekerjaannya masing-masing.
6.	Jam 15.00 semua pekerja yang beragama islam sholat Ashar.
7.	Jam 16.45 semua pekerja diperbolehkan untuk persiapan pulang.
8.	Jam 17.00 semua pekerja boleh pulang untuk meninggalkan site.

#### D. Pemberian *Reward and Punishment*

Sebuah *reward* merupakan bentuk penghargaan bagi karyawan yang memiliki hasil kerja baik. Lain halnya apabila seorang karyawan melakukan kesalahan, maka mereka harus bisa ditegur agar tidak mengulangi kesalahan yang sama pada kemudian hari. Itulah salah satu contoh kecil fungsi adanya *reward and punishment* terhadap kinerja karyawan.

Kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) yang unggul sangat dibutuhkan dalam perusahaan sehingga perlu adanya upaya untuk meningkatkan kinerja karyawan. Karyawan adalah manusia biasa, oleh karenanya mereka tetap membutuhkan pengakuan. Maka disetiap tindakan mereka perlu diperhatikan, jika memang karyawan salah maka harus ada *punishment* yang jelas begitupun ketika karyawan melakukan pekerjaan yang baik maka mereka berhak mendapatkan *reward*. Dengan demikian mereka akan termotivasi untuk menjadi lebih baik lagi.

## 6. PENUTUP

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan perhitungan dari bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Produktivitas Alat Gali-Muat Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X tahun 2012 dengan metode *top loading* sebesar 34,36 BCM/jam dan 31,61 BCM/jam untuk *bottom loading*. Sedangkan produktivitas Alat Gali-Muat Kobelco SK 200 Acera Geospec Super-X tahun 2014 dengan metode *top loading* sebesar 34,59 BCM/jam dan 30,39 BCM/jam untuk

*bottom loading*. Dapat dilihat bahwa proses pemuatan dengan pola pemuatan *top loading* lebih produktif dibandingkan dengan menggunakan pola pemuatan *bottom loading*.

2. Faktor-faktor penyebab tidak tercapainya target produksi adalah sebagai berikut :
  - a. Kondisi material yang memiliki ukuran beragam, sehingga alat muat perlu memilah terlebih dahulu sesuai dengan permintaan pemesanan.
  - b. Hambatan kerja yang terlalu besar sehingga menyebabkan efisiensi kerja menurun
  - c. Kurangnya kedisiplinan dan motivasi kerja selama pada jadwal kerja yang telah ditentukan.
  - d. Kurangnya pemahaman operator alat gali-muat maupun operator alat angkut terhadap target produktivitas yang harus dicapai.
  - e. Kurangnya komunikasi antara operator alat muat dan alat angkut saat hendak melakukan pemuatan.
  - f. Menunggu alat angkut, hal ini dikarenakan belum adanya alat angkut yang berada di *loading point* untuk melakukan proses pemuatan.
  - g. Material belum tersedia, yaitu alat angkut yang sudah tiba di lokasi dan sudah siap dilakukan pemuatan, namun material yang dipesan belum tersedia baik secara volume maupun secara karakteristik material yang diminta.
  - h. Pergantian posisi alat angkut, karena berdasarkan posisi alat muat terhadap

*front* pola pemuatan dilakukan dengan cara *Single Spotting / Single Truck Back Up* baik dalam *top loading* maupun *bottom loading*, sehingga membutuhkan waktu untuk alat angkut bergantian posisi ketika alat angkut pertama sudah terisi penuh dan kemudian alat selanjutnya memposisikan pada *spot loading*, maka selama bergantian posisi *loading* itulah terjadi *delay time*.

3. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ialah:
  - a. Meningkatkan efisiensi kerja dengan cara menekan waktu hambat kerja terutama hambatan kerja yang dapat dihindari. Rekomendasi peningkatan efisiensi kerja menunjukkan adanya peningkatan waktu kerja efektif dari 7,16 jam/hari menjadi 7,9 jam/hari. Sehingga efisiensi kerja meningkat dari 81,83% menjadi 90,29%.
  - b. Optimalisasi alat muat yang tersedia dengan mengkombinasikan kedua unit menggunakan pola pemuatan *top loading* dan perbaikan efisiensi kerja, maka didapat nilai produktivitas sebesar 37,96 BCM/Jam dari sebelumnya yang hanya 34,59 BCM/Jam paling besar.
  - c. Pembuatan SOP untuk membantu proses pengembangan perusahaan. SOP juga memudahkan kita untuk bekerja dan bersinergi secara maksimal antara satu karyawan dengan karyawan lainnya apabila dengan baik.

- d. Memberikan *reward and punishment* bagi kinerja karyawan. Karyawan adalah manusia biasa, oleh karenanya mereka tetap membutuhkan pengakuan. Maka disetiap tindakan mereka perlu diperhatikan, jika memang karyawan salah maka harus ada *punishment* yang jelas begitupun ketika karyawan melakukan pekerjaan yang baik maka mereka berhak mendapatkan *reward*. Dengan demikian mereka akan termotivasi untuk menjadi lebih baik lagi.

## 6.2. Saran

Saran yang dapat penulis ajukan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan perawatan rutin terhadap alat mekanik guna menghindari kerusakan berat pada alat yang akan menghambat laju produksi nantinya.
2. Menjalankan SOP perusahaan dengan baik disertai dengan pengawasan langsung guna meningkatkan performa perusahaan hingga mencapai hasil yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baguski S, N. (Banjarbaru). Modul Ajar dan Praktikum Pemindahan Tanah Mekanis. Banjarbaru: Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat.
- Bemmelen, R. V. (1949). *The Geology of Indonesia*. Economic Geology.
- Djuri. (1995). *Peta Geologi Lembar Arjawinangun*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

- Indonesianto, Y. (2008). *Pemindahan Tanah Mekanis*. In J. T. pertambangan. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Jabarprov. (2017). *Kota Cirebon - Pemerintah Provinsi Jawa Barat*. Cirebon.
- Kadir, E. (2008). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Palembang: Fakultas Teknik UNSRI.
- Kaufman, W. W., & Ault, J. C. (n.d.). *Design of Surface Mine Haulage Roads - A Manual*. United States Departemen of The Interior.
- Komatsu. (2006). *Specifications and Application Handbook Edition 27*. Komatsu.
- Lumbanbatu, S. H. (n.d.). Analisis Bentang Alam Kuarter Daerah Cirebon Berdasarkan Genesanya. *Geo-Science*.
- P, P. E. (n.d.). Surface Mining. In *1st Edition*. USA: The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York.
- P.H Silitonga, M. M. (1996). Peta Geologi Lembar Cirebon, Jawa Barat.
- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (n.d.). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill.
- Prodjosumarto, P. (1989). *Pemindahan tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung.
- Pulunggono, & Martdjojo. (1994). Peta Struktur Pulau Jawa dan Sekitarnya.
- Rochmandi. (1986). *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*. Jakarta: YBPPU.