

# Optimalisasi Peralatan Tambang *Komatsu HD 785* dan *Caterpillar 6030 BH* Menggunakan Metode *Quality Control Circle* Untuk Memenuhi Target Produksi Batu Gamping Pada PT. Semen Padang (Persero) Tbk.

M. Fadly<sup>1\*</sup>, Dedi Yulhendra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

[\\*m.fadly382@gmail.com](mailto:*m.fadly382@gmail.com)

**Abstract.** The process of loading and hauling limestone at PT. Semen Padang from the mining front to the crusher uses a combination of Caterpillar 6030 BH Excavator and Komatsu 785 Dump Truck mining equipment. Limestone production target in August 2018 is 853,984 tons. This study uses the QCC method to increase the productivity of mining equipment. In the actual achievement before the increase in productivity of the digging equipment was 80,4 % and transport equipment 72,1 % of the production target in August 2018. Based on the Pareto analysis the main problem and the dominant cause of not optimal productivity of mining equipment was the amount of work time wasted 84,5 hours / month for loading and unloading equipment and 102.88 hours / month for conveyance from available work time. By improving the wasted work time with the QCC method productivity increases to around 22,2 % for loading and hauling equipment 28 % of actual productivity. After increasing the time wasted to 27.97 hours / month for loading and unloading equipment and 28.7 hours / month of conveyance.

**Keywords:** Excavator, Dump Truck, Produktivity, Quality Control Circle, Pareto.

## 1. Pendahuluan

PT Semen Padang merupakan pabrik semen pertama di Indonesia, berdiri sejak 1910. PT Semen Padang memperoleh bahan utama pembuatan semen yaitu batu gamping dari kuari penambangan batu gamping di Bukit Karang Putih yang terletak di Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kotamadya Padang. Kegiatan pertambangan batu gamping tersebut juga berperan sebagai tambang terbesar di Sumatera Barat. Perusahaan merencanakan target produksi tiap bulannya untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Salah satu yang sangat berpengaruh dalam mencapai target produksi adalah pemilihan peralatan produksi yang tepat. Peralatan yang digunakan untuk pemuatan dan pengangkutan pada PT. Semen Padang adalah *Excavator Caterpillar 6030 BH* dan *Dump Truck Komatsu 785*.

Dalam pemenuhan target produksi maka perlu menggunakan peralatan seefektif mungkin. Kondisi ideal dalam proses pemuatan dan pengangkutan batu gamping sangat sulit dicapai. Akan tetapi hal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan optimalisasi terhadap alat

gali muat dan alat angkut. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan metode *Quality Control Circle*.

Peralatan produksi pada operasi penambangan merupakan salah satu sarana yang vital untuk menunjang target produksi yang telah ditentukan perusahaan. Pada site Penambangan Bukit Karang Putih ditargetkan produksi sebesar 853.984 ton di Bulan Agustus 2018. Kesesuaian antara alat mekanis gali – muat dan angkut sangat dibutuhkan untuk mencapai target tersebut. Di samping itu, faktor-faktor hambatan juga akan berperan dalam menghambat kegiatan produksi batu gamping.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Kesampaian Lokasi Penelitian

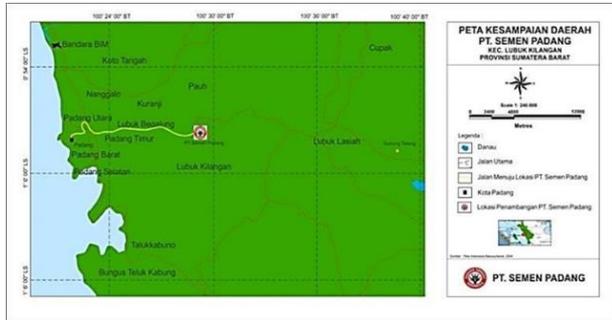
Lokasi penambangan PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih terletak di Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kabupaten Indarung, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi koordinatnya adalah 100°28'4" BT sampai 100°30'15" BT dan 0°57'40" LS sampai 0°58'56" LS.

Lokasi Penambangan PT. Semen Padang dapat ditempuh dengan kendaraan roda 2 atau roda 4 dengan jarak ± 40 km dengan waktu tempuh ± 1,5 jam dari Bandar Udara Internasional Minangkabau.

Berikut ini merupakan batas daerah lokasi penambangan:

- a. Batas Sebelah Utara : Kecamatan Pauh
- b. Batas Sebelah Selatan : Kecamatan Lubuk Kilangan
- c. Batas Sebelah Barat : Kota Padang
- d. Batas Sebelah Timur : Kabupaten Solok

Peta kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. Semen Padang

## 2.2 Iklim dan Curah Hujan

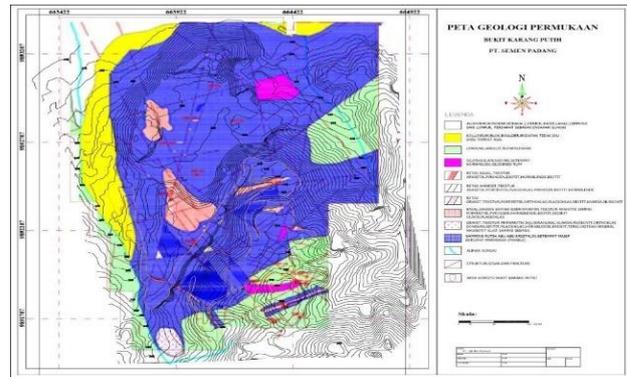
Suhu udara di Kota Padang cukup tinggi, yaitu antara 23 °C – 32 °C pada siang hari dan 22 °C – 28 °C pada malam hari, dengan kelembabannya berkisar antara 78 % – 81 %. Untuk suhu di perairan relatif stabil sepanjang tahun berkisar antara 28 °C – 29 °C, sedangkan pada kedalaman laut 7 – 10 meter suhu berkisar 25 °C. Begitu juga suhu perairan pulau-pulau kecil rata-rata mencapai 28 °C – 30 °C.

Sementara kondisi iklim perairan pesisir Kota Padang juga dipengaruhi oleh Samudera Hindia yang dicirikan dengan adanya Angin Muson dan curah hujan yang tinggi sekitar 2,816.7 – 4,487.9 mm per tahun. Berdasarkan data curah hujan kota Padang tahun 2007 - 2016, curah hujan rata-rata bulanan sebesar 363.24 mm/bulan dan rata-rata jumlah hari hujan per bulan adalah 15 hari.<sup>[1]</sup>

## 2.3 Keadaan Geologi

### 2.3.1 Morfologi

Secara umum morfologi daerah Bukit Karang Putih termasuk ke dalam perbukitan lemah - kuat dan *karst* dengan kemiringan lereng 20<sup>0</sup> - 65<sup>0</sup>. Daerah Bukit Karang Putih mempunyai luas kurang lebih 1 x 1.5 km<sup>2</sup>, dengan daerah perbukitan yang terjal, terletak pada ketinggian 150 mdpl - 560 mdpl, yang didominasi oleh litologi batu lempung yang telah mengalami perubahan menjadi batu lempung tufa (batu lempung kersikan) terdapat di tenggara - selatan daerah penelitian, secara menjadi diendapkan batuan vulkanik. Disamping itu dijumpai batuan terobosan yang berkomposisi basaltis. Untuk peta geologi permukaan Bukit Karang Putih PT. Semen Padang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Peta Geologi Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

### 2.3.2 Stratigrafi

Struktur yang berkembang di Provinsi Sumatera Barat adalah struktur perlipatan (*antiklinorium*) dan struktur sesar dengan arah umum barat laut – tenggara, yang mengikuti struktur regional Pulau Sumatera. Kondisi stratigrafi dari struktur geologi Sumatera Barat adalah sebagai berikut :

- a. Kelompok Pra Tersier : kelompok ini mencakup masa *Paleozoikum - Mesozoikum*, dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange, kelompok batuan malihan; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
- b. Kelompok batuan ultrabasa Pra Tersier disusun oleh batuan harzburgit, dunit, serpentinit, gabro dan basalt.
- c. Kelompok Melange Pra Tersier merupakan kelompok batuan campur aduk yang disusun oleh batu hijau, *graywake*, tufa dan batugamping termetakan, rijang aneka warna. Kelompok batuan malihan Pra Tersier disusun oleh batuan sekis, filit, kwarsit, batusabak, batugamping termetakan.
- d. Kelompok batuan sedimen Pra Tersier yang didominasi oleh batugamping hablur sedangkan kelompok batuan terobosan Pra Tersier disusun oleh granit, diorit, granodiorit, porfiri kuarsa, diabas dan basalt.
- e. Kelompok transisi Pra Tersier – Tersier Bawah yang merupakan kelompok batuan terobosan yang terdiri dari batuan granodiorit dan granit.
- f. Kelompok Tersier dipisahkan menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange; kelompok batuan sedimen; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan. Kelompok batuan ultrabasa Tersier disusun oleh batuan serpentinit, piroksenit dan dunit.
- g. Kelompok batuan melang Tersier yang merupakan batuan campur aduk disusun oleh *graywake*, serpih, konglomerat, batupasir kwarsa, arkose, serpentinit, gabro, lava basalt dan batusabak.
- h. Kelompok batuan sedimen Tersier disusun oleh konglomerat, aglomerat, batulanau, batupasir, batugamping, breksi dan napal.
- i. Kelompok batuan gunungapi Tersier disusun oleh batuan gunungapi bersifat andesitik-basaltik, lava basalt sedangkan kelompok batuan terobosan Tersier

terdiri dari granit, granodiorit, diorit, andesit porfiritik dan diabas.

- j. Kelompok transisi Tersier – Kwartar (Plio-Plistosen) dapat dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen; kelompok batuan gunungapi dan kelompok batuan terobosan.
- k. Kelompok batuan sedimen Plio-Plistosen disusun oleh konglomerat polimik, batupasir, batulanau dan perselingan antara napal dan batupasir.
- l. Kelompok batuan gunungapi Plio-Plistosen disusun oleh batuan gunungapi andesitik-basaltik, tufa, breksi dan endapan lahar sedangkan kelompok batuan terobosan Plio-Plistosen terdiri dari riolit afanitik, retas basalt dan andesit porfir.
- m. Kelompok Kwartar dipisahkan menjadi kelompok batuan sedimen; batuan gunungapi dan aluvium.

Kolom bahan galian bukit karang putih dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

KOLOM GEOLOGI BAHAN GALIAN BUKIT KARANG PUTIH				
UNIT BATUAN	TEBAL RATA-RATA (M)	SIMBOL BATUAN	PEMERIAN	SUMBER BAHAN
ENDAPAN RESEN	0,8 – 3,0		MATERIAL TIMUNAN – URUGAN	
ENDAPAN VOLKANIK	0,4 – 2,5		LEMPUNG RESIDU / SOIL	ALUMINA AL2O3
	13,6		TUFA	SILIKA (SiO2)
BATUAN METASEDIMEN DAN METAMORF	68,9		TUFA KERSIKAN TEKTONIK DEPOSIT (BAHAN ROMBAKAN)	
	± 360		BATUGAMPING – MARMER	KAPUR CaO, MgO
	> 500		BATULEMPUNG TUFAAN (BATUAN KERSIKAN)	SILIKA (SiO2)

**Gambar 3.** Kolom Geologi Bahan Galian Bukit Karang Putih

### 2.3.3 Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan batu gamping di Bukit Karang PT. Semen Padang menerapkan sistem penambangan terbuka. Metode penambangan yang digunakan adalah penambangan *side hill quarry* yang merupakan metode penambangan bahan galian pada daerah perbukitan. Kegiatan penambangan batugamping di PT. Semen Padang dimulai dari kegiatan penyiapan lahan atau *land clearing*, aktivitas pengeboran dan peledakan, aktivitas pemuatan dan pengangkutan, dilanjutkan dengan *aktivitas crushing dan conveying*.

## 2.4 Kajian Teoritis

### 2.4.1 Batu Gamping (Limestone)

Batu gamping merupakan batuan sedimen yang terdiri dari mineral *kalsit* dan *aragonit* dan merupakan dua varian yang berbeda dari  $CaCO_3$  (*kalsium karbonat*). Pembentukannya dapat terjadi secara mekanik, kimia dan organik. Batugamping mudah larut dalam air dan warna batu ini umumnya putih keabu-abuan.

Berat jenis (*densitas*) yang terdapat di batugamping berkisar antara 2.2 – 2.4 ton/bcm, sedangkan berat loose berkisar antara 1.5 – 1.8 ton/lcm<sup>2,3</sup>.

Klasifikasi batu gamping dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Klasifikasi Batu Gamping Berdasarkan Kadar MgO (Dolomit)

Nama Batuan	Kadar Dolomit	Kadar MgO (%)
Batu gamping	0 – 5	0,1 – 1,1
Batu gamping bermagnesium	5,0 – 10	1,1 – 2,2
Batu gamping dolomitan	10,0 – 50,0	2,2 – 10,9
Dolomit berkalsium	50 – 90	10,9 – 19,7
Dolomit	90 – 100	19,7 – 21,8

### 2.4.2 Pengertian Produksi

Produksi adalah laju material yang dapat dipindahkan atau dialirkan persatuan waktu (biasanya per jam). Umumnya pemindahan material dihitung berdasarkan volume ( $m^3$ ), sedangkan pada tambang biasanya dinyatakan dalam ton. Mengetahui prinsip elemen-elemen produksi penting artinya karena tidak diinginkan adanya kesalahan estimasi produksi alat<sup>[4,5]</sup>.

### 2.4.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Alat

Produksi dari alat muat dan alat angkut adalah kemampuan yang paling optimum yang dapat dicapai oleh alat-alat tersebut dengan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhinya, baik faktor alam maupun faktor manusia<sup>[4,5,6]</sup>.

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat muat dan angkut:

#### a. Kondisi *Front* Kerja

Medan kerja sangat berpengaruh, karena apabila medan kerja buruk akan mengakibatkan peralatan mekanis sulit untuk dapat dioperasikan secara optimal. Tempat kerja tidak hanya harus memenuhi syarat bagi pencapaian sasaran produksi, tetapi juga harus aman bagi penempatan alat beserta mobilitas pekerja yang berada disekitarnya. Tempat kerja yang luas akan memperkecil waktu edar alat karena ada cukup tempat untuk berbagai kegiatan, seperti keleluasaan tempat untuk berputar, mengambil posisi sebelum melakukan kegiatan sebelum pemuatan maupun untuk tempat penimbunan sehingga kondisi tempat kerja menentukan pola pemuatan yang akan ditetapkan<sup>[5,6]</sup>.

#### b. Pola Pemuatan

Pola pemuatan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi waktu edar alat untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran produksi. Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi

lapangan operasi pengupasan serta alat mekanis yang digunakan dengan asumsi bahwa setiap alat angkut yang datang, bucket alat gali muat sudah terisi penuh dan siap ditumpahkan.

Alat angkut yang telah terisi penuh segera keluar dan dilanjutkan dengan alat angkut lainnya, sehingga tidak terjadi waktu tunggu pada alat angkut maupun alat gali muatnya. Pola pemuatan dapat dilihat dari beberapa keadaan yang ditunjukkan alat gali muat dan alat angkut, yaitu<sup>[3,4,5,6]</sup>:

- Pola pemuatan yang didasarkan pada keadaan alat gali muat yang berada di atas atau di bawah jenjang.
- Pola pemuatan berdasarkan jumlah penempatan posisi alat angkut untuk dimuati terhadap posisi alat gali muat.
- Pola pemuatan berdasarkan cara manuvernya.

- c. *Altitude of Elevation* (ketinggian daerah dari permukaan laut)

Perubahan kadar oksigen dalam udara akan berpengaruh terhadap horse power mesin dari suatu alat yang beroperasi pada suatu daerah dengan ketinggian tertentu. Makin tinggi suatu daerah kerja semakin berkurang presentase oksigen, maka tenaga alat yang tersedia makin berkurang (harus dikoreksi) untuk kenaikan 1000 ft yang kedua. Besarnya penurunan tenaga tergantung dari sistem pengisapan udara dari segi mesin pada alat tersebut<sup>[3,4,5,6]</sup>.

- d. Faktor efisiensi

Nilai keberhasilan suatu pekerjaan sangat sulit ditentukan secara tepat karena mencakup beberapa faktor seperti faktor manusia, mesin dan kondisi kerja. Nilai keberhasilan dari suatu pekerjaan dipengaruhi oleh efisiensi waktu, efisiensi kerja atau kesediaan alat untuk dioperasikan dan efisiensi operator<sup>[4,5,6]</sup>.

- e. *Swell Factor*

Material di alam diperoleh dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga kandungan rongga yang berisi udara atau air antar butir dalam material di alam tersebut sangat sedikit. Sehingga apabila material yang berada di alam tersebut terbongkar, maka akan terjadi pengembangan volume (swell). Besarnya pengembangan volume tersebut dikenal istilah yaitu swell factor<sup>[5,6]</sup>.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus tahun 2018. Lokasi penelitian di PT. Semen Padang (persero) Tbk, Padang, Sumatera Barat.

### 3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenis data yang diperoleh maka teknik analisis data menggunakan data kuantitatif, yaitu dengan mengolah kemudian disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Untuk mempersentasikan hasil pengolahan data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis data statistik dan persentasi<sup>[7]</sup>.

Metode penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel yang umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan<sup>[7]</sup>.

### 3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer yaitu data *cycle time* alat excavator Caterpillar 6030 BH, dan Dump Truck Komatsu 785-7. Kemudian data sekunder berupa peta lokasi kegiatan, spesifikasi alat, waktu hambatan excavator, target produksi batu gamping, dan jam kerja alat.

### 3.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh diolah dengan menggunakan perhitungan, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, diagram atau perhitungan penyelesaian.

#### 3.3.1 Match Factor

Faktor keserasian merupakan angka yang digunakan untuk menentukan tingkat keselarasan antara alat muat dengan alat angkut. Angka tersebut dapat ditentukan dengan rumus<sup>[3,4,5,6,7]</sup>:

$$MF = \frac{nH \times CI \times lp}{nL \times Ch} \quad (1)$$

Keterangan :

nH= Jumlah alat angkut

CI = Waktu edar alat muat (detik)

Lp = Jumlah pengisian

nL = Jumlah alat muat

Ch = Waktu edar alat angkut (detik)

#### 3.3.2 Perhitungan Produktivitas

Pemuatan merupakan proses pemuatan material hasil galian oleh alat gali muat yang dimuatkan pada alat angkut. Ukuran dan tipe dari alat muat yang dipakai harus sesuai dengan kondisi lapangan dan keadaan alat angkutnya. Perhitungan produktivitas alat mekanis dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat mekanis. Semakin baik tingkat penggunaan alat maka semakin besar produktivitas yang dihasilkan alat tersebut<sup>[8,9,10]</sup>.

Faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah segala sesuatu yang memungkinkan untuk mempengaruhi pengaruh kondisi kerja. Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil kerja

(keberhasilan) suatu alat pemindahan tanah mekanis adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat berat yang digunakan. Oleh sebab itu usaha dan upaya untuk dapat mencapai produksi yang tinggi selalu menjadi perhatian yang khusus (*serious*)<sup>[3,4,5,6,1]</sup>.

Produktivitas alat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor dari material, faktor pengembangan, faktor pengisian *bucket*, waktu edar, ketersediaan alat mekanis, keadaan jalan angkut, efisiensi kerja, dan waktu kerja efektif<sup>[3,4,5,6,1]</sup>.

#### a. Produktivitas Alat Gali Muat

$$Q = q \times E \times \frac{3600}{Ct} \times SF \times Db \quad (2)$$

$$q = q1 \times k \quad (3)$$

Keterangan :

- Q = Produksi perjam alat muat (ton/jam)
- q = Produksi alat muat persiklus (m<sup>3</sup>)
- q1 = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
- k = *Bucket fill factor* (%)
- Ct = *Cycle time* (detik)
- E = Efisiensi kerja (%)
- SF = *Swell factor*
- Db = *Density bank* (ton/m<sup>3</sup>)

#### b. Produktivitas Alat Angkut

$$Q = q \times E \times \frac{60}{Ct} \times SF \times Db \times M \quad (4)$$

Keterangan :

- Q = Produktivitas alat (ton/jam)
- q = Produksi persiklus (q = n x q1 x k) (m<sup>3</sup>)
- n = Jumlah *bucket*
- q1 = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
- k = *Bucket fill factor* (%)
- E = Efisiensi kerja alat (%)
- Ct = Waktu edar (menit)
- SF = *Swell factor*
- Db = *Density bank* (ton/m<sup>3</sup>)
- M = Jumlah alat angkut

### 3.3.3 Perhitungan Ketersediaan Alat

Beberapa hal yang menunjukkan keadaan alat mekanis dan efisiensi pada penggunaannya antara lain<sup>[8]</sup>:

#### a. *Availability Index* atau *Mechanical Availability*

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut<sup>[4,5,6,7]</sup>:

$$M.A = ((W)/(W+R)) \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

- W = *Working Hours*, atau jumlah jam kerja alat
- R = *Repair Hours*, atau jumlah jam perbaikan

#### b. *Physical Availability* atau *Operational Availability*

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan.

Persamaannya adalah<sup>[4,5,6,7]</sup>:

$$P.A = ((W+S)/(W+R+S)) \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

- S = *Standby Hours* atau jumlah jam dalam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat itu tidak rusak dan dalam keadaan siap beroperasi.
- W + R + S = *Schedule Hours* atau jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.
- Tingkat efisiensi dari sebuah alat mekanis naik jika angka *physical availability* mendekati angka *availability index*.

#### c. *Use of Availability*

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan.

Persamaannya adalah<sup>[4,5,6,7]</sup>:

$$U.A = ((W)/(W+S)) \times 100\% \quad (7)$$

Angka *use of availability* biasanya dapat menjelaskan seberapa efektif suatu alat yang sedang tidak rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan (*management*) peralatan yang dipergunakan.

#### d. *Effective Utilitization*

*Effective Utilitization* sebenarnya sama dengan pengertian efisiensi kerja.

Persamaannya adalah<sup>[4,5,6,7]</sup>:

$$E.U = ((W)/(W+R+S)) \times 100\% \quad (8)$$

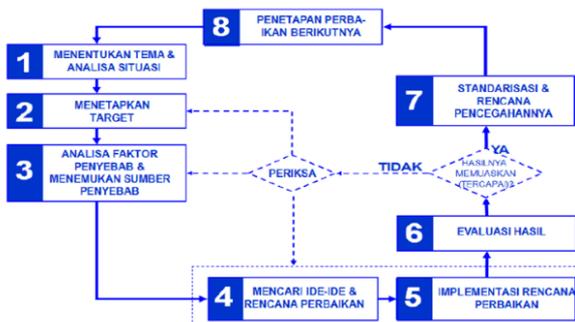
## 3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan metode *Quality Control Circle* (QCC), menentukan faktor penyebab menggunakan diagram paretto serta mengelompokkan faktor paling berpengaruh kemudian membuat simulasi penyelesaian dari hasil ide perbaikan<sup>[11,12,13,14,15]</sup>.

### 3.4.1 Metode Quality Control Circle (QCC)

#### a. Pengertian Quality Control Circle (QCC)

Quality Control Circle (QCC) adalah kelompok kecil yang secara kontinyu melakukan pertemuan untuk melakukan pengendalian dan perbaikan kualitas produk, jasa, proses kerja, dengan menggunakan konsep, tool dan teknik pengendalian kualitas. Kelompok ini terdiri dari 3-10 anggota yang berasal dari kelompok *workshop/sub divisi* dan *supervisor* yang sama. Selama pertemuan setiap anggota memiliki kesempatan untuk memberikan ide-ide perbaikan. QCC melakukan perbaikan terus menerus sejak proses input hingga menghasilkan output menggunakan konsep *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) atau yang dikenal dengan Siklus Deming<sup>[11,12,13,14,15]</sup>.



**Gambar 4. 8 Langkah Pemecahan Masalah Dengan Metoda QCC**

Langkah pertama, identifikasi masalah dan pengumpulan data. Ini adalah tahap pertama QCC / GKM. Di tahap ini umumnya setiap anggota gugus diminta mengungkapkan apa saja masalah yang mereka alami di lingkungan kerja mereka. Masalah yang diungkapkan bisa dari proses maupun hasil pekerjaan mereka sendiri. Lihatlah catatan historis yang merekam berapa kali masalah tersebut terjadi. Lakukan hal yang sama untuk tiap masalah yang diungkapkan anggota gugus, kemudian beri bobot masing – masing.

Langkah kedua, menetapkan tema dan target. Pilih salah satu dari masalah yang muncul berdasarkan pembobotan yang sudah disepakati bersama. Kemudian tentukan target perbaikan untuk masalah tersebut. Target yang dibuat harus bersifat spesifik, terukur, dan ada jangka waktunya.

Langkah ketiga, analisa sebab akibat. Kemudian masalah yang diambil tersebut di telusuri penyebabnya berdasarkan kategori manusia, mesin, metode, dan material hingga ditemukan sebab utama dari tiap kategori. Uraikan terus penyebab hingga yang paling dulu terjadi, akan tetapi jangan sampai menyentuh area tanggung

jawab proses sebelumnya, karena itu sudah berada di luar lingkup pekerjaan anda.

Langkah keempat, merancang rencana perbaikan. Setelah mengetahui sebab utama dari tiap masalah, tentu anda bisa merancang rencana perbaikan. Usahakan sebisa mungkin membuat rencana perbaikan yang mengakomodasi semua sebab utama yang ditemukan saat melakukan analisis sebab. Rencana perbaikan harus memuat aktivitas, penanggung jawab, dan waktu pelaksanaan perbaikan.

Langkah kelima, pelaksanaan perbaikan. Setelah rancangan rencana perbaikan dibuat, maka segeralah lakukan perbaikan sesuai rencana perbaikan yang sudah disepakati dan dibahas dengan matang oleh semua anggota gugus. Catat setiap perubahan hasil dari perbedaan proses yang diaplikasikan.

Langkah keenam, evaluasi hasil. Selanjutnya anda bandingkan kondisi proses dan hasil antara sebelum dan sesudah perbaikan. jika setelah perbaikan hasil memang lebih baik, ambil proses yang berubah untuk distandarkan. Jika masih belum, lakukan ulang langkah merancang rencana perbaikan dan implementasi perbaikan. Lanjutkan kembali dengan evaluasi hasil.

Langkah ketujuh, standarisasi. Setelah langkah perbaikan yang dilakukan sudah diperiksa dan bisa mengatasi penyebab masalah yang dihadapi, langkah berikutnya perlu dibuatkan standarisasi yang bisa dijadikan acuan kerja di lokasi kerja gugus dan ditujukan pula untuk mencegah masalah yang muncul sebelumnya akan terulang lagi. Jika perlu standarisasi ini juga bisa disebarluaskan kepada lokasi kerja yang lain yang sejenis dengan lokasi kerja gugus. Standarisasi yang dibuat bisa meliputi standar untuk cara kerja (metode), manusia (operator/mekanik), material, mesin dan lingkungan kerja.

Langkah kedelapan, menentukan langkah selanjutnya. Bahwa dasar QCC / GKM adalah siklus PDCA, untuk itu langkah terakhir adalah menentukan langkah selanjutnya. Berarti, perbaikan di tempat tersebut tidak hanya berhenti disitu, melainkan selalu berkesinambungan. Pahami pengertian gugus kendali mutu tidak hanya sebatas sebagian – sebagian saja, melainkan secara keseluruhan. Dengan memahami pengertian QCC / GKM secara menyeluruh, diharapkan kualitas hasil produk ataupun jasa semakin baik dari waktu ke waktu<sup>[14,15,16,17,18]</sup>.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan untuk penambang batu gamping pada PT. Semen Padang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Peralatan Yang Digunakan

Jenis Alat	Jumlah	Target Produksi
<i>Caterpillar 6030 BH</i>	1	853.984 Ton
<i>Komatshu HD 785-7</i>	4	

### 4.2 Jadwal Kerja

Berikut adalah rencana jadwal kerja pada PT. Semen Padang (Persero) Tbk setiap harimya, seperti yang terlihat pada Tabel 3 berikut ini

**Tabel 3.** Jadwal Kerja PT. Semen Padang

Shift I		
Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu (Jam)
07.00-12.00	Waktu Kerja	5
12.00-13.00	Istirahat	1
13.00-15.00	Waktu Kerja	2
Total		8
Shift II		
Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu (Jam)
15.00-18.00	Waktu Kerja	3
18.00-19.00	Istirahat	1
19.00-22.00	Waktu Kerja	3
Total		7
Shift III		
Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu (Jam)
22.00-02.00	Waktu Kerja	4
02.00-03.00	Istirahat	1
03.00-07.00	Waktu Kerja	4
Total		9
Total Jam Kerja Keseluruhan		21

### 4.3 Pola Pemuatan

Pola pemuatan yang dilakukan pada proses penambangan batu kapur adalah *top loading*, dimana alat muat berada di atas tumpukan material sehingga posisi alat muat menjadi lebih tinggi dari pada alat angkut.



**Gambar 5.** Pola Pemuatan *Top Loading*

### 4.4 Jam Kerja Alat

**Tabel 4.** Jam kerja Alat

Jenis Alat	Total (Jam)	Working (Jam)	Standby (Jam)	Repair (Jam)
<i>Caterpillar 6030 BH</i>	609	419	84,5	105,5
<i>Komatshu HD 785-7</i>	609	417,79	102,88	88,33

### 4.5 Ketersediaan Alat Mekanis

**Tabel 5.** Ketersediaan Alat Mekanis

Jenis Alat	MA	PA	UA	EU
Avaibility (%)				
<i>Caterpillar 6030BH</i>	79,89	82,68	83,22	68,8
<i>Komatshu HD 785-7</i>	82,55	85,5	80,24	68,6

### 4.6 Waktu Edar Alat

**Tabel 6.** Waktu Edar Alat Gali Muat

Alat Gali - Muat	Gali	Swing Isi	Tumpah	Swing Kosong	Cycle Time
Detik (s)					
<i>Caterpillar 6030 BH</i>	12,2	6,33	6,07	6,2	30,8

**Tabel 7.** Waktu edar Alat Angkut

Alat Angkut	Manuver Loading	Loading	Houling	Manuver Dumping	Dumping	Returning	Antri	Total
(Menit)								
<i>Komatshu HD 785-7</i>	0,66	1,82	2,96	0,59	0,32	2,76	2,27	11,38

### 4.7 Match Factor

Hasil yang didapat yaitu digunakan 4 alat angkut *Dump Truck Komatsu HD 785-7* dengan alat muat *Excavator Caterpillar 6030BH* pada jarak tempuh 900 m, maka hasil perhitungan *match factor system* tersebut adalah:

- nH = Jumlah alat angkut = 4 unit
- Cl = Waktu edar alat muat = 30,80 detik
- Lp = Jumlah pengisian = 5 bucket
- nL = Jumlah alat muat = 1 unit
- Ch = Waktu edar alat angkut = 682,8 detik = 11,38 menit

$$MF = \frac{4 \times 30,80 \times 5}{1 \times 682,8}$$

$$MF = \frac{616}{682,8}$$

$$MF = 0,9$$

#### 4.8 Produktivitas Alat Muat Aktual

Produktivitas *excavator* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

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

$$q = q1 \times k$$

Keterangan :

- Q = Produksi perjam alat muat (ton/jam)
- q = Produksi alat muat persiklus (m<sup>3</sup>)
- q1 = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
- k = *Bucket fill factor* (%)
- Ct = *Cycle time*
- E = Efisiensi kerja
- SF = *Swell factor*
- Db = *Density bank* (ton/m<sup>3</sup>)

Dengan menggunakan rumus di atas, maka didapatkan produktivitas alat gali muat sebagai berikut:

**Tabel 8.** Produktivitas Alat Gali Muat Aktual

Parameter	Lambang	Satuan	Nilai
Kapasitas <i>bucket</i>	q1	m <sup>3</sup>	15
<i>Bucket fill factor</i>	k	%	80
Produksi persiklus	q	m <sup>3</sup>	12
Efisiensi kerja	E	%	68,80
<i>Density bank</i>	Db	ton/m <sup>3</sup>	2,65
<i>Swell factor</i>	SF		0,6
<i>Cycle time</i>	Ct	detik	30,8
Jam kerja	Jk	jam/hari	14,45
Produktivitas	Q	ton/jam	1534,33
Produksi perhari		ton/hari	22171,06
Total Produksi		ton/bulan	687302,83

#### 4.9 Produktivitas Alat Angkut Aktual

$$Q = q \times E \times \frac{60}{Ct} \times SF \times Db \times M$$

Keterangan :

- Q = Produktivitas alat (ton/jam)
- q = Produksi persiklus ( $q = n \times q1 \times k$ ) (m<sup>3</sup>)
- n = Jumlah *bucket*
- q1 = Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)
- k = *Bucket fill factor* (%)
- E = Efisiensi kerja alat (%)
- Ct = *Cycle time*
- SF = *Swell factor*
- Db = *Density bank* (ton/m<sup>3</sup>)

M = Jumlah alat angkut

Dengan menggunakan rumus di atas, maka didapatkan produktivitas alat angkut sebagai berikut :

**Tabel 9.** Produktivitas Alat Angkut Aktual

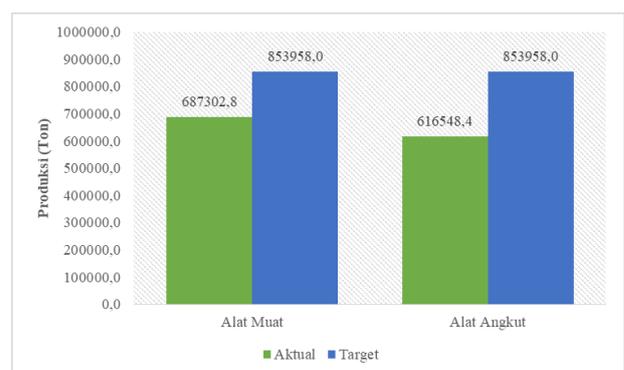
Parameter	Lambang	Satuan	Nilai
Jumlah <i>bucket</i>	n		5
Kapasitas <i>bucket</i>	q1	m <sup>3</sup>	15
<i>Bucket fill factor</i>	k	%	80
Produksi persiklus	q	m <sup>3</sup>	60
Efisiensi kerja	E	%	68,60
<i>Density bank</i>	Db	ton/m <sup>3</sup>	2,65
<i>Swell factor</i>	SF		0,6
<i>Cycle time</i>	Ct	menit	11,38
Jumlah Alat Angkut		unit	4
Jam kerja	Jk	jam/hari	14,41
Produktivitas	Q	ton/jam	345,05
Produksi perhari		ton/hari	4972,16
Produksi perbulan		ton/bulan	154137,1
Total Produksi		ton/bulan	616548,4

#### 4.10 Pembahasan

##### 4.10.1 Peningkatan Produktivitas Dengan Menggunakan Metode Quality Control Circle (QCC)

Setelah menghitung produktivitas alat muat dan alat angkut aktual, dapat dilihat pada data jam kerja terdapat data *loss time* yaitu berupa terlambat awal operasi penambangan, perbaikan front, istirahat diawal waktu, terlambat kerja setelah istirahat, terlambat setelah pergantian *shift*, berhenti kerja lebih awal, hambatan pada *crusher*, menunggu peledakan sampai keperluan operator. Data-data tersebut dijabarkan dalam bentuk diagram pareto untuk mengetahui masalah yang paling dominan

##### 4.10.2 Menentukan Target

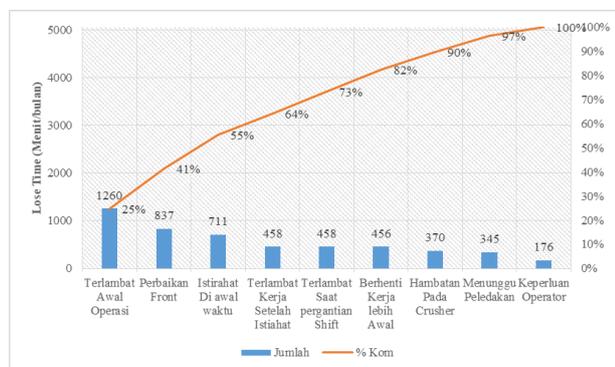


**Gambar 6.** Data Pencapaian Produksi Aktual

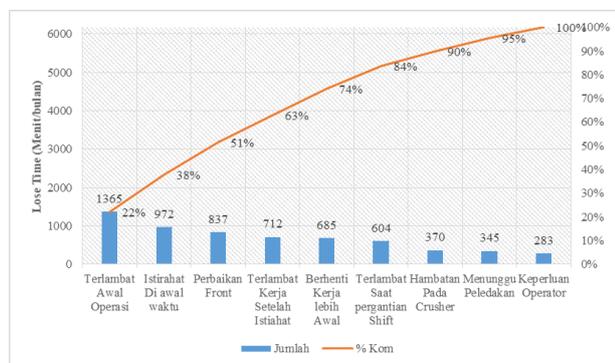
Dari Gambar 6 data pencapaian produksi aktual bulan Agustus 2018 target produksi batu gamping adalah 853.958 ton. Sedangkan produksi aktual alat muat 687.302,8 ton dan produksi aktual alat angkut 616.548,4 ton. Jadi dapat disimpulkan pencapai produksi alat muat baru sekitar 80,4 % dan alat angkut 72,1 % dari total target produksi bulan Agustus 2018. Sehingga untuk memenuhi target produksi dibutuhkan sekitar 19,6 % peningkatan produksi alat muat dan 27,9 % peningkatan produksi alat angkut. Berikut adalah data pencapaian produksi aktual alat gali muat dan alat angkut pada Bulan Agustus 2018.

#### 4.10.3 Analisa Faktor Penyebab dan Menemukan Sumber Penyebab

Dalam menganalisa faktor penyebab masalah yang paling dominan menggunakan diagram pareto, karena diagram pareto menunjukkan masalah yang paling berpengaruh atau dominan. Diagram pareto alat gali muat dan alat angkut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Diagram Pareto Alat Gali Muat Aktual



Gambar 8. Diagram Pareto Alat Angkut Aktual

#### 4.10.4 Mencari Ide-Ide Dan Rencana Perbaikan

Setelah diketahui beberapa masalah yang dominan penyebab tidak tercapainya produksi alat gali dan alat muat Bulan Agustus 2018, perlu dibuat ide-ide perbaikan dan implementasi hasil perbaikan. Berikut adalah tabel

ide perbaikan dari masalah yang paling berpengaruh dan dominan.

Tabel 10. Ide-ide dan Rencana Perbaikan

No	Masalah	Ide perbaikan/Solusi
1	Terlambat Awal Operasi	Membuat standar awal operasi yang lebih jelas
2	Perbaikan front kerja	Maksimalkan penggunaan alat penunjang seperti motor grader dan bulldozer
3	Istirahat di awal waktu	Memperketat pengawasan terhadap operator
4	Terlambat kerja setelah istirahat	Memperketat pengawasan terhadap operator
5	Terlambat setelah pergantian shift	Memperketat pengawasan terhadap operator
6	Berhenti kerja lebih awal	Memperketat pengawasan terhadap operator
7	Hambatan kerja pada crusher	Rutin melakukan maintenance dan memperbaiki fragmentasi batu gamping
8	Menunggu peledakan	Memaksimalkan waktu istirahat untuk proses peledakan
9	Keperluan Operator	Memperketat pengawasan terhadap operator

#### 4.10.5 Implementasi Rencana Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan-perbaikan data pareto terkait dengan penyebab dominan menjadi berubah sesuai dengan dengan waktu yang hilang. Sehingga lose time setelah perbaikan berubah. Berikut adalah tabel penyebab dominan setelah perbaikan alat muat dan alat angkut.

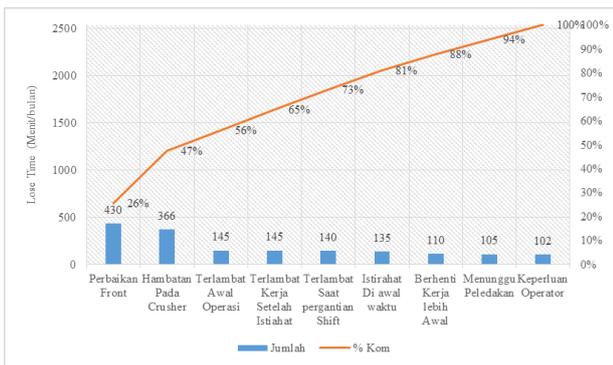
Tabel 11. Hasil Perbaikan Alat Gali Muat

No	Masalah	Sebelum Perbaikan (menit)	Setelah Perbaikan (menit)
1	Perbaikan front	837	430
2	Hambatan pada crusher	370	366
3	Terlambat awal operasi	1260	145
4	Terlambat saat pergantian shift	458	145
5	Terlambat setelah istirahat	458	140
6	Istirahat di awal waktu	711	135
7	Berhenti kerja terlalu awal	456	110
8	Menunggu peledakan	345	105
9	Keperluan operator	176	102

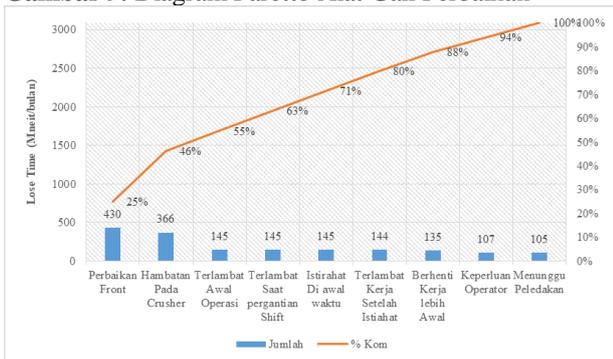
**Tabel 12.** Hasil Perbaikan Alat Angkut

No	Masalah	Sebelum Perbaikan (menit)	Setelah Perbaikan (menit)
1	Perbaikan front	837	430
2	Hambatan pada crusher	370	366
3	Terlambat awal operasi	1365	145
4	Terlambat saat pergantian shift	604	145
5	Istirahat di awal waktu	972	145
6	Terlambat kerja setelah istirahat	712	144
7	Berhenti kerja lebih awal	685	135
8	Keperluan operator	283	107
9	Menunggu peledakan	345	105

Dari hasil implementasi perbaikan didapatkan diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 di bawah ini.



**Gambar 9.** Diagram Pareto Alat Gali Perbaikan



**Gambar 10.** Diagram Pareto Alat Angkut Perbaikan

#### 4.10.6 Produktivitas Alat Gali Muat Perbaikan

**Tabel 13.** Produktivitas Alat Gali Muat Perbaikan

Parameter	Lambang	Satuan	Nilai
Kapasitas <i>bucket</i>	q1	m <sup>3</sup>	15
<i>Bucket fill factor</i>	k	%	80
Produksi persiklus	q	m <sup>3</sup>	12
Efisiensi kerja	E	%	78,08
<i>Density bank</i>	Db	ton/m <sup>3</sup>	2,65
<i>Swell factor</i>	SF	ton/m <sup>3</sup>	0,6
<i>Cycle time</i>	Ct	detik	30,8
Jam kerja	Jk	jam/hari	16,40
Produktivitas	Q	ton/jam	1741,29
Produksi perhari		ton/hari	28557,1
Total Produksi		ton/bulan	885269,5

#### 4.10.7 Produktivitas Alat Angkut Perbaikan

**Tabel 14.** Produktivitas Alat Angkut Aktual Perbaikan

Parameter	Lambang	Satuan	Nilai
Jumlah <i>bucket</i>	n		5
Kapasitas <i>bucket</i>	q1	m <sup>3</sup>	15
<i>Bucket fill faktor</i>	k	%	80
Produksi persiklus	q	m <sup>3</sup>	60
Efisiensi kerja	E	%	80,78
<i>Density bank</i>	Db	ton/m <sup>3</sup>	2,65
<i>Swell factor</i>	SF		0,6
<i>Cycle time</i>	Ct	menit	11,38
Jumlah Alat Angkut		unit	4
Jam kerja	Jk	jam/hari	16,96
Produktivitas	Q	ton/jam	406,31
Produksi perhari		ton/hari	6891,08
Produksi perbulan		ton/bulan	213623,4
Total Produksi		ton/bulan	854493,5

Perbandingan produksi aktual dengan setelah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Perbandingan target dengan perbaikan

#### 4.10.8 Evaluasi



Gambar 12. Perbandingan pencapaian produksi

Dari data pencapaian produksi perbaikan alat muat 885.269,5 ton dan alat angkut 854.493,5 ton. Sedangkan produksi aktual alat muat 687.302,8 ton dan alat angkut 616.548,4 ton. Dan dari target produksi batu gamping adalah 853.984 ton dapat disimpulkan pencapaian perbaikan produksi alat muat naik sekitar 22,2 % dan alat angkut 28,0 % dari produksi aktual bulan Agustus 2018. Sehingga untuk memenuhi target produksi dibutuhkan sekitar 19,6 % peningkatan produksi alat muat dan 27,9 % peningkatan produksi alat angkut sudah tercapai oleh produksi perbaikan.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. *Match factor* 1 unit alat muat *Excavator Caterpillar 6030 BH* dan 4 unit alat angkut *Dump Truck Komatsu HD785-7* diperoleh keserasian kerja alat gali muat dan alat angkut  $MF = 0,9$ .
2. Produktivitas aktual alat muat *Excavator Caterpillar 6030 BH* adalah 1.534,33 ton/jam dan total produksi aktual bulan Agustus 2018 adalah 687.302,8 ton/bulan. Produktivitas aktual alat angkut *Dump Truck Komatsu HD 785* adalah 345,05 ton/jam dan total produksi aktual bulan Agustus 2018 adalah 616.548,4 ton/bulan. Jadi dapat disimpulkan pencapaian produksi alat muat baru sekitar 80,4 % dan alat angkut 72,1 % dari total target produksi 853.958 ton/bulan.
3. Hambatan yang menjadi masalah yang paling dominan penyebab tidak tercapainya produksi alat muat Bulan Agustus 2018 adalah banyaknya waktu yang terbuang akibat terlambat awal operasi penambangan, perbaikan *front*, istirahat di awal waktu, terlambat kerja setelah istirahat, terlambat kerja setelah ganti *shift*, berhenti kerja lebih awal, hambatan pada *crusher*, menunggu peledakan sampai keperluan operator. Total lose time alat muat Bulan Agustus

2018 adalah 84,50 jam *standby* dan 105,50 jam *breakdown/repair*. Dan total *loose time* alat angkut Bulan Agustus 2018 adalah 102,88 jam *standby* dan 88,33 jam *breakdown/repair*.

4. Produktivitas perbaikan setelah dilakukan peningkatan dengan pendekatan QCC alat muat *Excavator Caterpillar 6030 BH* adalah 1.741,29 ton/jam dan produksi perbaikan alat angkut *Dump Truck Komatsu HD785* adalah 406,31 ton/jam. Pencapaian produksi perbaikan alat muat naik sekitar 22,2 % dan alat angkut 28 % dari target produksi aktual.

### 5.2 Saran

1. Untuk mengoptimalkan produksi batu gamping sebaiknya dilakukan pengawasan kerja yang intensif sehingga dapat mengurangi waktu hambatan-hambatan yang mempengaruhi produksi alat muat *Excavator Caterpillar 6030 BH* ataupun alat angkut *Dump Truck Komatsu HD785*.
2. Perlunya meminimalisir hambatan yang diakibatkan oleh manusia dengan cara meningkatkan kesadaran dan kedisiplinan terhadap waktu kerja yang tersedia.
3. Perlunya manajemen perawatan alat yang baik untuk mengurangi waktu *breakdown/repair* pada saat jam kerja sehingga dapat meningkatkan jam kerja produktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, *Data Laporan dan Arsip* PT. Semen Padang (Persero), Padang, Sumatera Barat.
- [2] Rochmanhadi, I. (1992). Kapasitas dan produksi alat-alat berat. *Badan Penerbit Pekerjaan Umum. YBPPU. Jakarta*.
- [3] Yanto, I. (2014). Pindahkan Tanah Mekanis. *Teknik pertambangan, UVN Veteran, Yogyakarta*.
- [4] Partanto, P. (1993). Pindahkan Tanah Mekanis. *ITB. Bandung*.
- [5] Tenriajeng, A. T. (2003). Pindahkan Tanah Mekanis. *Jakarta: Penerbit Gunadarma*.
- [6] Prodjosumarto, P. (1993). Pindahkan Tanah Mekanis. *Departemen Pertambangan Insitut Teknologi Bandung*.
- [7] Kasiram, M. (2010). Metodologi penelitian: Kualitatif-kuantitatif.
- [8] Idham, I., Sumarya, S., & Octova, A. (2018). Pembuatan Program Hitung Produksi Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic. *Net Untuk Mengevaluasi Produktivitas Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Batu Gamping Pt. Semen Padang. Bina Tambang, 3(1), 379-389*.
- [9] Wedhanto, S. (2009). Alat berat dan pindahkan tanah mekanis. *Universitas Negeri Malang, Malang*.
- [10] Komatsu, S. (2003). Specifications and application handbook.

- [11] Riyanto, O. A. W. (2015). Implementasi metode quality control circle untuk menurunkan tingkat cacat pada produk alloy wheel. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 3(2).
- [12] Bachtiar, N., Parwati, C. I., & Susetyo, J. (2013). Penerapan Quality Control Circle Pada Proses Finishing Dan Assy Part Duct Air Intake Guna Meminimasi Biaya Produksi. *Jurnal Rekavasi*, 1(1).
- [13] Nuryono, A., Sjarifudin, D., & Ahmad, Q. (2016). Peningkatan Produktivitas Alat Muat Sekelas Oht Cat 777 Di Pertambangan Batubara Dengan Pendekatan Quality Control Circle. *Jurnal Teknik Industri*, 6(2).
- [14] Kusuma, D. A., Talitha, T., & Setyaningrum, R. (2015). Pengendalian kualitas untuk mengurangi jumlah cacat produk dengan metode Quality Control Circle (QCC) pada PT. Restomart Cipta Usaha (PT. Nayati Group) Semarang. *Teknik Industri Universitas Dian Nuswantoro*.
- [15] Tarihoran, N., Siregar, K., & Ishak, A. (2013). Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Perebusan dengan Menerapkan Qcc (Quality Control Circle) di PT. Xyz. *Jurnal Teknik Industri USU*, 3(1).
- [16] Pratiwi, D. (2009). *Quality Control Circle (Qcc) Dan Seven Tools Dalam Merencanakan Kualitas Pada Produk Genteng Mendit (Studi Kasus Pada Pabrik Genteng UD. BJ Mendit Malang)* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- [17] Priyono, S., Machfud, M., & Maulana, A. (2019). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Pabrik Gula Rafinasi di Indonesia (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen (JABM)*, 5(2), 265.
- [18] Sulaeman, S. Analisa Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Produk Cacat Speedometer Mobil Dengan Menggunakan Metode Qcc Di PT Ins. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 8(1).