

Optimalisasi Kinerja *Limestone Crusher* IIIA (LSC IIIA) Dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Untuk Memenuhi Target Produksi *Limestone* Di PT. Semen Padang Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang, Sumatera Barat.

Nefa Rizki Dian^{1*}, and Dedi Yulhendra^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*nefarizkidian@gmail.com

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Semen Padang uses the open-pit mining method, namely quarry mining is a mining method that is carried out by extracting industrial or industrial mineral deposits. Mining material that has been mined will be crushed according to size through the crusher tool. The crusher tool used is a hammer crusher. Each crusher has a capacity of 1300 tons / hour on LSC II, 1500 tons / hour and 1700 tons / hour for LSC IIIA and LSC IIIB, and 2200 tons / hour for LSC IV. This research uses the overall equipment effectiveness method, because overall equipment effectiveness aims to measure whether the equipment is working normally. Overall equipment effectiveness world class standard is 85% with availability standard value 90%, performance rate 95%, and quality rate value 99.9%. the Overall equipment effectiveness value on the crusher tool is still very low at 45.216%. So, it needs a decrease in the breakdown value of 59.146% or 1 hours per day, from 2.45 hours per day and standby at 76.209% or to 0,67 hours per day from 2.82 hours per day. So that the value of overall equipment effectiveness increase at a fair rate of 60,089%. The point is that the crusher works properly.

Keywords: Crusher, Overall Equipment Effectiveness, LSC, Hours per day, Mining

1. Pendahuluan

Pertambangan merupakan salah satu elemen penting dalam pertumbuhan perekonomian. Dampak positif kegiatan pertambangan dapat dirasakan oleh masyarakat Indonesia serta warga sekitar daerah lokasi pertambangan, yaitu meningkatkan infrastruktur dan ekonomi warga setempat.

PT. Semen Padang merupakan salah satu perusahaan pembuatan semen. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku utama pembuatan semen, maka PT. Semen Padang melakukan penambangan *limestone* di Karang Putih, Kecamatan Lubuk Kilangan Indarung.

Pada awal kegiatan penambangan dilakukan pembonkaran batuan kemudian massa batuan yang sudah di bongkar ini diangkut dari front tambang menuju *stockpile* atau *dumping area* yang berguna untuk

melakukan peremukan (*crushing*) ukuran batuan menjadi lebih kecil sesuai ukuran yang dibutuhkan oleh pabrik.

Biro penambangan saat ini melakukan kegiatan *quarry limestone* dengan rincian kerja berupa *profilling* (penandaan titik bor), *drilling* (pemboran), *blasting* (peledakan), *loading* dan *hauling* (pemuatan dan pengangkutan), dan kegiatan *dumping* ke LSC (*Lime Stone Crusher*). *Dumping area limestone* ini terdapat di tiga lokasi yaitu dibagian belakang (*Lime Stone Crusher* IIIA dan IIIB), bagian depan (*Lime Stone Crusher* II), dan bagian puncak (*Lime Stone Crusher* VI). Dalam mencapai target produksi tentunya harus didukung dengan ketersediaan alat mekanis ataupun alat peremukan batuan yang memadai.

Crusher yang digunakan bertipe *hammer crusher* yang menggunakan gaya bantu *hammer* sebagai penghancur batuan. Setiap *crusher* memiliki kapasitas yang berbeda-beda, pada LSC II memiliki kapasitas 1300 ton/jam, pada LSC III A dan LSC IIIB memiliki kapasitas masing-masing adalah 1500 ton/jam dan 1700 ton/jam, sedangkan di LSC VI memiliki kapasitas yang sangat besar yaitu 2200 ton/jam. Selain *crusher*, ada beberapa alat pendukung utama termasuk *belt conveyour*.

Proses produksi *limestone* PT. Semen Padang menggunakan alat *crusher* yang menggunakan gaya *hammer* dengan tujuan untuk dapat meningkatkan hasil produksi yang maksimal secara konsisten. Data produksi pada bulan maret dan april LSC IIIA menunjukkan ketercapaian produksi 18,93%, Dari data tersebut terlihat bahwa target produksi untuk *limestone* belum tercapai. Sedangkan target *crusher* seharusnya 1300-1400 ton /jam. Ketidaktercapaian target produksi tersebut disebabkan oleh *breakdown* dan *delay* alat *crusher* dan alat *loading dan hauling*.

Berdasarkan laporan rencana kerja anggaran perusahaan (RKAP) rencanan produksi *limestone* pada bulan juli tahun 2017 sebesar 914.166 ton/bulan dapat diasumsikan produksi perhari 29.489 ton sedangkan realisasinya sebesar 746.646 ton/bulan sehingga produksi *limestone* perhari sebesar 24.888 ton. Terutama pada. Faktor yang memperkecil angka produksi berdasarkan pengamatan penulis merupakan tidak optimalnya kinerja alat *crusher* dan alat pendukung utama *crusher* yaitu *belt conveyour* dan kurangnya alat angkut menuju *crusher*.

Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), karena OEE bertujuan untuk mengukur apakah peralatan bekerja dengan normal atau tidak. Hasil perhitungan OEE dari *crusher* biasanya digunakan sebagai indikator keberhasilan dalam implementasi *Total Productive Maintenance*. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan alat pengukuran performa proses produksi yang dapat mengukur bermacam macam *losses* produksi dan mengidentifikasi potensi *improvement* [1]. OEE adalah sebuah metode yang telah diterima oleh universal untuk mengukur *level* sebuah perusahaan dan potensi *improvement* dari sebuah proses produksi. Nakajima mengatakan bahwa standar kelas dunia untuk nilai OEE adalah sebesar 85% dengan standar nilai *availability* 90%, nilai *performance rate* 95%, dan nilai *quality rate* 99,9%. Penelitian ini menjelaskan penggunaan metode OEE untuk mengoptimalkan peralatan tambang dalam mencapai target produksi *limestone*.

2. Kajian Teori

2.1. Alat Peremuk (*crusher*)

Alat peremuk yang digunakan di tambang batu kapur PT Semen Padang ialah *Hammer crusher*. *Hammer crusher* ialah alat peremuk batuan berupa *rotor* yang dilengkapi *hammer*. Cara kerja dari *hammer crusher* ialah umpan yang masuk mengalami putaran yang dilakukan *rotor* dan *hammer*. Dan sebagai media penghancurnya adalah *breaker plate*. Batu kapur yang telah terhancurkan akan melewati *gratebar* (batangan baja yang berfungsi sebagai *screen*) sebagai produk sedangkan yang tidak lolos akan kembali mengalami proses peremuk.

Pada proses peremukan ini material akan direduksi sesuai yang ditetapkan, gaya- gaya yang mengakibatkan material remuk antara lain:

- a. Gaya tekan (*compression*)
- b. Gaya pukul (*impact*)
- c. Gaya Gesek (*Attrition* atau *Abrasion*)

2.2. Size Reduction

Kesulitan dalam pengurangan ukuran terletak dalam seni membatasi jumlah ukuran di atas dan di bawah diproduksi selama pengurangan. Jika ini tidak dikendalikan, mineral akan mengikuti kristal alamiperalaku, biasanya berakhir pada representasi denda yang berlebihan. Operasi dalam *size reduction*, baik *crushing* dan *grinding* tentu saja ditentukan oleh karakteristik umpan mineral (batuan/ bijih) yang bergerak dalam sirkuit. Parameter kunci yang dibutuhkan adalah *crushability* atau *grindability*, disebut juga indek kerja dan *wear profile* yang disebut juga indeks abrasi. Nilai untuk beberapa tipikal bahan umpan dari penghancuran batu, mineral dan bijih. batuan dan bijih [2].

Tabel 1. Feed Material Type

Material	Impact Work Index W_i , kWh/sh.ton		Material	Abrasion index = A_i	
	W value			A value	
Basalt	20 ± 4		Basalt	0,200 ± 0,20	
Diabase	19 ± 4		Diabase	0,300 ± 0,10	
Dolomite	12 ± 3		Dolomite	0,010 ± 0,05	
Iron-ore, Hematite	13 ± 8		Iron-ore, Hematite	0,500 ± 0,30	
Iron-ore, Magnetite	12 ± 8		Iron-ore, Magnetite	0,200 ± 0,10	
Gabbro	20 ± 3		Gabbro	0,400 ± 0,10	
Gneiss	16 ± 4		Gneiss	0,500 ± 0,10	
Granite	16 ± 6		Granite	0,550 ± 0,10	
Greywacke	18 ± 3		Greywacke	0,300 ± 0,10	
Limestone	12 ± 3		Limestone	0,001 - 0,03	
Quartzite	16 ± 3		Quartzite	0,750 ± 0,10	
Porphyry	18 ± 3		Porphyry	0,100 - 0,90	
Sandstone	10 ± 3		Sandstone	0,600 ± 0,20	
Syenite	19 ± 4		Syenite	0,400 ± 0,10	

Semua *Crusher* memiliki rasio reduksi terbatas yang berarti pengurangan ukuran akan dilakukan tempatkan secara bertahap. Jumlah tahapan dipandu oleh ukuran umpan dan produk yang diminta. Perhitungan *reduction ratio* merupakan perhitungan dalam mengetahui kemampuan unit peremuk dalam mereduksi batuan dengan menghitung selisih ukuran sebelum dan sesudah kegiatan peremuk, serta untuk mengetahui apakah

distribusi ukuran batuan yang masuk kedalam *hopper* sesuai dengan zona peremukan (*choke zone*) dan untuk mengetahui tingkat keseragaman batuan dimana semakin kecil nilai *reduction ratio* maka semakin tinggi tingkat keseragaman pada zona peremukan^[3].

$$RR = \frac{F}{P} \tag{1}$$

2.3. Produktivitas Alat Hauling

Tabel 2. Faktor *Bucket* Alat Muat^[4]

No	Jenis Pekerjaan	Kondisi Muatan	Faktor Bucket
1.	Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan daya gali dan dapat dibuat munjung dalam <i>bucket</i> . Contoh: pasir, tanah pasir.	1,0-0,8
2.	Sedang	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> . Tanah yang sulit untuk di gali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung (antara penuh dan munjung penuh)	0,8-0,6
3.	Agak Sulit	Memuat dan menggali bijih pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil yang telah ada di <i>stock pile</i> oleh <i>excavator</i> lain, dan sulit mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut.	0,6-0,5
4.	Sulit	Bongkahan bijih besar dengan bentuk tidak teratur dengan banyak rongga diantaranya.	0,5-0,4

Alat angkut ini juga mempengaruhi productivitas *crusher*, karena alat angkut jika tidak ada, maka *crusher* tidak bisa di laksanakan.

Faktor yang mempengaruhi *cycle time* alat angkut :

- a. Ukuran mesin (makin kecil, makin cepat)
- b. Posisi berdirinya alat
- c. Kondisi lantai kerja
- d. Keterbatasan maneuver
- e. Keterampilan operator

Langkah-langkah perhitungan produktivitas alat angkut :

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} Et \times M$$

$$P = (n \times q1 \times K) \times \frac{60}{Cmt} \times Et \times \left(\frac{Cmt}{n \times Cms}\right) \tag{2}$$

2.4. Ketersediaan Alat Pada Unit *Crusher*

Dilakukan agar dapat menunjukkan keadaan alat dalam pencapaian target yang direncanakan^[5].

a. *Mechanical Availability* (MA)

Merupakan faktor yang menunjukkan ketersediaan alat dengan memperhitungkan waktu kerja yang hilang untuk perbaikan alat karena alasan mekanis .

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100 \% \tag{3}$$

b. *Physical Availability* (PA)

Merupakan tingkat kesediaan alat untuk melakukan kegiatan produksi dengan memperhitungkan kehilangan waktu karena alasan

tertentu. Ketersediaan fisik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \tag{4}$$

c. *Use of Availability* (UA)

Merupakan cara untuk menyatakan efisiensi kerja berdasarkan pada keadaan alat *standby*, karena suatu alasan selain alasan mekanis .

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \tag{5}$$

d. *Effective Utilization* (EU)

Merupakan tingkat prestasi kerja alat, yaitu yang benar-benar digunakan untuk melakukan produksi dari waktu yang tersedia. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100 \% \tag{6}$$

2.5 Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

OEE adalah hasil yang dapat dinyatakan sebagai rasio *output* aktual dari peralatan dibagi dengan *output* maksimum peralatan di bawah kondisi performa terbaik. OEE didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama, yaitu: *availability* (A), *performance efficiency* (PE), dan *rate of quality product* (ROQP)^[6].

Availability merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin dan peralatan. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan terhadap *loading time*^[7-9]. Maka, formula yang digunakan untuk mengukur *availability* adalah:

$$A = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \tag{7}$$

Performance efficiency merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. Formula pengukuran rasio ini adalah:

$$PE = \frac{Ideal\ Cycle\ time \times Processed\ Amount}{Operating\ Time} \times 100\% \tag{8}$$

Rate of quality product merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam Variabel data yang ingin didapatkan dari penelitian ini meliputi data mengenai volume peledakan, laju pengangkutan oleh *dumpruck*, produktivitas *crusher*, beserta sub-variabel dari setiap variabel data. Sub-variabel peledakan meliputi : luas area peledakan, tinggi jenjang dan *density*. Sub-variabel yang berhubungan dengan laju pengangkutan adalah : jumlah *dumpruck*, jam, kapasitas, dan jumlah trip tiap *dumpruck*. Sub-variabel dari produktivitas *crusher* meliputi : *material balance*/neraca bahan, *ratio reduction*, waktu kerja, kapasitas alat, kecepatan *feeder* sebagai alat pengumpan batuan, dan kecepatan *belt conveyour* sebagai alat transportasi batuan menuju *storage* dan pabrik.

menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$ROQP = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\% \quad (9)$$

Nilai OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga rasio utama tersebut. Secara matematis formula pengukuran nilai OEE adalah:

$$OEE = A \times PE \times ROQP \quad (10)$$

2.6 Six Big Losses

Terdapat enam kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan yaitu *equipment failure (breakdown losses)*, *setup and adjustment losses*, *idling and minor stoppage losses*, *reduced speed losses*, *process defect losses*, *reduced yield losses* ^[10].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 16 april – 26 Mei 2018. Lokasi penelitian ini terletak di kecamatan lubuk kilangan, Padang, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi PT. Semen Padang

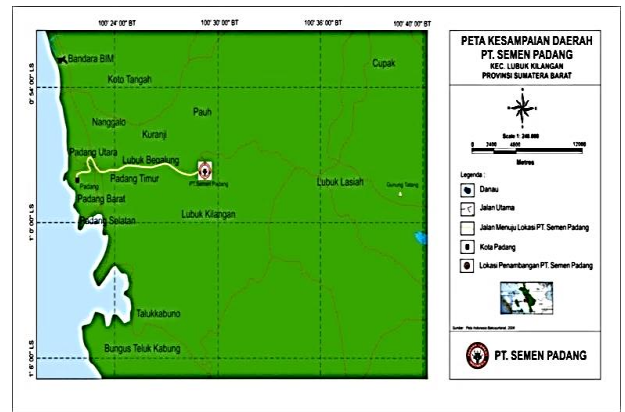
3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi PT. Semen Padang unit departemen penambangan yang berlokasi di kecamatan lubuk kilangan, Padang, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi PT. Semen Padang terletak di Indarung, sekitar 15 km di sebelah timur kota padang. Indarung terletak di Kaki Bukit Barisan yang membujur dari utara kesalatan.

Secara geografis terletak antara garis meridian $1^{\circ}04'30''$ Lintang Selatan sampai $1^{\circ}06'30''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}15'30''$ Bujur Timur sampai $100^{\circ}18'30''$ Bujur Timur. Berbatasan ke arah Barat dengan Kota Padang, sebelah Timur dengan Kabupaten Solok, sebelah Utara dengan Kabupaten Tanah Datar dan sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan.

Lokasi penambangan berada di Bukit Karang Putih yang terletak di desa Karang Putih. Karang Putih adalah sebuah perkampungan kecil yang terletak ± 2 Km di sebelah Selatan Indarung dan terletak antara $0^{\circ}57'50,58''$ Lintang Selatan sampai $0^{\circ}58'51,66''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}28'8,56''$ Bujur Timur sampai dengan $100^{\circ}28'51,79''$ Bujur Timur.

Secara Geografis wilayah Indarung mulai naik sampai kaki pegunungan Bukit Barisan membujur dari Utara ke Selatan pulau Sumatera dengan ketinggian ± 200 m dari permukaan laut dengan puncak ketinggian mencapai 500 m dari permukaan laut. Bukit Karang Putih dan daerah sekitarnya merupakan daerah perbukitan bergelombang yang memiliki lereng curam.



Gambar 1. Peta Kesempaian Daerah PT. Semen Padang

3.2. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini juga menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Hal itu dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Pelaksanaan Penelitian ini menggunakan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Untuk memperoleh informasi, penulis menggunakan dua metode pengambil data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang berasal dari lapangan. Sedangkan data sekunder yaitu data yang berasal dari literatur dan wawancara dengan pihak perusahaan. Kedua metode tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh penulis.

- Data primer merupakan data yang diperoleh dengan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, seperti data *oversize* pada *crusher*, data volume peledakan (dengan mengkalkulasikan nilai dari pada luas area, dan tinggi jenjang peledakan), produktivitas *dumptruck* (dengan mengamati *payload meter* pada *dumptruck*), produktivitas alat *crusher* (dengan mengamati *payload meter* pada *belt conveyor*, jam operasional).
- Data sekunder merupakan data penunjang yang didapat dari arsip dan literature seperti literatur-literatur yang berhubungan dengan proses kegiatan *crusher*, jadwal kerja, data peta wilayah penambangan dan data spesifikasi untuk masing-masing alat angkut dan *crusher*.

3.4. Teknik Analisis Data

Dari data yang diambil kemudian dilakukan pengolahan terhadap data tersebut. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan rumus atau persamaan 1, 2, 3,4, 5, 6, 7.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Produktivitas Alat Crusher dan Alat

Hauling

4.1.1 Metode Penambangan Di PT. Semen Padang

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengamati aktivitas penambangan di bukit karang putih unit *crusher* departement tambang, PT. Semen Padang. Metode penambangan yang digunakan di PT Semen Padang ialah metode penambangan dengan cara *quarry*. Metode penambangan *quarry* adalah metode tambang terbuka yang dilakukan untuk menggali endapan-endapan bahan galian industri atau mineral industri, seperti batu marmer, batu granit, batu andesit, batu gamping (CaCO₃), dll. Bentuk tambang PT. Semen Padang Berdasarkan letak endapan bahan galian industri berbentuk *side hill type*. *Side hill type* adalah bentuk penambangan untuk batuan industri yang terletak dilereng-lereng bukit.

PT. Semen padang menambang bahan galian yaitu batu gamping (CaCO₃), silika, dan *clay*. Bahan galian yang telah ditambang akan remukan sesuai ukuran melalui alat *crusher*. Alat *crusher* yang digunakan PT Semen Padang ialah *hammer crusher*. *Hammer crusher* termasuk dalam tahap-tahap peremukan material yaitu *primary crushing*. *Primary crushing* adalah peremukan tahap pertama, umpan material berupa batuan yang digunakan biasanya berasal dari hasil penambangan dengan ukuran berkisar 1500 mm, dengan ukuran settingan antara 30 mm sampai 100 mm.

4.1.2. Perhitungan Produktivitas Alat Crusher di LSC IIIA

4.1.2.1. Data Jam Kerja Aktual Crusher

Aktivitas peremukan batuan limestone dilakukan di LSC IIIA. *Crusher* ini menggunakan gaya *impact* atau gaya pukulan (*Hammer Crusher*). Berikut ini merupakan jam kerja aktual *crusher* pada bulan april.

Tabel 3. Jam Kerja Aktual *Crusher* Bulan April

Shift	Work (Jam)	Repair (Jam)	Standby (Jam)
Shift 1	21,17	26,58	19,33
Shift 2	52,92	1,33	12,92
Shift 3	11,83	2,50	0,75

4.1.2.2. Perhitungan Ketersediaan Alat Crusher

Hasil perhitungan ketersediaan alat pada *crusher* (LSC IIIA) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Nilai MA, PA, UA dan EU

MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
73,85	78,63	72,25	57,53

4.1.2.3. Perhitungan Crusher (LSC IIIA)

Jadi, perhitungan produksi di *crusher* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas } \textit{dumprtruck} &= 90 \text{ ton} \\ \textit{Efisiensi utilization} &= 57,53\% \\ &= 0,5753 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu kerja } \textit{crusher} = 3,546 \text{ menit (l)}$$

$$P = \frac{C \times 60 \times Et}{CT} \times \text{density loose} \quad (11)$$

$$P = \frac{90 \text{ ton} \times 60 \times 0,5753}{3,546 \text{ menit}}$$

$$P = \frac{2.292,48 \text{ ton}}{3,546}$$

$$P = 876,091 \text{ ton/jam}$$

4.1.3. Perhitungan Efektivitas Kerja Alat Crusher

Untuk mengetahui efisiensi kinerja *crusher* maka dilakukan perhitungan dibawah ini:

$$\textit{Efektivitas Crusher} = \frac{\text{kapasitas aktual}}{\text{kapasitas teoritis}} \times 100\% \quad (12)$$

$$\textit{Efektivitas Crusher} = \frac{876,091 \text{ ton/jam}}{1400 \text{ ton/jam}} \times 100\%$$

$$\textit{Efektivitas Crusher} = 62,58\%$$

4.1.4. Reduction Ratio di LSC IIIA

Berdasarkan spesifikasi *crusher* ukuran material yang maksimum dapat masuk kedalam *crusher* 150cm dan ukuran *product* maksimum yang dihasilkan adalah 12 cm

$$RR = \frac{F}{P} \quad (13)$$

$$RR = \frac{150 \text{ cm}}{12 \text{ cm}}$$

$$RR = 12,5$$

Tabel 5. Perhitungan Nilai *Reduction Ratio*

	Ukuran Maksimum (cm)		<i>Reduction Ratio</i>	Keterangan
	<i>Feed</i>	<i>Product</i>		
	1500	120	12,5	RR Teoritis
Rata-Rata	72,125	11,5	6,27	RR Aktual
Maksimum	134	22	6,09	

4.1.5. Kapasitas Tampung Hopper Crusher pada LSC IIIA

Untuk mengetahui seberapa kemampuan jumlah pengumpanan batu kapur yang akan di-crushing. Berikut ukuran dimensi *hopper* untuk mencari volume dan kapasitas dari *hopper* tersebut.

Luas Atas = Panjang sisi × Lebar sisi (14)
 = 5 m × 4,5 m
 = 22,5m²

Luas bawah = Panjang Apron *Feeder* × Lebar Apron *Feeder* (15)
 = 2,3 m × 2,5 m
 = 5,75 m²

Volume *Hopper* = $\frac{1}{3}$ x tinggi *hopper* (luas atas + luas bawah + $\sqrt{\text{luas atas} \times \text{luas bawah}}$) (16)
 = $\frac{1}{3}$ x 7,7 m (22,5 m² + 5,75 m² + $\sqrt{22,5 \text{ m}^2 \times 5,75 \text{ m}^2}$)
 = 2,56 m (28,25 m² + 11,37 m²)
 = 101,43 m³

Kapasitas *Hopper* = Volume *Hopper* × Berat Jenis Batu kapur (17)
 = 101,43 m³ x 1,54 ton/m³
 = 156,20 ton

4.1.6. Produktivitas Alat Hauling

Waktu edar *dump truck* merupakan waktu yang dibutuhkan alat untuk melakukan pekerjaan dari awal hingga akhir dan kembali lagi pada keadaan awal. Berikut ini data waktu edar *dump truck* dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 6. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Alat	Cycle time (menit)
DK 16	11,763083
DK 12	10,735714
DC 10	10,839589

Produktivitas alat angkut ^[11] :

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Es$$

Keterangan:

- P = Produktivitas Alat (ton / Jam)
- C = Produksi persiklus
 = (n × q1 × K)
- n = Jumlah Pengisian *exca*
- q1 = Kapasitas *Bucket* (m³)
- K = Faktor Pengisian *Bucket*

- Es = *Job Efficiency*
 = 70% (di tabel Lampiran F)
- Cmt = *Cycle Time dump Truck* (menit)
- Perhitungan Kapasitas produksi persiklus (C)
 C = n x q1 x K
- Diketahui :
 N = 4
 q1 = 15 m³
 K = 0,8
 Jadi C = 4 x 15 x 0,8
 = 48 m³

Pada DK 16.

Produktivitas alat *hauling* :

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Es \tag{18}$$

- Diketahui
 C = 48 m³
 Es = 70%
 = 0,70
 Cmt = 11,76 menit
 Density loose = 1,54 ton/m³
 Jadi, produksi alat *hauling* DK 16,

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Es$$

$$P = \frac{48 \text{ m}^3 \times 60 \times 0,70}{11,76 \text{ menit}}$$

$$P = \frac{2016 \text{ m}^3}{11,76 \text{ menit}}$$

$$P = 171,42857 \text{ m}^3 / \text{jam} \times 1,54 \text{ ton/m}^3$$

$$P = 264 \text{ ton/jam}$$

Hasil perhitungan produktivitas alat *Hauling* DK 16, DC 10 dan DK 12 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Produksi Alat *Hauling*.

Alat <i>hauling</i>	Produksi		Target
	m ³ /jam	ton/jam	
DK 16	171,42857	264	Total
DC 10	185,97	286,40	
DK 12	187,70	289,07	
Total	545,0987	839,529	1.400 ton/jam

4.2. Perhitungan Produksi dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

4.2.1. Perhitungan Produksi dengan Metode OEE

4.2.1.1. Perhitungan Availability

Merupakan ketersediaan waktu mesin secara aktual untuk beroperasi. Untuk menghitung nilai *availability* digunakan rumus sebagai berikut :

$$Availability = \frac{Operating Time}{Loading Time} \times 100\% \tag{19}$$

$$Availability = \frac{15,20 - 5,37}{15,20} \times 100\%$$

$$Availability = 64,67\%$$

Operating time adalah waktu yang efektif^[12-14].

Dalam hal ini *operating time* adalah sebagai berikut:

$$Operating Time = Loading time - Downtime \quad (20)$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *availability* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 8.

4.2.1.2. Perhitungan Nilai Performance Efficiency

Performance efficiency adalah rasio yang menunjukkan kemampuan mesin menghasilkan suatu produk. Untuk menghitung nilai *performance efficiency* dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Performance Efficiency = \frac{Processed Amount \times Ideal Cycle Time}{Operating Time} \times 100\% \quad (21)$$

$$PE = \frac{9938 \text{ ton} \times 0,00066 \frac{\text{jam}}{\text{ton}}}{9,83 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$PE = 67,14\%$$

Produktivitas standard untuk *crusher* LSC IIIA dalam proses mengolah batuan 1400 ton/ jam.

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *performance efficiency* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 8.

4.2.1.3. Perhitungan Nilai Rate of Quality Product

Rate of quality product adalah rasio yang menunjukkan kemampuan mesin dalam menghasilkan produk yang sesuai standard. Rendahnya nilai *rate of quality product* menunjukkan waktu yang terserap dalam menghasilkan produk yang tidak bagus. Untuk menghitung nilai *rate of quality product* dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Rate of Quality Product = \frac{Processed Amount - Scrap}{Processed Amount} \times 100 \% \quad (22)$$

$$Rate of Quality Product = \frac{9938 - 0}{9938} \times 100 \%$$

$$Rate of Quality Product = 100\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Rate of quality product* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 8.

4.2.2. Hasil Perhitungan OEE pada Crusher (LSC IIIA)

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency*, *rate of quality product* pada *crusher* LSC IIIA diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan *crusher* LSC IIIA pada PT. Semen Padang unit departement tambang. Berikut ini rumus yang akan digunakan untuk menghitung nilai OEE sebagai berikut ^[15].

$$OEE = (Availability \times Performance Efficiency \times Rate Of Quality Product) \times 100\% \quad (23)$$

$$OEE = (0,6467 \times 0,6714 \times 100) \times 100\%$$

$$OEE = 43,42\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase nilai OEE pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan OEE pada Bulan April 2018

Date	%			
	Availability	Performance Efficiency	Rate of Quality Product	OEE
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	64,67	67,14	100,00	43,42
4	-	-	-	-
5	85,30	74,49	100,00	63,55
6	-	-	-	-
7	54,77	75,24	100,00	41,21
8	53,94	75,85	100,00	40,92
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	-	-	-	-
16	-	-	-	-
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
19	58,33	67,04	100,00	39,10
20	-	-	-	-
21	68,49	74,97	100,00	51,35
22	-	-	-	-
23	62,20	74,16	100,00	46,13
24	68,45	78,84	100,00	53,97
25	41,67	73,09	100,00	30,45
26	89,56	63,06	100,00	56,47
27	-	-	-	-
28	-	-	-	-
29	52,39	59,93	100,00	31,40
30	60,53	70,99	100,00	42,97

4.2.3. Perhitungan Nilai six Big Losses

Analisis OEE menyoroti 6 kerugian utama (*six big losses*) penyebab peralatan produksi beroperasi secara normal. Dari 6 kerugian utama dikelompokkan menjadi 3 yaitu *downtime*, *speed losses*, *quality losses*. Berikut ini pengelompokkan 6 kerugian utama (*six big losses*), yang diantaranya adalah:

4.2.3.1. Downtime Losses

Downtime adalah waktu yang terbuang, dimana proses produksi tidak berjalan yang biasanya diakibatkan oleh kerusakan mesin. *Downtime* terdiri dari 2 macam kerugian yaitu:

a. Equipment Failure Losses

Merupakan kerugian yang diakibatkan oleh mesin dan peralatan, kerusakan yang terjadi ialah kerusakan mesin yang mengakibatkan produksi terhenti, sedangkan kerusakan peralatan yang sering terjadi ialah *overhead* pada *rotor hammer*, sambungan *belt conveyour* terputus dan lain sebagainya.

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (24)$$

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{3,63}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Equipment Failure Losses} = 23,88\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Equipment Failure Losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

b. Setup And Adjustment Losses

Merupakan kerugian yang terjadi karena setelah setup dilakukan, peralatan/mesin, atau waktu standby yang terjadi.

$$\frac{\text{Setup and adjusment losses}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (25)$$

$$\text{Setup and adjusment losses} = \frac{1,74}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Setup and adjusment losses} = 11,45\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Setup And Adjusment Losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

4.2.3.2. Speed Losses

Suatu keadaan dimana kecepatan proses produksi terganggu, sehingga produksi tidak mencapai tingkat yang diharapkan. *Speed losses* terdiri dari dua macam kerugian, yaitu:

a. Idle and Minor Stoppage Losses

Kerugian yang diakibatkan mesin berhenti sesaat.

Idle and Minor Stoppage losses

Idle and Minor Stoppage Losses

$$= \frac{\text{Non Productive}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (26)$$

$$\text{Idle and Minor Stoppage Losses} = \frac{5,37}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Idle and Minor Stoppage Losses} = 35,33\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Idle and Minor Stoppage Losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

b. Reduced Speed losses

Kerugian yang terjadi karena penurunan kecepatan mesin sehingga mesin tidak dapat beroperasi dengan maksimal.

$$\text{Reduced Speed Losses (RSL)} = \frac{\text{OT} - (\text{ideal cycle time} \times \text{Processed Amount})}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (27)$$

$$\text{Reduced Speed Losses (RSL)} = \frac{9,83 - (0,00066 \times 9938)}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Reduced Speed Losses (RSL)} = 21,25\%$$

Keterangan OT = Operation Time

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Reduced Speed losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

4.2.3.3. Quality Losses

a. Rework Losses

Merupakan hasil produksi yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan dan masih dapat dikerjakan ulang. Untuk mengetahui persentase faktor efektivitas penggunaan alat dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rework Losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Rework}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (28)$$

$$\text{Rework Losses} = \frac{0,00066 \times 0}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Rework Losses} = 0$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *Rework losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

b. Reduced Yield

Untuk mengetahui persentase faktor *reduced yield* yang mempengaruhi efektivitas penggunaan alat dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Yield Losses} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (29)$$

$$\text{Yield Losses} = \frac{0,00066 \times 0}{15,20} \times 100\%$$

$$\text{Yield Losses} = 0$$

Dengan perhitungan diatas, maka didapat persentase *reduced yield losses* pada bulan April 2018 dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai Perhitungan *Six Big Losses*

Date	%					
	EFL	SAL	IMSL	RSL	RL	RYL
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	23,88	11,45	35,33	21,25	0	0
4	-	-	-	-	-	-
5	5,52	9,18	14,70	21,76	0	0
6	-	-	-	-	-	-
7	0	45,23	45,23	13,56	0	0
8	18,45	27,60	46,06	13,03	0	0
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-
19	24,47	17,20	41,67	19,23	0	0
20	-	-	-	-	-	-
21	8,058	23,449	31,507	17,144	0	0
22	-	-	-	-	-	-
23	34,47	3,33	37,80	16,07	0	0
24	31,55	0	31,55	14,48	0	0
25	17,8	40,53	58,33	11,21	0	0
26	6,99	3,44	10,44	33,09	0	0
27	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-
29	45,25	2,36	47,61	21,00	0	0
30	2,27	37,20	39,47	17,56	0	0

4.2.4. Analisis Perhitungan Metode OEE

Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai OEE untuk bulan April 2018 rata-rata sebesar 45,21630964%. Nilai tersebut masih jauh dari nilai standard ideal OEE yaitu 85%. Pada kategori OEE, nilai OEE yang berada dibawah 65% tersebut tidak dapat diterima karena menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. Nilai yang mempengaruhi nilai OEE ialah nilai *availability*, nilai *performance efficiency*, dan nilai *rate of quality product*. Dari ketiga nilai ini tidak ada yang sesuai dengan kondisi standard sehingga perlunya peningkatan kerja pada *crusher* LSC IIIA.

Tabel 10. Nilai OEE Rata-Rata

Variable	Item	Total	Satuan
Availability $A = (OT/LT) \times 100$	Breakdown Time	26,95	Jam
	Setup and Adjusment Time	30,98	Jam
	Downtime	57,93	Jam
	Operating Time	101,82	Jam
	Loading Time	159,75	Jam
	Availability	63,7370892	%
Performance Efficiency $PE = (PAX ICT)/OT \times 100\%$	Processed Amount	108761	Ton
	Ideal Cycle Time	0,000664	Jam/Ton
	Performance Efficiency	70,94191186	%
Rate of Quality Product ROQP $= ((PA-SC)/PA) \times 100\%$	Scrap	0	Ton
	ROQP	100	%
OEE	Overall Equipment Effectiveness	45,21630964	%
O	Produksi Crusher	7.776,92	ton
	OEE Perfect	100	%
	Standard OEE International	85	%
	OEE Wajar	60	%

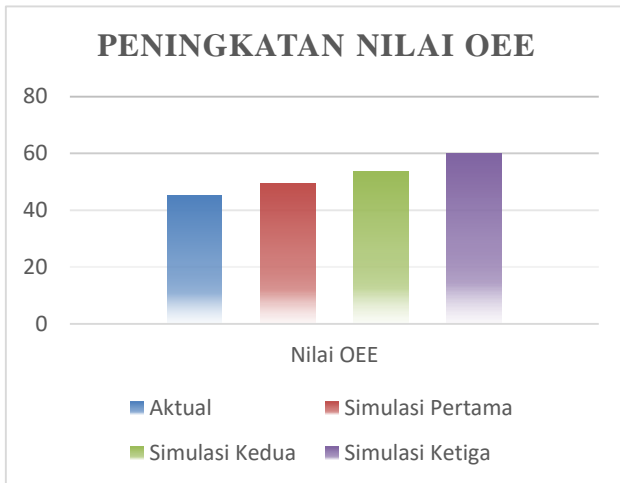
4.2.5. Optimalisasi Nilai OEE dengan Simulasi Pengurangan Nilai Breakdown dan Standby

Dari Hasil Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* dibutuhkannya peningkatan nilai OEE supaya nilai OEE meningkat dan kinerja *crusher* optimal. Peningkatan nilai OEE menggunakan simulasi pengurangan nilai *breakdown* dan *standby*. Ada 3 simulasi pengurangan yang akan dilakukan sehingga nilai OEE meningkat

Tabel 11. Hasil Perhitungan Produksi dari Nilai OEE Aktual dan Simulasi

	Opc (m³)	TT (hari)	CTp (detik)	OEE	Density Looses (ton/m³)	O (ton)
actual	60	11	212,76	0,452	1,54	7776,92
s 1	60	11	212,76	0,495	1,54	8519,87
S 2	60	11	212,76	0,536	1,54	9214,67
s 3	60	11	212,76	0,60	1,54	10334,26

Jadi dibutuhkan penurunan *breakdown* dan *standby* sebesar 59,1466% dan 76,209% dari 100% data aktual atau di dalam hitungan rata-rata satu hari perjam *breakdown* sebesar 1 jam dari 2,45 jam data aktual dan untuk *standby* hitungan rata-rata satu hari perjam sebesar 0,67 jam dari 2,82 jam data aktual.



Gambar 2. Peningkatan Nilai OEE

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Efektivitas *crusher* adalah sebesar 62,58%. Nilai ini menunjukkan *crusher* bekerja tidak maksimal, sedangkan seharusnya *crusher* bekerja dengan standard 90% agar *crusher* menghasilkan *product* yang maksimal. Sehingga produksi *crusher* yang didapat sebesar 876,091 ton/jam, produksi ini tidak sesuai target kapasitas teoritis yang dibutuhkan pada *crusher* ialah 1400 ton/jam
2. Nilai OEE pada alat *crusher* masih sangat rendah yaitu sebesar 45,216%. Ini artinya nilai OEE pada alat *crusher* belum mencapai nilai OEE standard ideal internasional yaitu 85%. Dalam artian alat tidak bekerja dengan maksimal.
3. Hasil perhitungan nilai *six big losses* (6 kerugian utama) dari analisis OEE pada alat *crusher* di bulan April 2018 yaitu sebagai berikut:
 - a. Nilai *Equipment Failure Losses* pada alat *crusher* sebesar 16,8701%
 - b. Nilai *Setup and Adjustement Losses* pada alat *crusher* sebesar 19,3928%
 - c. Nilai *Idle and Minor Stopagge Losses* pada alat *crusher* sebesar 36,2629%
 - d. Nilai *Reduced Speed Losses* pada alat *crusher* sebesar 18,5208%
 - e. Pada *Deffect Losses* dan *Reduced Viold* tidak ada kerugian yang terjadi karena hasil produk yang dihasilkan sesuai dengan standard yang ditetapkan (tidak ada cacat atau yang gagal).

Dapat disimpulkan terlihat bahwa nilai *losses* yang paling berpengaruh adalah *setup and adjusment* dan *Idle and Minor Stopagge Losses*, kedua nilai ini adalah termasuk kerugian pada *downtime losses* dan *speed losses*. Faktor yang menyebabkan nilai *downtime losses* dan *speed losses* menjadi besar adalah disebabkan oleh manusia, mesin dan lingkungan. Faktor yang disebabkan pada manusia adalah operator datang terlambat, pertukaran shift pada operator tidak sesuai jadwal, operator izin karena hal mendadak, dan pada waktu ishoma operator masuk tidak sesuai jadwal yang di tetapkan. Faktor yang disebabkan pada mesin ialah kerusakan mesin seperti *overhead* pada rotor penggerak *hammer*, *repair* jalur belt dan *electrical*. Dan faktor yang disebabkan pada lingkungan adalah perbaikan *front*, perapian pada jalan karena telah terjadi hujan sehingga jalan sulit dilewati.

4. Dibutuhkan penurunan nilai *breakdown* sebesar 59,1466% atau menjadi 1 jam perhari dari 2,45 jamperhari dan *standby* sebesar 76,209% atau menjadi 0,67 jam perhari dari 2,82 jam perhari. Sehingga nilai OEE meningkat di angka wajar yaitu menjadi 60,089%. Maksudnya adalah *crusher* bekerja dengan wajar. Produksi *crusher* meningkat sebesar 1.289,85 ton/jam dan efektivitas kerja *crusher* juga meningkat menjadi 92,13%.

5.2. Saran

1. Mengurangi atau meminimalisirkan jam *standby* dan *breakdown*, untuk meningkatkan EU masing-masing alat.
2. Mengurangi dan meminimalisirkan waktu *standby* dan *breakdown* yang disebabkan pada kesiapan *crusher*.
3. Membuat prosedur *maintenance* berupa inspeksi dan pembersihan secara berkala.
4. Melakukan pengecekan pada komponen yang bergerak. Tujuannya agar pada saat beroperasi tidak mengalami pergeseran yang menyebabkan *downtime*.
5. Perlu dilakukannya perbaikan pada alat-alat yang mungkin menghambat kinerja *crusher*.

Daftar Pustaka

- [1] Suhendra, R., & Betrianis, B. (2005). *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur pada Lini Produksi (Studi Kasus Pada Stamping Production Division Sebuah Industri Otomotif)*. Jurnal Teknik Industri, 7(2), 91-100.
- [2] Metso Minerals, 2015. *Basic In Minerals Processing Edition* 10. Tampere: Metso Minerals
- [3] Pontas, Haganda Sai, Dkk. 2017. *Evaluasi Produksi Crushing Plant di PT. Semen Padang Keluarahan Batu Gadang Kecamatan Lubuk*

- Kilang Kota Padang Sumatera Barat*. Prosiding Teknik Pertambangan. ISSN: 2460-6499.
- [4] Rochmanhadi. 1983. *Kapasitas dan Produksi Alatalat Berat*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [5] Partanto Prodjosumarto. 1996. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [6] Mohammadi, M., Rai, P., & Gupta, S. (2017). *Performance evaluation of bucket based excavating, loading and transport (BELT) equipment—an OEE approach*. *Archives of Mining Sciences*, 62(1), 105-120.
- [7] Saiful, S., Rapi, A., & Novawanda, O. (2014). *PENGUKURAN KINERJA MESIN DEFEKATORI DENGAN MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (Studi Kasus pada PT. Perkebunan XY)*. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 2(2).
- [8] Hassani, Ladan, Dkk. 2015. *The Impact of Overall Equipment Effetiveness on Production Losses in Moghan Cable & Wire Manufacturing*. *International Journal for Quality Reserch*. ISSN 1800-6450: 565-576.
- [9] Huda, D. N., Alhilman, J., & Putro, B. L. (2016). *Perancangan Aplikasi Perhitungan Oee (overall Equipment Effectiveness) Dan Analisis Rcm (reliability Centered Maintenance) Dalam Menentukan Kebijakan Maintenance*. *eProceedings of Engineering*, 3(2).
- [10] Nursanti, I., & Susanto, Y. (2014). *Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Packing Untuk Meningkatkan Nilai Availability Mesin*.
- [11] Anonim. 2007. *Specification & Application Handbook Edition 28*. Japan: Komatsu.
- [12] Ngudi, Wiyanto, Tri, dkk. 2019. *Sistem Informatika Produktivitas Mesin dengan Metode Overall Equipment Effetiveness (OEE)* *Jurnal Penelitian Teknik Informatika*, Volume 1 Nomor 2, Oketober 2018 ISSN 2541-2019.
- [13] Abdul Samat, H., Kamaruddin, S., & Abdul Azid, I. (2012). *Integration of overall equipment effectiveness (OEE) and reliability method for measuring machine effectiveness*. *South African Journal of Industrial Engineering*, 23(1), 92-113.
- [14] Almeanazel, O. T. R. (2010). *Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement*. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4).
- [15] Firdaus, M. T., & Siregar, M. *PERBAIKAN PROSES PAINTING PLASTIC MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*.
- [16] Anonim. *Belt Conveyour For Bulk Material*. Florida, Published by Conveyour Equipment Manufacturers Association.