



KAJIAN KINERJA UNIT CRUSHING PLANT BATU ANDESIT PT SUMBER GUNUNG MAJU

STUDY OF ANDESITE CRUSHING PLANT PERFORMANCE AT PT SUMBER GUNUNG MAJU

RN. Cahya¹, M. Hasjim², YB. Ningsih³

¹⁻³ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: ratriyanurcahya.xenon008@gmail.com, machmud.hasjim@yahoo.com, y.bayuningsih@gmail.com

ABSTRAK

PT. Sumber Gunung Maju merupakan perusahaan industri pertambangan batu andesit yang memiliki target produksi 2250 m³/hari, dimana target produksi tersebut tidak pernah tercapai. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis sinkronisasi kerja, hambatan-hambatan, efisiensi kerja, ketersediaan alat, serta produktivitas unit *crushing plant C*. Analisis ini dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai *reduction ratio* (RR), *material balance*, efisiensi kerja, ketersediaan alat, dan produktivitas unit *crushing plant C*. Dari hasil penelitian dapat diketahui pada *primary crushing* memiliki RR aktual sebesar 4,03 dengan persentase kinerja hasil peremukan sebesar 80,48%, pada *secondary crushing* memiliki RR aktual masing-masing sebesar 4,04, 3,39, dan 3,60, dengan persentase kinerja hasil peremukan sebesar 99,52%. Dari segi hambatan, *primary crushing* total waktu hambatan mekanis dan non mekanis sebesar 61,88 jam dan 12,55 jam. *Secondary crushing* total waktu hambatan mekanis dan non mekanis sebesar 32,02 jam dan 72,89 jam. Waktu efisiensi operasi unit *primary crushing* dan *secondary crushing* sebesar 73% dan 62,4%. Nilai ketersediaan alat, unit *primary crushing* (PA=77,82%, MA=76,77%, UA=94,22%), *secondary crushing* (PA=88,52%, MA=84,46%, UA=70,49%),). Produktivitas *belt conveyor* aktual pada *split 1/2*, *screening*, dan abu batu sebesar 144,717272 m³/jam, 28,192803 m³/jam, dan 54,213509 m³/jam. Dari hasil tersebut rata-rata efisiensi kinerja unit *crushing plant C* sebesar 77,21% dan kinerja belum maksimal.

Kata-kata kunci: Crushing plant, Efisiensi, Hambatan, Ketersediaan alat, Produktivitas.

ABSTRACT

PT. Sumber Gunung Maju is an andesite mining industry which has a production target of 2250 m³/day, where the production target has never been reached. The purpose of this study is to analyze work synchronization, resistances, work efficiency, availability of tools, and productivity of *crushing plant C*. This analysis is done by calculating the value of the *reduction ratio* (RR), *material balance*, work efficiency, availability of tools, and unit productivity *crushing plant C*. From the results of the study it can be seen that the *primary crushing* has an actual RR of 4.03 with a percentage of the performance results of crushing at 80.48%, the *secondary crushing* has an actual RR of 4.04, 3.39, and 3 respectively, 60, with the performance percentage of crushing results of 99.52%. In terms of resistance, *primary crushing* total mechanical and non-mechanical resistance time was 61.88 hours and 12.55 hours. *Secondary crushing* of total mechanical and non-mechanical resistance time is 32.02 hours and 72.89 hours. The efficiency time of *primary crushing* and *secondary crushing* units is 73% and 62.4%. Value of the availability of tools, *primary crushing* units (PA = 77.82%, MA = 76.77%, UA = 94.22%), *secondary crushing* (PA = 88.52%, MA = 84.46%, UA = 70, 49%),). Actual conveyor belt productivity at *split 1/2*, *screening*, and stone ash amounted to 144.717272 m³/hour, 28.192803 m³/hour, and 54.213509 m³/hour. From these results the average efficiency of the *C* *crushing plant C* unit performance was 77.21% and the performance was not maximal.

Keywords : *Crushing plant, Efficiency, Resistance, Use of availability, Productivity*



PENDAHULUAN

PT Sumber Gunung Maju merupakan salah satu perusahaan pertambangan berlokasi di desa Ukirsari, Kecamatan Bojonegara, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. PT Sumber Gunung Maju melakukan kegiatan penambangan batuan andesit sebagai bahan galian utama yang diproduksi, dimana perusahaan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pasar akan batuan andesit dan mendukung pembangunan nasional. PT Sumber Gunung Maju memiliki permasalahan dimana target produksi tidak pernah tercapai. Hal ini ditunjukkan dengan produksi aktual rata-rata per hari pada bulan juni sebesar 1.232 m³ per hari dan pada bulan juli sebesar 1377 m³ per hari dari target produksi perusahaan yang harus dicapai sebesar 2250 m³ per hari. PT. Sumber Gunung Maju memiliki ukuran umpan yang masuk ke proses *primary crushing* dari hasil peledakan sebesar 80 cm, menghasilkan ukuran hasil peremukan *jaw crusher* pada proses *primary crushing* sebesar 22 cm. Dari hasil proses *primary crushing* dilanjutkan ke proses *secondary crushing*. Ukuran umpan yang masuk ke *secondary crushing* dengan menggunakan alat *cone crusher* yaitu sebesar 22 cm, dengan ukuran umpan tersebut menghasilkan produk berupa split 1-2 (ukuran 15-27 mm), split 1-1 (ukuran 11-14 mm) dan abu batu (ukuran 0-9 mm). Pada suatu unit *crushing plant* untuk mencapai hasil yang direncanakan, perlu melalui 3 alat peremuk yang terdiri dari *jaw crusher*, *secondary cone crusher* serta *tertiary cone crusher*. Selain alat peremuk (*crusher*) unit *crushing plant* juga terdiri dari beberapa alat lainnya yang digunakan dan setiap alatnya memiliki kesinambungan dalam suatu sistem kerja. Hal-hal tersebut dapat dikaji guna dapat mengoptimalkan kinerja dari *crushing plant* agar memenuhi target produksi yang diinginkan sehingga dapat menjadi dasar pada pengambilan keputusan untuk menangani permasalahan pada *crushing plant* untuk kedepannya.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini meliputi bagaimana sinkronisasi kerja unit *crushing plant* untuk peremukan batu andesit sesuai dengan ukuran yang diproduksi, apa saja hambatan atau permasalahan yang terjadi pada kinerja unit *crushing plant* pada bulan juli 2019 di PT. Sumber Gunung Maju, bagaimana efisiensi kerja dan *availability* serta produktivitas dari unit *crushing plant* pada bulan juli 2019 di PT. Sumber Gunung Maju.

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain adalah mengetahui sinkronisasi kerja dari unit *crushing plant* sesuai dengan ukuran yang diproduksi, menganalisis hambatan-hambatan apa saja yang dihadapi pada unit *crushing plant* pada bulan Juli 2019 di PT. Sumber Gunung Maju, mengetahui nilai efisiensi kerja dan *availability* serta produktivitas dari unit *crushing plant* pada bulan Juli 2019 di PT. Sumber Gunung Maju berdasarkan parameter-parameter yang digunakan.

Hopper merupakan tempat penampungan sementara dari material umpan batuan sebelum material tersebut diumpankan oleh alat pengumpan *feeder* ke alat peremuk. Volume *hopper* dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (1) [1].

$$V = \frac{1}{3} t ((L \text{ alas} + L \text{ bawah}) + (\sqrt{L \text{ alas} \times L \text{ bawah}})) \quad (1)$$

Keterangan :

V = Volume *hopper*

T = Ketinggian *hopper*

Feeder merupakan alat yang berfungsi sebagai pengumpan material dari *hopper* ke unit peremuk dengan kecepatan konstan [2]. *Jaw crusher* merupakan alat peremuk tingkat pertama (*primary crusher*) yang memberaikan batuan yang berasal dari tambang [3]. Kapasitas *jaw crusher* dapat ditentukan dengan Pers. (2) [4]:

$$TR = T \times C \times M \times F \quad (2)$$

Keterangan :

TR = Kapasitas teoritis *jaw crusher* (ton/jam)

T = Kapasitas alat *crusher* sesuai spesifikasi (ton/jam)

C = Faktor kekerasan batuan

M = Faktor kanduangan air dalam material

F = Faktor pengumpanan material

Cone crusher merupakan modifikasi dari *gyratory crusher*, perbedaannya adalah *spindle* pada *cone crusher* lebih pendek dan sudut *head* nya lebih curam [5]. Kapasitas *cone crusher* dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (3) [4] :

$$T_a = T \times C \times M \times G \times \alpha \times \beta \quad (3)$$

Keterangan :

T_a = Kapasitas *cone crusher* (ton/jam)

T = Kapasitas *cone crusher* sesuai spesifikasi alat (ton/jam)

C = Faktor untuk kekerasan batuan

M = Faktor untuk kandungan air didalam material untuk setiap ukuran lubang *crusher*

G = Faktor untuk *bulk density*

α = Faktor pemakian

β = Faktor umpan balik

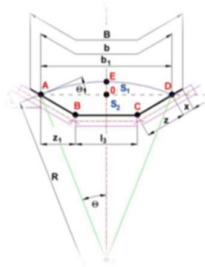
Vibrating screen merupakan alat pengayakan dimana permukaannya mempunyai celah atau lubang dan tingkat efesiansinya ditentukan berdasarkan kesempurnaan yang diinginkan di atas permukaan *screen* tersebut. [3]. *Belt conveyor* merupakan salah satu alat pendukung kelancaran proses produksi dan mempunyai peran dalam peningkatan dan pencapaian sasaran produksi yang diinginkan. [3]. Produktivitas *belt conveyor* dapat dapat dihitung dengan Pers. (4) berikut [6]:

$$Q = S \times v \times \gamma \times k \times 3600 \quad (4)$$

dimana :

- Q = Kapasitas angkut (ton/jam)
- S = Luas penampang material (m^2)
- v = Kecepatan belt (m/s)
- k = Faktor inklinasi (dapat dihiraukan bila $< 18^\circ$)
- γ = Bulk density (ton/ m^3)

Perhitungan produktivitas belt conveyor ini bertujuan untuk mengetahui besarnya produktivitas hasil peremukan dari jaw crusher dan cone crusher, serta untuk mengetahui besarnya produktivitas yang dihasilkan dari hasil vibrating screen. Dalam menghitung produktivitas belt conveyor harus menghitung besarnya luas penampang belt conveyor. Berikut adalah skema belt conveyor dalam perhitungan luas penampang belt conveyor (Gambar 1).



Gambar 1. Cross-section through troughed conveyor [7]

Pers. (5) adalah dasar yang digunakan untuk perhitungan total area belt conveyor [7]:

$$S = [(2 \cdot z \cdot \cos \lambda + I_3) / (2 \cdot \sin \theta)]^2 \cdot \left(\frac{2 \pi \theta}{180} - \sin 2\theta \right) z \cdot \sin \lambda \cdot (I_3 + z \cdot \cos \lambda) \quad (5)$$

Keterangan :

- θ = surcharge angle ($^\circ$).
- λ = troughing angle ($^\circ$),
- k = koefisien kemiringan belt conveyor.
- z = Panjang dari ujung idler tengah (Titik C) ke batas pengisian material pada bagian sayap belt conveyor (Titik D) (m).
- I_3 = Panjang idler tengah (m).
- b = Lebar belt conveyor (m).
- s = Luas permukaan belt conveyor (m^2)

Kecepatan belt conveyor dapat dilihat pada Pers. (6) [8] :

$$V = r \cdot n_2 \cdot 0,10472 \quad (6)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan Belt Conveyor
- r = Jari-jari Drive Pulley (m)
- n_2 = Kecepatan Gearbox (rpm)

Waktu kerja efektif adalah waktu yang digunakan untuk pengoperasian alat tanpa gangguan secara mekanis

maupun non mekanis yang mengganggu kegiatan produksi. Waktu kerja efektif dapat dihitung dengan Pers. (7) [9] :

$$W_{\text{efektif}} = W_{\text{tersedia}} (\text{jam}) - W_{\text{hilang}} (\text{jam}) \quad (7)$$

Efisiensi (Ef) rangkaian alat peremuk di dasarkan pada perbandingan antara waktu kerja efektif dengan waktu kerja yang tersedia. Nilai ini dinyatakan dalam persen. Secara umum efisiensi dihitung dengan menggunakan Pers. (8) berikut ini [10]:

$$Ef = \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja Tersedia}} \times 100\% \quad (8)$$

Kesediaan Mekanis (Mechanical Availability), menunjukkan kesediaan alat dengan melihat kehilangan waktu yang di gunakan untuk memperbaiki mesin yang rusak, perawatan, dan alasan mekanis lainnya. Secara matematis nilai kesediaan mekanis dirumuskan seperti pada Pers. (9) [10].

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

- W = Working Hours (jumlah jam operasi)
- R = Repairs Hours (jumlah jam untuk perbaikan)

Kesediaan Fisik (Physical Availability), merupakan suatu nilai yang menunjukkan kesediaan alat dengan memperhatikan waktu yang hilang karena alasan mekanis dan non mekanis alat. Secara matematis nilai kesediaan fisik dirumuskan seperti Pers. (10) [10].

$$PA = \frac{W+S}{W+S+R} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan:

- S = Standby hours (jumlah jam kerja alat yang tidak digunakan sedangkan alat dalam keadaan siap operasi).
- $W+S+R$ = Scheduled hours (jumlah seluruh jam kerja dimana alat dijadwalkan untuk operasi).

Kesediaan Penggunaan (Use of Availability), merupakan nilai yang menunjukkan efisiensi kerja selama waktu kerja tersedia pada saat kondisi alat tidak rusak. Nilai kesediaan penggunaan (UA) dirumuskan seperti Persamaan (11) [10] :

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \quad (11)$$

Keterangan:

- S = Standby hours (jumlah jam kerja alat yang tidak digunakan sedangkan alat dalam keadaan siap operasi).
- W = Working Hours (jumlah jam operasi)

Reduction ratio (RR) merupakan perbandingan antara ukuran *feed* (tF) yang masuk melalui *hopper* terhadap ukuran produk (tP) yang keluar dari *crusher*. Adapun nilai RR dapat dirumuskan seperti Pers. (12) berikut [10] :

$$RR = \frac{tF}{tP} \quad (12)$$

Keterangan:

RR = *Reduction Ratio*

tF = Ukuran *feed* rata-rata (mm)

tP = Ukuran produk rata-rata (mm)

Neraca bahan adalah suatu perhitungan dimana partikel umpan yang masuk dalam alat pengolahan memiliki jumlah yang sama dengan jumlah material yang keluar [10]. Nilai *Input-Output* dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (13) berikut ini [2]:

$$F = P + L \quad (13)$$

Keterangan:

F = *Feed* (ton/jam atau %)

P = Produk (ton/jam atau %)

L = *Losses* (ton/jam atau %)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Sumber Gunung Maju. PT Sumber Gunung Maju Bravo 9 yang terletak di Kecamatan Ukir Sari, Serang, Banten. Secara Geografis lokasi penambangan PT Sumber Gunung Maju Bravo 9 terletak pada 5°57'22"-5°57'48"LS dan 106°03'30"-106°03'60"BT. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1 Juli 2019 – 25 Agustus 2019.

Penelitian diawali dengan pengamatan lapangan dan pengumpulan data. Data yang diambil berupa data primer yang diambil langsung dilapangan dan data sekunder yang merupakan data penunjang dari perusahaan. Data primer meliputi, pengambilan data kecepatan *belt conveyor*, kemiringan *belt conveyor*, *angle of surcharge* dan *sudut idler*, densitas batu andesit, data ukuran *hopper* pada *plant C* di PT. Sumber Gunung Maju, data ukuran sampel dan produk pada *plant C* di PT. Sumber Gunung Maju. Data sekunder meliputi, spesifikasi alat unit *crushing plant*, waktu *maintenance/breakdown* yang terjadi pada unit *crushing plant*, target produksi pada bulan juli 2019, produksi per hari pada bulan juli 2019, data jam kerja efektif pada bulan juli 2019, data hambatan-hambatan yang terjadi pada unit *crushing plant* pada *plant C* di bulan juli 2019.

Data yang telah didapat dari penelitian selanjutnya diolah atau dihitung berdasarkan persamaan yang ada kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui kinerja dari unit *crushing plant*. Selain itu juga dapat dibahas dan dianalisis parameter apa saja yang berpengaruh terhadap kinerja unit

crushing plant. Hasil yang didapat dari pengolahan data tersebut berupa perhitungan *reduction ratio*, perhitungan neraca bahan, produktivitas *belt conveyor*, nilai ketersediaan alat, dan efisiensi kerja unit *crushing plant c*. Dari hasil tersebut maka dapat diketahui kinerja unit *crushing plant c* di PT. Sumber Gunung Maju.

Selanjutnya, dari hasil analisis dan pembahasan, akan didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan, serta saran untuk rekomendasi bagi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

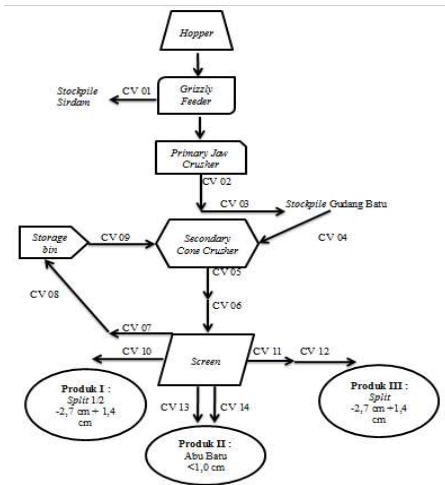
1. Proses Peremukan Batu Andesit Pada Unit *Crushing Plant* di PT. Sumber Gunung Maju.

1.1 Pengolahan Batu Andesit di PT. Sumber Gunung Maju

Kegiatan penambangan batuan andesit di PT. Sumber Gunung Maju dimulai dari *quarry*, andesit diberai dengan metode *drilling and blasting*. Tahap *loading* menggunakan *Backhoe* Kobelco SK-330 ke *Dumptruck* Hino Ranger 500 yang akan melakukan *hauling* dan *dumping* ke *hopper crushing plant*. Pada unit *crushing plant*, batu andesit dari *quarry* akan diolah melalui dua bagian dari *crushing plant*, yaitu *primary crushing plant* dan *secondary crushing plant*. Pada *Primary crushing plant*, batu andesit dari *quarry* yang berukuran 80-100 cm dilakukan proses *dumping* ke dalam *hopper*, berdasarkan Pers (1) volume *hopper* sebesar 53,1048 m³, kemudian batu andesit tersebut terlebih dahulu di dorong dengan menggunakan *pusher* sehingga melewati *grizzly feeder* yang memiliki ayakan dengan ukuran ± 7 cm. Batu andesit yang lolos dari *grizzly feeder* akan jatuh ke *belt conveyor* 01 untuk diangkut ke *stockpile* sirdam. Sedangkan batu andesit yang tidak lolos dari *grizzly feeder* akan masuk kedalam *jaw crusher*. Pada *jaw crusher* dilakukan proses kominusi, untuk memperkecil ukuran batu andesit menjadi < 22 cm. Hasil peremukan *jaw crusher* akan jatuh ke *belt conveyor* 02 dan 03 yang untuk diangkut ke *stockpile* gudang batu. Dari *stockpile* gudang batu, batu andesit akan direduksi lagi ukurannya pada *secondary crushing plant*.

Pada *secondary crushing plant*, proses dimulai dari *stockpile* gudang batu yang jatuh ke *belt conveyor* 04 melalui *chute*. Selanjutnya batu andesit tersebut yang masih berukuran <22 cm akan diangkut menggunakan *belt conveyor* 04 untuk dikominusi lagi hingga berukuran <6 cm dengan menggunakan *cone crusher* 01, hasil peremukan *cone crusher* 01 tersebut akan jatuh pada *belt conveyor* 05 dan 06 yang kemudian dilakukan proses *screening* dengan menggunakan *vibrating screen*. PT. Sumber Gunung Maju menggunakan *vibrating screen* dengan tiga *deck* masing-masing berukuran 1 cm, 1,4 cm, dan 2,8 cm. Berdasarkan *screening* inilah batu andesit diklasifikasikan sesuai ukuran produknya masing-masing

yaitu abu batu (0-0,9 cm), *screening* (1-1,4 cm), *split 1/2* (1,5-2,7 cm). Material yang tidak lolos dari proses *vibrating screen (oversize)* akan dilakukan kominusi lagi dengan menggunakan *cone crusher* 02 dan 03 hingga ukurannya menjadi <2,5 cm dan dilakukan proses *screening* lagi. Berikut adalah gambar bagan alir *crushing plant* batu andesit di PT. Sumber Gunung Maju (Gambar 2).



Gambar 2. Bagan alir *crushing plant*

1.2 Kinerja Unit *Crusher* Berdasarkan Ukuran Hasil Peremukan (*Size Reduction*) di *Crushing Plant*.

Adapun hal-hal yang mempengaruhi kinerja unit *crusher* berdasarkan ukuran hasil peremukan yaitu *reduction ratio* (RR) dan analisa neraca bahan.

A. *Reduction Ratio*

Reduction ratio merupakan perbandingan antara ukuran umpan yang masuk dengan ukuran *feed* yang keluar. Perhitungan *Reduction Ratio* menggunakan Pers. (12).

1. *Reduction Ratio Jaw Crusher Primary Crushing*

Secara desain alat ini dapat menerima umpan dengan ukuran ≤ 1.000 mm dan menghasilkan produk berukuran ± 220 mm sehingga nilai RR teoritis alat peremuk dapat dihitung sebagai berikut :

$$RR_{\text{teoritis}} = \frac{1000 \text{ mm}}{220 \text{ mm}} = 4,54$$

Berikut adalah tabel hasil pengukuran sampel umpan yang masuk ke dalam *jaw crusher*, dan produk yang dihasilkan oleh peremukan *jaw crusher* (Tabel 1).

Tabel 1. Ukuran umpan dan produk hasil peremukan *Jaw Crusher*

Ukuran Umpan Rata-Rata			Ukuran Produk Rata-Rata		
Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
906,3	841	544	224,7	207	135

Dari data distribusi ukuran tersebut diperoleh nilai RR aktual alat peremuk adalah sebagai berikut :

$$RR_{\text{aktual}} = \frac{906,3 \text{ mm}}{224,7 \text{ mm}} = 4,03$$

2. *Reduction Ratio* Pada *Cone Crusher Secondary Crushing*

Berikut adalah perhitungan nilai *reduction ratio* pada masing-masing *cone crusher* :

a. *Reduction Ratio* Pada *Cone Crusher 01*

Secara desain alat ini dapat menerima umpan dengan ukuran ≤ 250 mm dan menghasilkan produk berukuran ± 60 mm . Sehingga nilai RR teoritis alat peremuk dapat dihitung sebagai berikut :

$$RR_{\text{teoritis}} = \frac{250 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 4,16$$

Ukuran umpan dan produk yang dihasilkan oleh *cone crusher* 01 dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil ukuran umpan dan produk rata-rata tersebut diperoleh nilai RR aktual alat peremuk *cone crusher* 01 adalah sebagai berikut :

$$RR_{\text{aktual}} = \frac{224,7 \text{ mm}}{55,67 \text{ mm}} = 4,04$$

Tabel 2. Ukuran umpan dan produk hasil peremukan *Cone Crusher 01*

Ukuran Umpan Rata-Rata			Ukuran Produk Rata-Rata		
Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
224,7	207	135	55,67	51,23	33,4

b. *Reduction Ratio* Pada *Cone Crusher 02*

Secara desain alat ini dapat menerima umpan dengan ukuran ≤ 100 mm dan menghasilkan produk berukuran ± 25 mm . Sehingga nilai RR teoritis alat peremuk dapat dihitung sebagai berikut :

$$RR_{\text{teoritis}} = \frac{100 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 4$$



Berikut adalah tabel ukuran umpan dan produk hasil peremukan *cone crusher* 02 (Tabel 3).

Tabel 3. Ukuran umpan dan produk hasil peremukan *Cone Crusher* 02

Ukuran Umpan Rata-Rata			Ukuran Produk Rata-Rata		
Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
92,2	75,03	62,267	27,2	22,13	18,367

Maka dari hasil ukuran umpan dan produk rata-rata tersebut diperoleh nilai RR aktual alat peremuk *cone crusher* 02 adalah sebagai berikut :

$$RR_{\text{aktual}} = \frac{92,2 \text{ mm}}{27,2 \text{ mm}} = 3,39$$

c. Reduction Ratio Pada *Cone Crusher* 03

Secara desain dapat menerima umpan dengan ukuran ≤ 100 mm dan menghasilkan produk berukuran ± 25 mm. Nilai RR teoritis alat peremuk dapat dihitung sebagai berikut :

$$RR_{\text{teoritis}} = \frac{100 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 4$$

Ukuran umpan dan produk hasil peremukan *cone crusher* 03 dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil ukuran umpan dan produk rata-rata tersebut diperoleh nilai RR aktual alat peremuk *cone crusher* 01 adalah sebagai berikut :

$$RR_{\text{aktual}} = \frac{92,2 \text{ mm}}{25,2 \text{ mm}} = 3,60$$

Tabel 4. Ukuran umpan dan produk hasil peremukan *Cone Crusher* 03

Ukuran Umpan Rata-Rata			Ukuran Produk Rata-Rata		
Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
92,2	75,03	62,267	25,6	20,83	17,267

B. Analisa Neraca Bahan

Berdasarkan data yang diperoleh dari perhitungan produktivitas *belt conveyor* secara aktual. Perhitungan analisis neraca bahan ini menggunakan Pers. (13), maka di dapatkan hasil analisis neraca bahan sebagai berikut.

a. Perhitungan Neraca Bahan Pada *Primary Crushing*

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa :
Densitas = 1,31 ton/jam

$$\begin{aligned} \text{Feed (F)} &= 303,77 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,31 \text{ ton/m}^3 \\ &= 397,9387 \text{ ton/jam}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk (P)} \\ \text{Sirdam} &= 5,1559 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,31 \text{ ton/m}^3 \\ &= 6,754229 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil peremukan} &= 244,7923 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,31 \text{ ton/m}^3 \\ &= 320,677913 \text{ ton/jam}. \end{aligned}$$

Menggunakan Pers.(13),

$$\begin{aligned} F &= P+L \\ L &= F-P \\ L &= 397,9387 \text{ ton/jam} - (6,754229 \text{ ton/jam} + 320,677913 \\ &\quad \text{ton/jam}) \\ L &= 70,506558 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%L &= (70,506558 \text{ ton/jam} / 397,9387 \text{ ton/jam}) \times 100\% \\ &= 17,72\% \end{aligned}$$

$$\%P = 100\% - 17,72\% = 82,28\%.$$

$$\% \text{Hasil Peremukan} = \frac{320,677913 \text{ ton/jam}}{397,9387 \text{ ton/jam}} \times 100\% = 80,58\%$$

$$\% \text{Produk Sirdam} = \frac{6,754229 \text{ ton/jam}}{397,9387 \text{ ton/jam}} \times 100\% = 1,7\%$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan *looses* sebesar 70,506558 ton/jam, dengan persentase *looses* sebesar 17,72%. Persentase produk yang didapatkan sebesar 82,28%, dengan persentase hasil peremukan sebesar 80,58%. Hasil peremukan tersebut masih belum optimal, dikarenakan kurang dari 90%. Hasil peremukan dikatakan optimal apabila memiliki hasil lebih dari 90%.

b. Perhitungan Neraca Bahan Pada *Secondary Crushing*

Pada *secondary crushing* dilakukan pada dua kali proses yaitu pada proses peremukan pada *cone crusher* 01, 02 dan 03, dan pada proses *sizing*. Dari perhitungan neraca bahan diatas pada *secondary crushing*, maka didapatkan hasil sebagai berikut (Tabel 5).

Tabel 5. Perhitungan neraca bahan pada *Secondary Crushing*

Proses	Feed (ton/jam)	Produk (ton/jam)	Looses (ton/jam)	% looses	% Produk
<i>Cone Crusher</i>	442,105219	439,959439	2,1458	0,48	99,52
<i>Sizing</i>	439,959439	438,41901	1,5404	0,35	99,65

Dari hasil perhitungan, didapatkan *looses* pada proses *crushing* sebesar 2,1458 ton/jam, dengan persentase *looses* sebesar 0,48%. Pada proses *sizing* menghasilkan *looses* sebesar 1,54054 ton/jam, sehingga persentase *looses* yang dihasilkan sebesar 0,35%. Persentase produk yang didapatkan pada hasil peremukan dengan menggunakan *cone crusher* sebesar 99,52%, sedangkan persentase produk dari hasil *sizing* sebesar 99,65%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, menunjukkan hasil peremukan *cone crusher* sudah optimal, hal ini dikarenakan persentase produk yang dihasilkan lebih dari 90%. Hasil peremukan dikatakan optimal apabila memiliki hasil lebih dari 90%.

1.3. Kajian Teknis Unit *Crusher*

Kajian teknis unit *crusher* ini didasarkan pada hasil peremukan dari alat *jaw crusher* dan *cone crusher* yaitu berdasarkan perhitungan nilai *reduction ratio*.

A. Kajian Teknis *Jaw Crusher*

Secara teknis alat *jaw crusher* yang digunakan pada proses *primary crushing* pada *plant C* di PT. Sumber Gunung Maju didesain untuk memecahkan batu andesit dari *quarry* yang berukuran ± 100 cm menjadi 22 cm. Secara teoritis, RR *jaw crusher* dikatakan bagus yaitu antara 4-9. Dari hasil perhitungan nilai *reduction ratio* yang dihasilkan sebesar 4,03, hasil tersebut menunjukkan bahwa secara teknis hasil peremukan dari *jaw crusher* sudah bagus dan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Apabila nilai RR kurang dari 4 maka kinerja dari *jaw crusher* tersebut tidak bagus, sehingga harus melakukan pengaturan ulang jarak *gape* antara rahang *move jaw* dan *fixed jaw* dari alat tersebut sesuai desain yang telah ditentukan oleh perusahaan.

B. Kajian Teknis *Cone Crusher*

Pada proses *secondary crushing* PT. Sumber Gunung Maju pada *plant C* menggunakan 3 *cone crusher*, dimana *cone crusher* tersebut, digunakan untuk memecahkan batu andesit dari proses *primary crushing* untuk menghasilkan produk yaitu *split 1/2* (produk ukuran 1,5 cm-2,7 cm, *screening* (produk ukuran 1 cm – 1,4 cm), dan abu batu (produk ukuran <1 cm). *Cone crusher* didesain untuk memberikan ukuran yang berbeda-beda. Pada *cone crusher* 01 didesain untuk menghasilkan ukuran batuan sebesar ± 6 cm, sedangkan pada *cone crusher* 02 dan 03 didesain untuk menghasilkan batuan yang berukuran $\pm 2,5$ cm. Secara teoritis alat *cone crusher* dikatakan memiliki kinerja peremukan yang bagus apabila memiliki RR antara 4-6. Dari hasil perhitungan maka didapatkan RR aktual yang berbeda-beda, pada *cone crusher* 01 menghasilkan nilai RR sebesar 4,04, pada *cone crusher* 02 dan 03 yaitu sebesar 3,39 dan 3,60. Secara teknis, dari hasil tersebut yang menunjukkan kinerja peremukan *cone crusher* tersebut memiliki kinerja yang bagus hanya *cone crusher* 01, sedangkan *cone crusher* 02 dan 03 memiliki nilai

RR yang dibawah 4, sehingga menunjukkan kinerja dari *cone crusher* 02 dan 03 yang tidak bagus.

Secara teknis, yang menentukan nilai RR pada *cone crusher* itu bagus atau tidak adalah ukuran *CSS* (*close side setting*) yaitu jarak terkecil antara mantel dan *conecave* (dinding) dari *cone crusher*. Apabila RR yang dihasilkan lebih kecil dari 4 maka harus dilakukan pengaturan *CSS* dari *cone crusher* tersebut. Hal ini dilakukan agar memberikan hasil yang maksimal dan sesuai dengan desain alat *cone crusher* tersebut.

2. Waktu Hambatan Unit *Crushing Plant* Pada Bulan Juli 2019

Hambatan pada unit *crushing plant C* di PT. Sumber Gunung Maju dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hambatan dalam pekerjaan pada Unit *Crushing Plant C*

<i>Crushing Plant</i>	Hambatan Mekanis		Hambatan Non Mekanis	
	Jenis Hambatan	Waktu (Jam)	Jenis Hambatan	Waktu (Jam)
<i>Primary Crushing</i>	Gangguan pada <i>hopper</i>	1,42	Menunggu <i>dumpruck dumping</i> ke <i>hopper</i>	8,55
	Gangguan pada <i>grizzly feeder</i>	34,17		
	Gangguan pada <i>jaw crusher</i>	5,1	Operator tidak disiplin	4
	Gangguan pada <i>belt conveyor</i>	21,19		
	Total Waktu	61,88	Total Waktu	12,55
<i>Secondary Crushing</i>	Pengganti an mantel <i>cone crusher</i>	18	Menunggu <i>stockpile</i> gudang batu berisi	13,36
	Dinding <i>vibrating screen</i> retak	6,01	Operator tidak disiplin	11,09
	Perawatan pada corong gudang batu	8,01	Perawatan pada <i>primary crushing</i> , membuat <i>stockpile</i> gudang batu kosong dan produksi berhenti	48,44
	Total Waktu	32,02	Total Waktu	72,89

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwasannya hambatan pada *primary crushing* waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor mekanis dalam bulan Juli 2019 terjadi sebanyak 61,88 jam, sedangkan untuk faktor non mekanis terjadi sebanyak 12,55 jam. Pada *secondary crushing* waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor mekanis pada bulan Juli 2019 terjadi sebanyak 32,02 jam, sedangkan untuk faktor non mekanis terjadi sebanyak 72,89 jam.

3. Waktu Kerja Efektif dan Efisiensi Kerja Unit *Crushing Plant*

A. Waktu Kerja Efektif dan Efisiensi Kerja Unit *Primary Crushing*

Waktu kerja efektif dihitung dengan menggunakan Pers. (7), sehingga rata-rata waktu efektif perhari yaitu :

$$\begin{aligned} W_{\text{efektif}} &= W_{\text{tersedia}} - W_{\text{hilang}} \\ &= 9 \text{ jam/hari} - 2,4 \text{ jam/hari} \\ &= 6,6 \text{ jam/hari} \end{aligned}$$

Selanjutnya, dari jumlah waktu kerja efektif tersebut dapat dihitung persentase efisiensi kerja dengan menggunakan Pers. (8) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja Tersedia}} \times 100\% \\ &= \frac{6,6 \text{ jam/hari}}{9 \text{ jam/hari}} \times 100\% \\ &= 73\% \end{aligned}$$

B. Waktu Kerja Efektif dan Efisiensi Kerja Unit *Secondary Crushing Plant*

Waktu kerja efektif dihitung dengan menggunakan Pers. (7), maka jumlah rata-rata waktu kerja efektif pada *secondary crushing* yaitu :

$$\begin{aligned} W_{\text{efektif}} &= W_{\text{tersedia}} - W_{\text{hilang}} \\ &= 9 \text{ jam/hari} - 3,38 \text{ jam/hari} \\ &= 5,62 \text{ jam/hari} \end{aligned}$$

Selanjutnya, dari jumlah waktu kerja efektif tersebut dapat dihitung persentase efisiensi kerja menggunakan Pers. (8) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja Tersedia}} \times 100\% \\ &= \frac{5,62 \text{ jam/hari}}{9 \text{ jam/hari}} \times 100\% \\ &= 62,4\% \end{aligned}$$

C. Nilai Ketersediaan (*Availability*) dan Penggunaan Alat Mekanis Unit *Crushing Plant*

Nilai ketersediaan alat ini dihitung untuk mengetahui kondisi alat tersebut pada bulan Juli 2019. Baik secara mekanis, fisik, ataupun berdasarkan penggunaannya. Selain itu, menjadi salah faktor dari kinerja unit *crushing plant*. Perhitungan nilai MA dihitung dengan menggunakan Pers. (9). Perhitungan nilai PA dihitung dengan menggunakan Pers. (10). Perhitungan nilai UA dihitung dengan menggunakan Pers. (11). Pada *primary crushing*, perhitungan nilai MA=76,77%, PA=77,82%, UA=94,22%. Pada *secondary crushing*, MA=84,46%, PA=88,52%, UA=70,49%. Dari perhitungan tersebut maka didapatkan nilai ketersediaan alat (*availability*) unit *crushing plant* sebagai berikut (Tabel 7) :

Tabel 7. Nilai ketersediaan alat Unit *Crushing Plant*

Tahapan	MA (%)	PA (%)	UA (%)
<i>Primary Crushing</i>	76,77	77,82	94,22
<i>Secondary Crushing</i>	84,46	88,52	70,49

Dari hasil perhitungan nilai ketersediaan alat tersebut, pada *primary crushing* menunjukkan kondisi mekanis dan fisik yang kurang bagus, dikarenakan tingginya waktu *repair* alat pada bulan Juli 2019, tingginya waktu *repair* tersebut disebabkan karena kondisi alat yang telah tua, sehingga membutuhkan perswatan yang lebih baik lagi. Pada *secondary crushing* menunjukkan kondisi penggunaan alat yang sangat rendah, hal ini dikarenakan tingginya waktu *stand by* alat pada bulan Juli 2019, tingginya waktu *stand by* ini disebabkan karena sering kosongnya *stockpile* gudang batu, dikarenakan *repair* pada *primary crushing* dan banyaknya operator yang lambat untuk memulai produksi atau banyak operator yang tidak disiplin.

D. Produktivitas Aktual Unit *Crushing Plant*

Produktivitas aktual unit *crushing plant* dapat dihitung dengan menggunakan rumus produktivitas *belt conveyor*. Perhitungan produktivitas *belt conveyor* dihitung dengan menggunakan Pers. (4). Sebelum mendapatkan hasil produktivitas *belt conveyor* terlebih dahulu melakukan perhitungan luas penampang *belt conveyor* dengan menggunakan Pers. (5) dan melakukan perhitungan kecepatan *belt conveyor* dengan menggunakan Pers. (6). Berikut adalah data produktivitas *belt conveyor* pada unit *crushing plant* pada Bulan Juli 2019 (Tabel 8).

Dari data produktivitas aktual (Tabel 8) tersebut dapat diketahui bahwasannya produk yang dihasilkan untuk sampai ke *stockpile* yaitu split ½ sebesar 144,717272 m³/jam, screening yang dihasilkan sebesar 28,192803 m³/jam, dan abu batu yang diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* CV-13 sebesar 27,353929 m³/jam dan CV-

14 sebesar 26,85958 m³/jam. Sedangkan material yang tidak lolos dari ayakan (*oversize*) yaitu sebesar 107,5474639 m³/jam.

Tabel 8. Produktivitas aktual unit *Crushing Plant* dihitung berdasarkan produktivitas *Belt Conveyor*.

Unit	Produk	Produktivitas (m ³ /jam)
CV-01	Sirdam (lolos <i>grizzly feeder</i>)	5,1559
CV-02	Hasil <i>Jaw Crusher</i>	244,7923
CV-03	Dari CV-02 (ke <i>stockpile</i> gudang batu)	244,7923
CV-04	Ke <i>Cone Crusher</i> 01	236,025
CV-05	Hasil <i>Cone Crusher</i> 01,02, dan 03	335,8469
CV-06	Dari CV-05 (ke <i>vibrating screen</i>)	335,190818
CV-07	<i>Oversize</i>	107,5474639
CV-08	Dari CV-07 (ke <i>storage bin</i>)	107,5474639
CV-09	Ke <i>Cone Crusher</i> 02 dan 03	101,4599
CV-10	Split ½ (lolos ayakan 28 mm)	144,717272
CV-11	Screening (lolos ayakan 14 mm)	28,192803
CV-12	Dari CV-11 (ke <i>stockpile</i> screening)	28,192803
CV-13	Abu Batu (Lolos ayakan 10 mm)	27,353929
CV-14	Abu Batu (Lolos ayakan 10 mm)	26,85958

Dari hasil dan pembahasan diatas, maka didapatkan suatu tabel analisis kinerja unit *crushing plant C* pada bulan juli 2019 (Tabel 9).

Dari Tabel 9 tersebut dapat dilihat bahwasannya produksi pada bulan juli 2019 sebesar 1377,41 m³/jam. Persentase ketercapaian target produksi pada bulan juli sebesar 61,22%. Hasil tersebut menunjukkan bahwasannya produksi yang dihasilkan pada *plant c* sangat belum maksimal.

Dari tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa persentase hasil peremukan yang dihasilkan 80,58%. Efisiensi kerja 73%, serta nilai kesediaan alat (*availability*) antara lain PA, MA, UA, masing-masing 77,82%, 76,77%, dan 94,22%. *Secondary crushing* menghasilkan persentase hasil peremukan yang dihasilkan sebesar 99,52%. Efisiensi kerja 62,4% serta PA, MA, dan UA masing-masing sebesar

88,52%, 84,46%, dan 70,49%. Setelah didapatkan hasil kinerja pada unit *primary crushing* dan *secondary crushing*. Didapatkan hasil persentase kinerja unit *crushing plant C* pada bulan Juli 2019. Dari tabel 6 menunjukkan total persentase hasil peremukan unit *crushing plant C* sebesar 72,56%, dengan efisiensi kerja sebesar 67,7%, dan nilai kesediaan alat (*availability*) yang diantaranya PA, MA, dan UA, masing-masing sebesar 83,17%, 80,62%, dan 82,36%. Dari hasil tersebut didapatkan rata-rata persentase kinerja unit *crushing plant C* berdasarkan hasil peremukan pada PT. Sumber Gunung Maju yaitu sebesar 72,56%. Persentase tersebut menunjukkan kinerja unit *crushing plant C* masih belum maksimal. PT. Sumber Gunung Maju memiliki standar kinerja unit *crushing plant*, apabila persentase kinerja yang dihasilkan lebih dari 80% maka unit *crushing plant* telah bekerja secara maksimal.

Tabel 9. Kinerja Unit *Crushing Plant C* pada bulan Juli 2019

Ketercapaian Produksi Unit <i>Crushing Plant C</i>					
Unit <i>Crushing Plant</i>	Target Produksi (m ³ /jam)	Produksi Bulan Juli 2019 (m ³ /jam)	Persentase Ketercapaian (%)		
<i>Plant C</i>	2250	1377,42	61,22		
Kinerja Unit <i>Crushing Plant C</i>					
<i>Crushing Plant</i>	Hasil peremukan (%)	Efisiensi Kerja (%)	PA (%)	MA (%)	UA (%)
<i>Primary Crushing</i>	80,58	73	77,82	76,77	94,22
<i>Secondary Crushing</i>	99,52	62,4	88,52	84,46	70,49
<i>Primary dan Secondary Crushing</i>	72,56	67,7	83,17	80,62	82,36

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa pada *primary crushing* pada parameter RR menunjukkan kesesuaian dengan nilai 4,03, dengan persentase produk yang dihasilkan sebesar 82,28% dan *looses* sebesar 17,72%, serta persentase kinerja hasil peremukan sebesar 80,58%. Sedangkan pada unit *secondary crushing* RR yang dihasilkan 4,04, 3,39 dan 3,60 yang menunjukkan kesesuaian pada *cone crusher* 01. persentase hasil peremukan yaitu sebesar 99,52% dan 99,65% pada proses *sizing*. Pada unit *secondary crushing* memiliki persentase kinerja hasil peremukan sebesar 99,52%. Diperoleh persentase kinerja hasil peremukan unit



crushing plant C sebesar 72,56% dan hasil tersebut masih belum maksimal. Pada *primary crushing* didapat pula bahwa waktu kerja efektif selama pengamatan sebesar 204,57 jam dengan kehilangan waktu sebesar 74,43 jam/bulan. Pada *secondary crushing*, didapat waktu kerja efektif selama pengamatan sebesar 174,09 jam/bulan dengan kehilangan waktu sebesar 104,91 jam/bulan. Selain itu efisiensi kerja pada *primary crushing* sebesar 73% dan pada *secondary crushing* sebesar 62,4%, sehingga efisiensi kerja unit *crushing plant* sebesar 67,7%. *Availability* pada *primary crushing* didapatkan (MA = 76,77%, PA = 77,82%, UA = 94,22%), pada *secondary crushing* didapatkan (MA = 84,46%, PA = 88,52%, UA = 70,49%), sehingga diperoleh nilai ketersediaan unit *crushing plant C* (MA = 80,62%, PA = 83,17%, UA = 82,36%). Produktivitas secara aktual menghasilkan produk berupa *split* ½ sebesar 144,717272 m³/jam, *screening* sebesar 28,192803 m³/jam dan abu batu sebesar 54,213509 m³/jam, dengan total hasil produksi per jam pada *plant C* sebesar 227,123584 m³/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Langgu, Y., (2011). Optimalisasi Kerja Alat Peremuk Untuk Memenuhi Target Produksi Batubara di PT. Tanjung Alam Jaya Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar Propinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta*, Vol. 3 (1), 5.
- [2]. Harahap, A.I., Iskandar, H., Arief, T., (2014). Kajian Kominusi Limestone Pada Area Penambangan PT. Semen Padang (Persero) Tbk. Bukit Karang Putih Indarung Sumatera Barat, *Jurnal Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya*, Vol. 2 (2).
- [3]. Taufik, D.M., et al., (2018). Analisis Kinerja *Crushing Plant* Pada Tambang Andesit Berdasarkan Target Produksi di PT. Buana Nur Barokah Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar, Provinsi Jawa Barat, Kabupaten Bandung Barat, *Prosiding Teknik Pertambangan*, Vol. 4(2).
- [4]. Currie, J. M., (1973), *Unit Operation Mineral Processing*. British Columbia: Departement of Chemical and Metallurgical Technology Burnaby.
- [5]. Darling, P., (2011), *SME Mining Engineering Handbook Third Edition*. USA: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- [6]. Yusuf, M.N. (2017). *Evaluasi Kinerja Belt Conveyor BC-03 Dalam Upaya Peningkatan Kapasitas Transfer Batubara Di PT. Bukit Asam (PERSERO) TBK. Unit Dermaga Kertapati*. Skripsi, Fakultas Teknik : Universitas Yogyakarta.
- [7]. Hrabovsky, L, (2011), *Cross-Sectional Area Of The Belt Conveyor With A Three-Idler Set*. Ceko: Universitas Teknik Ostrava.
- [8]. Bhimasakti, M.S. (2018). *Evaluasi Kinerja Belt Conveyor Dari Crusher Limestone I Menuju Stockpile untuk Mencapai Target Produksi Batu Kapur Pada Bulan April 2018 Di PT. Semen Baturaja (PERSERO) Tbk*. Skripsi, Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- [9]. Handoko, P. (2015). *Kajian Teknis Peremukan Batu Kapur (Size Reduction) pada Unit Crushing Plant untuk Mencapai Target Produksi Sebesar 7000 Ton/Hari di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk*. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.
- [10]. Putera, R.Y. (2018). *Kajian Teknis Perencanaan Size Reduction Batu Kapur Pada Unit Crushing Plant Pabrik Operasi 1 Untuk Mencapai Target Produksi Di PT. Semen Baturaja (PERSERO) Tbk, Baturaja, Sumatera Selatan*. Skripsi, Fakultas Teknik :Universitas Sriwijaya.