

**ANALISA PRODUKTIVITAS *CRUSHING PLANT* PADA PRODUKSI BATU PECAH
PT. NANDA KARYA PUTRA PRATAMA DESA MIO KECAMATAN AMANUBAN
SELATAN KABUPATEN TIMUR TENGAH SELATAN
NUSA TENGGARA TIMUR**

*ANALYSIS OF CRUSHING PLANT PRODUCTIVITY IN CRUSHED STONE PRODUCTION AT PT.
NANDA KARYA PUTRA PRATAMA MIO VILLAGE, SOUTH AMANUBAN DISTRICT, EAST
REGENCY SOUTH CENTRAL, EAST NUSA TENGGARA PROVINCE.*

Fenny Ayamiseba, Yusuf Rumbino dan Adept Talan Titu Eki

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
e-mail: fennyayamiseba48@gmail.com, yusufrumbino@staf.undana.ac.id dan
titueki.adept@staf.undana.ac.id

Abstrak

PT. Nanda Karya Putra Pratama merupakan perusahaan swasta yang bergerak di bidang pertambangan batuan (sirtu) dan berlokasi di Desa Mio, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Perusahaan ini mengoperasikan unit *crushing plant* untuk mereduksi ukuran batuan menjadi beberapa fraksi produk, yaitu >20 mm dan <30 mm, >10 mm dan <20 mm, >5 mm dan <10 mm, dan <5 mm. Namun demikian, produksi *crushing plant* belum selalu mencapai target yang ditetapkan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas teoritis dan aktual serta efisiensi kerja unit *crushing plant*. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan menggunakan data primer dan sekunder yang dikumpulkan selama 25 hari kerja. Parameter yang dianalisis meliputi kapasitas hopper, feeder, jaw crusher, belt conveyor, vibrating screen, waktu kerja efektif, dan hasil produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume hopper sebesar 6,71 m³. Produksi teoritis feeder sebesar 180 m³/jam, primary jaw crusher sebesar 10,46 m³/jam, dan secondary crusher sebesar 6,74 m³/jam. Produksi aktual primary jaw crusher sebesar 9,59 m³/jam dan secondary crusher sebesar 5,93 m³/jam. Rata-rata efisiensi kerja *crushing plant* selama 139,98 jam kerja adalah 70% dan termasuk dalam kategori cukup. Nilai efisiensi ini dipengaruhi oleh waktu hambatan operasional dan kondisi peralatan. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan efisiensi kerja untuk mencapai target produksi perusahaan.

Kata kunci: *Crushing Plant, Produktivitas, Produksi, Efisiensi Kerja, Batu Pecah*

Abstract

PT. Nanda Karya Putra Pratama is a private company engaged in rock mining (sirtu) located in Mio Village, South Amanuban District, East Regency South Central, East Nusa Tenggara Province. The company operates a crushing plant to reduce rock sizes into several product fractions, namely >20 – <30 mm, >10–<20 mm, >5–<10 mm, and <5 mm. However, the crushing plant production does not always meet the company's target. This study aims to analyze the theoretical and actual productivity as well as the working efficiency of the crushing plant. A quantitative descriptive method was applied using primary and secondary data collected over 25 working days. The analyzed parameters include hopper capacity, feeder, jaw crushers, belt conveyors, vibrating screen, effective working time, and production output. The results indicate that the hopper volume is 6.71 m³. The theoretical production capacities are 180 m³/h for the feeder, 10.46 m³/h for the primary jaw crusher, and 6.74 m³/h for the secondary crusher. The actual production capacities are 9.59 m³/h and 5.93 m³/h for the primary and secondary jaw crushers, respectively. The average operational efficiency of the crushing plant during 139.98 operating hours is 70%, which falls into the moderate category. This efficiency level is influenced by operational delays and equipment conditions. Therefore, improvements in operational efficiency are necessary to achieve the company's production targets.

Keywords: *Crushing Plant, Productivity, Production, Working Efficiency, Crushed Stone*

PENDAHULUAN

PT. Nanda Karya Putra Pratama merupakan salah satu perusahaan swasta yang bergerak bidang pertambangan komoditas batuan sirtu yang berlokasi di Desa Mio Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timur Tengah Selatan dengan lokasi Izin Usaha Pertambangan tahap Operasi Produksi (IUP OP) seluas 33,3 hektare. Lokasi proses penambangannya berjarak ± 50 m dari tempat pengolahan. Material hasil peremukan yang diproduksi oleh PT. Nanda Karya Putra Pratama merupakan salah satu bahan utama dalam pembangunan berbagai infrastruktur seperti pembangunan jalan, perumahan rakyat, gedung kantor sampai dengan prasarana transportasi yang umumnya adalah bandara dan pelabuhan.

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Nanda Karya Putra Pratama adalah penambangan material di quarry menggunakan Excavator tipe Komatsu PC 200-7 dan Dump Truk tipe Mitsubishi FE 74 HD. Hasil dari penambangan selanjutnya akan disaring dan material yang tertahan (Berukuran > 70 mm dan < 200 mm) akan diangkut menuju crushing plant untuk diremukan. Dari proses peremukan akan menghasilkan batu pecah sesuai dengan ukuran tertentu.

Kelancaran proses produksi merupakan prioritas utama dalam kegiatan pengolahan batu pecah. Namun dalam praktiknya, pencapaian produksi tidak selalu sesuai dengan target yang telah ditetapkan Perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi untuk mengetahui apakah tingkat produksi crushing plant telah berjalan secara optimal, serta apakah target produksi perusahaan telah tercapai atau masih dapat ditingkatkan. Salah satu cara untuk mengevaluasi hal tersebut adalah dengan menganalisa jumlah jam kerja operasional guna mengidentifikasi waktu hambatan yang memengaruhi pencapaian target produksi.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana perbandingan antara produktivitas aktual dan teoritis dari unit crushing plant?
2. Bagaimana efisiensi kerja dari unit crushing plant dilokasi penelitian?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui perbandingan antara produktivitas aktual dan teoritis dari unit crushing plant
2. Mengetahui efisiensi kerja dari unit crushing plant dilokasi penelitian.

Peremukan (*Crushing*)

Peremukan material pada dasarnya bertujuan untuk mereduksi ukuran material dari ukuran bongkah besar menjadi ukuran yang lebih kecil (Currie,1973). Proses peremukan umumnya dilakukan secara bertahap karena keterbatasan alat dalam mereduksi batuan berukuran besar langsung menjadi butiran berukuran kecil.

Proses peremukan terdiri dari beberapa tahap yaitu peremukan pertama (*primary crusher*), peremukan kedua (*secondary crusher*) dan peremukan ketiga (*tertiary crusher*). (Currie,1973)

Peralatan Unit (*Crushing Plant*)

Pengolahan bahan galian merupakan suatu proses pemisahan mineral berharga dari pengotornya yang tidak berharga dengan memanfaatkan perbedaan sifat fisik dari mineral-mineral tersebut, tanpa mengubah identitas kimiawi dan fisiknya. Proses pengecilan ukuran batuan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan serta memisahkan batuan hasil pemecahan dengan menggunakan saringan. Dalam kegiatan peremukan memerlukan beberapa peralatan terhadap satu rangkaian unit *crushing plant* yaitu, *hopper*, *feeder*, *jaw crusher*, *belt conveyer* dan *vibrating screen*.

Hopper adalah suatu alat yang digunakan untuk menampung material sebelum dimasukkan kedalam alat peremuk (*crusher*). Biasanya hopper terbuat dari plat baja yang bentuk Trapesium sehingga dapat menampung material yang akan diproses. Kapasitas *hopper* dihitung berdasarkan bentuk dari *hopper* tersebut. Untuk perhitungan volume *hopper* berbentuk linmas dengan menggunakan rumus volume (Yalsriman Langgu, 2012) sebagai berikut:

$$V_h = \frac{1}{3} t (L_{\text{atas}} + L_{\text{bawah}} + \sqrt{L_{\text{atas}} \times L_{\text{bawah}}})$$

Keterangan:

V_h = Volume *hopper* (m^3)

t = Tinggi *hopper* (m)

L_{atas} = Luas atas bagian atas *hopper* (m^2)

L_{bawah} = Luas bawah bagian bawah *hopper* (m^2)

Setelah volume diketahui maka kapasitas *hopper* adalah:

$$K = V_h \times B_i$$

Keterangan:

K = Kapasitas hopper (ton)

V_h = Volume hopper (m^3)

B_i = Bobot isi material (ton/m^3)

Feeder adalah alat pengumpan material dari *hopper* ke unit peremuk dengan kecepatan konstan (Harahap, 2014). Penggunaan alat

pengumpan bertujuan agar proses pengumpan dari *hopper* menuju ke alat peremuk dapat berlangsung dengan laju yang konstan, tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil, sehingga dapat mencegah terjadinya penumpukan batu andesite atau tidak ada umpan didalam *hopper* ataupun alat peremuk. Kapasitas teoritis pengumpan (*feeder*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan CEMA (*Conveyor Equipment Manufactures Association*), *Belt Conveyor For Bulk Materials second edition* (1979) Sebagai berikut:

$$Q = V \times T \times L \times d \times 60$$

Keterangan:

Q = Kapasitas feeder (ton/jam)

V = Kecepatan angkut feeder (m/menit)

T = Tinggi tumpukan material diatas feeder (m)

L = Lebar feeder (m)

D = Densitas lepas material (ton/m³)

Jaw crusher merupakan crusher primer yang berfungsi memecahkan batuan yang berukuran bongkah. Alat peremuk *jaw crusher* memiliki dua buah rahang dimana salah satu rahang diam dan yang satu dapat digerakan, sehingga gerakan rahang ini menyebabkan material yang masuk ke dalam kedua sisi rahang mengalami proses penghancuran. Material yang masuk diantara dua rahang akan mendapat jepitan atau kompresi. Ukuran material hasil peremuk tergantung pada pengaturan mulut pengeluaran (*setting*), yaitu bukaan maksimum dari mulut alat peremuk.

Kapasitas alat peremuk *jaw crusher* menurut currie,1973 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TR = Ta \times Kc \times Km \times Kf$$

Keterangan:

TR = Kapasitas *crusher* (ton/jam)

Ta = Kapasitas alat yang terdapat dalam spesifikasi alat (ton/jam)

Kc = Faktor untuk kekerasan batuan

Km = Faktor untuk kandungan air dalam material untuk setiap ukuran lubang bukaan *crusher*

Kf = Faktor pengumpan material

Secondary Jaw Crusher merupakan peremuk tahap kedua. Alat yang di pakai tahap ini adalah *cone crusher*. *Cone crusher* digunakan sebagai alat lanjutan yang menghancurkan batuan yang relatif homogen dengan bentuk kubikal. Selain sebagai *crusher sekunder*, *cone crusher* digunakan juga untuk kerikil dan pasir serta material yang memiliki butiran asal (sebelum

dipecah) 20-25 mm dimana tidak perlu lagi menggunakan *primary crusher*.

Belt conveyor adalah suatu alat pemindah bahan yang berbasis teknologi tinggi disebagian besar industri yang sedang berkembang dinegara Indonesia. Dengan menggunakan *belt conveyor* perusahaan mampu menghemat biaya produksi yang sangat tinggi serta meningkatkan laju produksi dengan kecepatan yang signifikan dan stabil. Luas penampang melintang biasanya dihitung dari bagian atas jika muatannya yang disebut "busur" dan bagian dasarnya disebut "Trapezium" perhitungan luas penampang menurut buku (Bridgestone Conveyor Belt Handbook, 2006) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = K (0,9 B - 0,05)$$

Keterangan:

A = Luas penampang melintang muatan diatas ban berjalan (m²)

K = Koefisien dari luas penampang melintang di atas ban berjalan dan nilainya tergantung nilai trough angle dan surcharge angle (Konstanta *belt*)

B = Lebar belt (m)

Kecepatan *belt conveyor* yang diizinkan bergantung terhadap karakteristik material yang diangkut bersama dan lebar belt. Kecepatan belt conveyor dan lebar sabuk belt sangat berpengaruh terhadap kapasitas yang diangkut oleh belt conveyor. (Swinderman, 2004)

Rumus kecepatan *belt conveyor* adalah:

$$V = \frac{S}{t}$$

Keterangan:

K = Kecepatan belt conveyor (m/s)

S = Panjang belt (m)

t = Waktu (s)

Produktivitas teoritis (kapasitas *belt conveyor*) dihitung berdasarkan spesifikasi yang digunakan. Menurut buku *Bridgestone Belt Conveyor Handbook* (2006), untuk menghitung besar produktivitas teoritis *belt conveyor* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Qt = 3600 \times A \times V \times p \times S$$

Keterangan:

Q = Kapasitas teoritis *belt conveyor* (ton/jam)

A = Luas penampang *belt conveyor* (cm²)

V = Kecepatan *belt conveyor* (m/s)

P = Densitas material (ton/m³)

S = Koefisiensi kemiringan *belt* (*inklinasi*)

Sedangkan menurut Kurimoto (1997) kapasitas nyata ban berjalan dapat dihitung dengan rumus (Pengambilan contoh pada saat *belt conveyor* dalam kondisi berjalan):

$$P = \frac{3600 \times G \times V}{1000 \times L}$$

Keterangan:

P = Kecepatan *belt conveyor* (ton/jam)

G = Berat material sampel (kg)

V = Kecepatan *belt conveyor* pada saat berjalan (m/detik)

L = Panjang pengambilan sampel di atas *belt conveyor* (m)

Vibrating screen merupakan komponen pada *crusher* yang berfungsi untuk memisahkan material berdasarkan ukuran yang diinginkan. Untuk material yang *oversize* atau yang belum memenuhi kriteria akan kembali *crusher* untuk dipecahkan kembali sedangkan untuk material yang *undersize* atau yang sudah memenuhi kriteria akan dipindahkan ke *stockpile* menggunakan *belt conveyor*.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengayakan adalah:

- Lamanya waktu pengayakan
- Banyaknya material halus dalam umpan
- Kandungan air dalam material
- Bentuk dari lubang ayakan

Untuk menghitung efisiensi dari ayakan diperoleh dari perbandingan anatar berat material yang benar-benar lolos ayakan dengan berat material yang seharusnya lolos ayakan. Efisiensi dinyatakan dalam persen. Berdasarkan *Handbook of Mineral Dressing*, Taggart, AF, (1953)

Kapasitas dari *screen* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$TA = Q \times D \times K \times w \times V \times H$$

Keterangan:

TA = Kapasitas teoritis *screen* (ton/jam)

Q = Kapasitas desain *vibrating screen* (ton/jam)

D = *Deck location factor*

K = Kandungan air

W = Berat jenis material

V = *Oversize factor*

H = *Half size factor*

Reduction Ratio sangat menentukan keberhasilan suatu peremukan karena besar kecil nilai *reduction ratio* ditentukan oleh kemampuan alat peremuk untuk menggecilkan ukuran material yang diremuk. *Reduction ratio* merupakan perbandingan antara umpan dengan produk pada operasi pemecah batuan. Menurut Cerrie, (1973)

nilai *reduction ration* yang baik pada proses peremukan untuk *primary crushing* adalah 4 - 7 untuk *secondary crushing* adalah 14 - 20 dan untuk *fine crushing* adalah 50 - 100. Dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LRR = \frac{tF}{tP} = \frac{wF}{wP}$$

Keterangan:

LRR = Nilai Limiting Reduction Ratio.

tF = Tebal material umpan (mm)

tP = Tebal material produk (mm)

wF = Lebar material umpan (mm)

wP = Lebar material produk (mm)

Efisiensi kerja merupakan penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dan waktu yang tersedia. Dalam perhitungannya digunakan pengertian presentase kerja efektif %. Efisiensi kerja selalu berubah-ubah tergantung dari faktor hambatan kerja seperti kondisi tempat kerja, kondisi cuaca, faktor manusia dan waktu tunda.

Adapun rumus persamaannya adalah sebagai berikut:

$$We = Wt - (Wtd + Whd)$$

Keterangan:

We = Waktu kerja efektif (menit)

Wt = Waktu yang tersedia (menit)

Wtd = Waktu hambatan yang tidak bisa dihindari (menit)

Whd = Waktu hambatan yang dapat dihindari (menit)

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja (waktu kerja efektif) dengan waktu kerja yang tersedia dan dinyatakan dalam persen

$$Ek = \frac{We}{wt} \times 100\%$$

Keterangan:

Ek = Efisiensi kerja (%)

We = Waktu kerja efektif (menit)

Wt = Waktu kerja yang tersedia (menit)

Tabel 1. Penilaian Kondisi Kerja Berdasarkan Nilai Efisiensinya

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	$\geq 0, 83$
Sedang	0, 75 – 0, 83
Cukup	0, 67 – 0, 75
Buruk	0, 58 – 0, 67
Sangat Buruk	$\leq 0, 57$

Sumber: Partanto (1992)

Nilai Ketersediaan Alat

Kesediaan alat adalah pengertian yang dapat menunjukkan keadaan alat mekanis tersebut, seperti keadaan fisik dan lain-lain untuk melakukan produksi. Ketersediaan alat dikatakan baik apabila persen kersediaan alat berkisar antara 83- 92%, dikatakan sedang berkisar antara 75- 82%, dikatakan kurang baik apabila berkisar 65- 74%, dan dikatakan buruk (kecil) apabila kurang dari 64%. (PTM, Partanto, 1995).

Mechanical Availability dapat dihitung dengan persamaan:

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

Keterangan:

W = *Worked hours* jumlah jam kerja, yaitu waktu yang dibebankan kepada suatu alat yang dalam kondisi yang dapat dioperasikan (mesin dan bagian – bagian lain siap dipakai operasi) artinya kondisi alat tersebut tidak dalam keadaan rusak dan termasuk tiap waktu hambatan yang ada (*delay time*).

R = *Repairs hours* (jumlah jam untuk perbaikan dan waktu yang hilang karena menunggu saat perbaikan termasuk juga waktu untuk menyediakan suku cadang serta waktu untuk perawatan).

Physical Availability dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

Keterangan:

S = *Stand by hours*, waktu dimana alat siap pakai (tidak rusak), tetapi karena suatu hal atau faktor tertentu alat tidak dipergunakan ketika operasi penambangan berlangsung.

Use of Availability dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

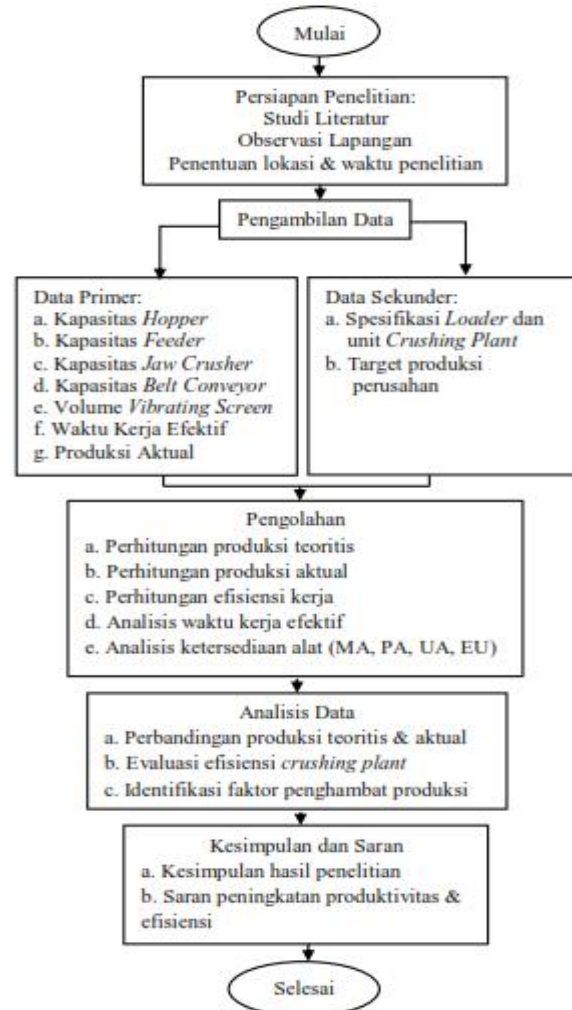
$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\%$$

Effective Utilization dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Nanda Karya Putra Pratama Desa Mio, Kecamatan, Amanuban Selatan, Kabupaten Timur Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur. Setelah proses pengumpulan data, dilakukan analisis menggunakan Microsoft Excel.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Peremukan pada Unit *Crushing Plant*

Proses peremukan batuan pada unit *crushing plant* dimulai dari pengangkutan material dari *stockpile* menuju ke *hopper* dengan menggunakan *Wheel loader* WA 200- 1. Batuan yang berada di *stockpile* memiliki ukuran >70 mm dan <200 mm, sehingga masih perlu melalui proses peremukan. *Wheel Loader* dengan kapasitas *bucket* 1,7 m³ mengangkut material tersebut dari jarak ± 60 meter menuju *hopper* dengan kecepatan rata-rata 9 km/jam sebelum material selanjutnya diproses pada unit peremuk.



Gambar 2. *Wheel Loader*

Material yang diangkut oleh *Wheel loader* ditumpahkan kedalam hopper sebagai tempat penampungan sementara dan sebagai pengatur arah masuk material ke *feeder*. *Hopper* yang digunakan berbentuk Trapesium dengan volume hopper yaitu 6.71 m^3 .



Gambar 3. Material yang Diumpun Ke Dalam Hopper

Kemudian material yang telah berada dalam *hopper* akan diumpun oleh *feeder* menuju ke *primery jaw crusher* untuk melakukan proses peremukan. *Primery jaw crusher* yang digunakan adalah merek Shan Bao/China dengan tipe PE 600 x 400mm



Gambar 4. *Primary Jaw Crusher* Tipe PE 600 x 400 mm

Setelah dilakukan proses peremukan di *primery jaw crusher* selanjutnya, material hasil peremukan akan di bawa oleh *belt conveyor* 1 menuju ke *vibrating screen*, untuk dilakukan pengayakan terlebih dulu hasil dari pengayakan pada *deck* 1 dengan ukuran $>30 \text{ mm}$ akan di bawah oleh *belt* 2 menuju *secondary crusher* untuk diremukkan kembali menjadi ukuran yang diinginkan. *Secondary crusher* yang digunakan adalah merek Shan Bao/China dengan tipe PE 250 x 400mm.



Gambar 5. *Secondary Crusher* Tipe PE 250 x 400 mm

Material hasil peremukan di *secondary crusher* di angkut kembali oleh *belt conveyor* 3

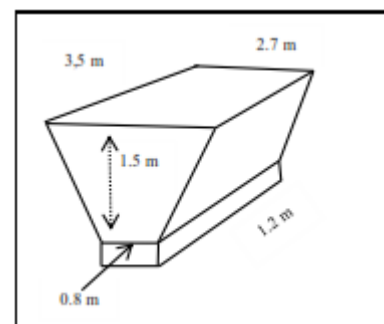
menuju ke *vibrating screen* lalu diayak kembali. *Vibrating screen* yang digunakan memiliki 4 *deck screen*, dengan ukuran masing-masing lubang bukaan *deck* yaitu *deck* I 30mm, *deck* II 20mm, *deck* III 10mm, dan *deck* IV 5mm. Hasil pengayakan batuan dengan ukuran $<30 \text{ mm}$ dan $>20 \text{ mm}$ yang lolos ayakan *deck* I dan tertahan di *deck* II diangkut oleh BC 4 sebagai P1. Lalu kemudian batuan ukuran $<20 \text{ mm}$ dan $>10 \text{ mm}$ yang lolos ayakan *deck* II dan tertahan di *deck* III diangkut oleh BC 5 sebagai P2. Kemudian batuan ukuran $<10 \text{ mm}$ dan $>5 \text{ mm}$ yang lolos ayakan *deck* III dan tertahan pada *deck* IV akan diangkut oleh BC 5 sebagai P3. Dan batuan yang lolos ayakan *deck* IV dengan ukuran $<5 \text{ mm}$ akan diangkut oleh BC 6 sebagai P4.



Gambar 6. *Vibrating Screen*

Produksi Teoritis dan Aktual Produksi Teoritis Hopper

Hopper yang digunakan pada unit peremuk berbentuk Trapesium (Lihat Gambar 7). Untuk mengetahui volume *hopper* yang digunakan maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus trapesium yaitu: (Rumus 2.1) (Yalsriman Langgu, 2012)



Gambar 7. *Hopper*

$$\begin{aligned}
 V_h &= \frac{1}{3} \times t \times (\text{Latas} + \text{Lbawah}) + \sqrt{\text{Latas} \times \text{Lbawah}} \\
 V_h &= \frac{1}{3} \times 1.5 \times (9.45 + 0.96 + \sqrt{9.45 \times 0.96}) \\
 V_h &= \frac{1}{3} \times 1.5 \times (10.41 + \sqrt{9.072}) \\
 V_h &= \frac{1}{3} \times 1.5 \times (10.41 + 3.011) \\
 V_h &= \frac{1}{3} \times 1.5 \times 13.421 \\
 V_h &= 0.5 \times 13.421 \\
 V_h &= 6.71 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan perhitungan di atas diperoleh volume *hopper* dari unit *crushing plant* adalah 6.71 m³. Setelah mengetahui volume *hopper* maka, perlu dicari kapasitas *hopper* menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$K = V_h \times B_i$$

$$K = 6,71 \times 2,6$$

$$K = 17,446 \text{ Ton}$$

Dimana:

$$K = \text{Kapasitas } \textit{hopper} \text{ (Ton)}$$

$$V_h = \text{Volume } \textit{hopper} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$B_i = \text{Bobot isi material (Ton/m}^3\text{)}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas *hopper* dari PT. Nanda Karya Putra Pratama yaitu 17,446 Ton *Feeder*

Feeder merupakan suatu alat yang berfungsi memberikan umpan (*feed*) yang masuk ke *jaw crusher* secara teratur dan continue. *Jenis feeder* yang digunakan adalah *reciprocating plate feeder* (plat pengumpan bolak-balik) dengan kecepatan dorong pada *feeder* yaitu 0,2 m/s Tinggi tumpukan material pada *feeder* yaitu $\pm 0,5$ meter dengan lebar *feeder* yaitu 0,5 meter. Berikut ini perhitungan produksi teoritis *feeder*:

$$Q = V \times T \times d \times 3600$$

$$= 0,2 \text{ m/s} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 3600 \text{ m/jam}$$

$$= 180 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan demikian produksi teoritis *feeder* adalah 180 m³/jam

Primary Jaw Crusher

Pada tahapan *primary jaw crusher* CSS (*Close Side Setting*) yang digunakan yaitu 50 mm dengan kapasitas desain 16 – 60 (ton /hari) dengan kemampuan *setting* ukuran 40-100 mm. Untuk keperluan perhitungan kapasitas tonase, digunakan nilai berat jenis material 2,6 ton/m³, mengacu pada Standar Nasional Indonesia untuk batu alam. Produksi teoritis *primary jaw crusher* dihitung menggunakan Persamaan (2.3) sebagai berikut: Kapasitas Terpasang (Ta)

$$= \frac{100 \text{ mm} - 60 \text{ mm}}{100 \text{ mm} - 40 \text{ mm}} = \frac{50 \text{ ton/jam} - X}{50 \text{ ton/jam} - 16 \text{ ton/jam}}$$

$$X = 27.22 \text{ ton/jam}$$

$$TR = T_a \times K_c \times K_m \times K_f$$

$$= 27.22 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$= 27.22 \text{ ton /jam}$$

$$TR \text{ (m}^3\text{)} = \frac{27,22 \text{ ton/jam}}{2,6 \text{ ton/jam}}$$

$$= 10,46 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan demikian produksi teoritis *primary jaw crusher* adalah 10.46 m³/jam.

Secondary Crusher

Pada tahap *secondary crusher* CSS (*Close Side Setting*) yang digunakan adalah 20 mm dengan kapasitas tersedia 5-20 ton/jam dengan kemampuan *setting* 20-80 mm. Berat jenis material adalah 2.6 ton/m³. Produksi teoritis *secondary jaw crusher* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut: Kapasitas Terpasang (Ta)

$$= \frac{80 \text{ mm} - 70 \text{ mm}}{80 \text{ mm} - 20 \text{ mm}} = \frac{20 \text{ ton/jam} - X}{20 \text{ ton/jam} - 5 \text{ ton/jam}}$$

$$X = 17,45 \text{ ton/jam}$$

$$TR = T_a \times K_c \times K_m \times K_f$$

$$= 17,45 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$= 17,45 \text{ ton /jam}$$

$$TR \text{ (m}^3\text{)} = \frac{17,45 \text{ Ton/jam}}{2,6 \text{ Ton/m}^3}$$

$$= 6,74 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan demikian produksi teoritis *secondary crusher* adalah 6,74 m³/jam *Reduction Ratio* *Reduction ratio* adalah perbandingan ukuran terbesar umpan dengan ukuran besar produk. *Primary crushing* besarnya *reduction ratio* adalah 4-7 dan pada *secondary crushing reduction ratio* adalah 14 – 20 (Cerrie 1973). Besarnya *reduction ratio* merupakan batasan agar alat kerja lebih efektif. Dihitung berdasarkan persamaan (2.5) sebagai berikut: Perhitungan *reduction ratio primary crushing*

$$RL = \frac{T_f}{T_p} = \frac{350}{50} = 7$$

$$Rw = \frac{T_f}{S_e} = \frac{350}{70} = 5$$

$$RR_{s0} = \frac{160}{40} = 4$$

Perhitungan *reduction ratio secondary crushing*

$$RL = \frac{T_f}{T_p} = \frac{200}{40} = 5$$

$$Rw = \frac{T_f}{S_e} = \frac{200}{50} = 4$$

$$RR_{s0} = \frac{40}{20} = 2$$

Belt Conveyor

Belt conveyor merupakan alat angkut material yang berupa karet pengangkut yang bekerja secara berkesinambungan pada kemiringan tertentu. *Belt conveyor* di gerak kan oleh motor penggerak yang di pasang pada *head pulley* dimana sabuk kembali ke tempat semula karena dibelokkan oleh *head pulley* awal dan *head pulley* akhir. Material yang di distribukan melalui pengumpan akan dibawa oleh sabuk berjalan dan berakhir pada *head pulley*. Untuk itu PT. Nanda Karya Putra Pratama memiliki 7 *belt conveyor* yang digunakan untuk membawa hasil peremukan material dari masing-masing *belt conveyor* menuju *stockpile*. Dengan

menggunakan rumus untuk menghitung kecepatan maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$V = \frac{s}{t}$$

Keterangan:

V = Kecepatan (m/d)

S = Jarak (m)

t = Waktu (d)

Maka:

$$V = \frac{s}{t}$$

$$V = \frac{10 \text{ meter}}{9.57 \text{ detik}}$$

$$V = 1.04493207 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui kapasitas masing-masing *belt conveyor*, maka dihitung berdasarkan ukuran pada tabel di bawah ini dengan persamaan yang terdapat pada lampiran dengan hasil persamaan disajikan sebagai berikut:

Tabel 2. Kecepatan dan Kapasitas *Belt Conveyor*

<i>Belt Conveyor</i>	Luas Penampang (m ²)	Kecepatan (m/s)	Kapasitas Ton/jam
BC 1	0,07	1,04	383,78
BC 2	0,07	1,04	382,32
BC 3	0,06	0,79	249,39
BC 4	0,02	1,08	114,05
BC 5	0,02	1,08	114,05
BC 6	0,02	1,08	114,05
BC 7	0,02	1,08	114,05

Vibrating Screen

Produksi teoritis *vibrating screen* tidak dapat dihitung karena produksi teoritis *vibrating screen* tergantung dari laju material umpan dari *feeder* dan hasil peremukan dari *jaw crusher* sehingga hanya dapat menghitung volume *vibrating screen*.

Tabel 3. Ukuran *Vibrating Screen*

Panjang	: 3 meter
Lebar	: 1,2 meter
Deck I	: 30 mm
Deck II	: 20 mm
Deck III	: 10 mm
Deck IV	: 5 mm

Produksi Aktual

Hasil produksi dari unit peremuk batuan (*Crushing Plant*) di PT. Nanda Karya Putra Pratama selama 25 hari.

Tabel 4. (Hasil produksi selama 25 hari)

Hari	Produksi %	Produksi %	Produksi Split	Produksi Abu-Batu	Total Produksi (Ton/hari)
1	33,24	33,35	26,83	41,39	134,82
2	32,30	32,64	25,50	39,84	130,27
3	32,62	29,89	26,42	41,98	130,92
4	32,82	38,17	23,30	47,71	141,99
5	35,18	31,30	23,46	41,97	131,91
6	31,57	38,00	26,42	40,98	136,97
7	32,67	38,76	22,69	45,23	139,35
8	26,39	33,09	25,59	44,24	129,31
9	33,46	33,64	25,10	44,17	136,36
10	31,39	38,94	28,50	43,01	141,84
11	32,34	33,12	31,79	44,17	141,41
12	34,36	37,32	26,48	38,94	137,10
13	33,61	30,50	23,43	40,89	128,42
14	32,62	39,04	22,06	47,19	140,92
15	26,35	32,89	26,00	51,83	137,07
16	28,84	38,73	24,52	38,75	130,84
17	32,47	37,60	25,20	39,30	134,57
18	31,36	38,86	25,07	38,90	134,18
19	33,64	32,13	24,30	42,69	132,76
20	25,83	35,95	24,53	41,38	127,69
21	31,85	37,37	23,80	43,82	136,84
22	35,47	37,37	26,36	44,70	143,89
23	28,98	34,35	25,52	40,40	129,24
24	31,68	35,01	22,68	41,65	131,03
25	32,36	29,86	25,22	41,38	128,82

Dari Tabel 4. di atas dapat dijelaskan bahwa selama melakukan penelitian berhasil mendapatkan jumlah total produksi selama 25 hari. Produksi terbanyak pada hari ke-22 dengan jumlah total produksi 143,89 ton/hari, dan sedangkan terkecil pada hari ke-20 dengan jumlah total produksi 127,69 ton/hari.

Efisiensi Kerja *Crushing Plant*

Efisiensi kerja *crushing plant* diperoleh dari perbandingan produksi aktual dan produksi teoritis. Efisiensi kerja *Primary jaw crusher* dan *secondary crusher* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Total produksi aktual: 9,59 m³/jam

Total produksi teoritis: 10,46 m³/jam

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi kerja} &= \frac{\text{Produksi aktual}}{\text{Produksi teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{9,59}{10,46} \times 100\% \\ &= 92\% \end{aligned}$$

Total produksi aktual : 5,93 m³/jam

Total produksi teoritis : 6,74 m³/jam

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi kerja} &= \frac{\text{Produksi aktual}}{\text{Produksi teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{5,93}{6,74} \times 100\% \\ &= 88\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan efisiensi kerja alat *crushing plant*.

Tabel 5. Perhitungan Efisiensi Kerja Alat

Nama Alat	Produksi Aktual	Produksi Teoritis	Efisiensi kerja
Primary jaw crusher	9,59 m ³ /jam	10,46 m ³ /jam	92%
Secondary jaw crusher	5,93 m ³ /jam	6,74 m ³ /jam	88%

Berdasarkan hasil perhitungan produksi teoritis dan produksi aktual pada unit *crushing plant* PT. Nanda Karya Putra Pratama, diperoleh nilai produksi teoritis *primary jaw crusher* yaitu 10,46 m³/jam dan produksi aktual 9,59 m³/jam dengan nilai efisiensi kerja *primary jaw crusher* sebesar 92%. Serta nilai produksi teoritis *secondary crusher* 6,74 m³/jam dan produksi aktual 5,93 m³/jam dengan nilai efisiensi kerja *secondary crusher* sebesar 88%. Mengacu pada klasifikasi efisiensi kerja alat pada Tabel 2.1 (Partanto, 1992), kedua nilai efisiensi tersebut termasuk dalam kategori baik ($\geq 0,83$), yang menunjukkan bahwa secara teknis kinerja alat peremuk telah beroperasi mendekati kapasitas teoritisnya.

Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja dalam proses produksi di PT. Nanda Karya Putra. Berdasarkan penelitian di lapangan berlangsung dimulai dari pukul 08:00 - 17:00 dengan waktu istirahat 1 kali 60 menit.

Tabel 6. Pembagian Waktu Kerja Perusahaan

Hari	Kegiatan	Waktu	Durasi/ jam
Senin - Sabtu	Waktu awal	08.00	-
	Waktu kerja I	08.00 – 12.00	4
	Istirahat	12.00 – 13.00	1
	Waktu kerja II	13.00 – 17.00	4
	Selesai	17.00	-

Perhitungan waktu tersedia:

$$= \frac{\text{(Jumlah hari kerja)}}{8}$$

$$= 8 \text{ jam /hari}$$

$$= 480 \text{ menit/ hari}$$

Dari hasil perhitungan waktu kerja diperoleh waktu tersedia 480 menit atau 8 jam. Perhitungan waktu kerja efektif perusahaan dapat dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$We = Wt - (Wtd + Whd)$$

Waktu kerja tersedia (Wt) yaitu waktu yang telah disediakan perusahaan dalam sehari kerja.	:8 jam/hari
Waktu kerja yang tidak dapat dihindari (Wtd) seperti kondisi tempat kerja, kondisi cuaca, listrik padam dan perbaikan alat	:45 menit
Waktu kerja yang dapat dihindari (Whd) seperti terlambat masuk kerja, istirahat lebih dari jam 1 jam, dan pulang lebih awal	:53 menit

Hari ke-1

Tabel 7. Hari ke-1

Waktu kerja tersedia (Wt)	: 480 menit = 8 jam
Waktu kerja yang tidak dapat dihindari (Wtd)	: 45 menit
Waktu kerja yang dapat dihindari (Whd)	: 20 menit + 15 menit + 18 menit

Maka,

$$We = 480 - (87 + 20 + 15 + 18)$$

$$= 340 \text{ menit}$$

$$= 5.67 \text{ jam}$$

Efisiensi hari kerja ke – 1:

$$E_f = \frac{\text{Waktu kerja efektif}}{\text{Waktu kerja tersedia}} \times 100 \%$$

$$= \frac{5,67}{8} \times 100 \%$$

$$= 71 \%$$

Total waktu kerja efektif selama 25 hari:

$$We = 12.000 - (2.388 + 430 + 388 + 395)$$

$$= 8,399 \text{ menit}$$

$$= 139.98 \text{ jam}$$

Efisiensi waktu kerja selama 25 hari:

$$E_f = \frac{139.98 \text{ jam}}{200 \text{ jam}} \times 100 \%$$

$$= 70 \%$$

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan nilai efisiensi ini dipengaruhi oleh waktu hambatan operasional seperti kondisi tempat kerja, kondisi cuaca, faktor manusia dan waktu tunda serta kondisi peralatan seperti alat dalam keadaan rusak sehingga tidak ada produksi. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan efisiensi kerja untuk mencapai target produksi perusahaan.

Kesediaan Penggunaan Alat

Kesediaan alat dapat menunjukkan keadaan alat mekanis tersebut sehingga dapat menggambarkan efisiensi alat dengan beberapa faktor antara lain *mechanical availability*, *physical availability*, *use of availability*, dan *effective utilization*. Kesediaan alat dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 8. Presentase Kesediaan Alat

No	Nama Alat	MA %	PA%	AU%	EU%
1	Jaw	95%	96%	78%	75%
	Crusher	(Sangat baik)	(Sangat baik)	(Sedang)	(Sedang)
2	Feeder	96%	97%	78%	75%
		(Sangat baik)	(Sangat baik)	(Sedang)	(Sedang)
3	Vibrating	100%	100%	78%	75%
	Screen	(Sangat baik)	(Sangat baik)	(Sedang)	(Sedang)
4	Belt	96%	96%	78%	75%
	Conveyor	(Sangat baik)	(Sangat baik)	(Sedang)	(Sedang)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisa teknis produktivitas *crushing plant* pada produksi batu pecah dalam upaya pencapaian target

produksi PT. Nanda Karya Putra Pratama, kesimpulan yang diambil disini yaitu:

1. Produksi teoritis setiap alat berbeda-beda, berdasarkan spesifikasi alat yang digunakan. Volume *hopper* adalah 6.71 m³/jam, produksi teoritis *feeder* adalah 180 m³/jam, produksi teoritis *primary jaw crusher* adalah 10,46 m³/jam, produksi teoritis *secondary crusher* adalah 6,74 m³/jam, BC 1= 383,78 ton/jam, BC 2 = 382,32 ton/jam, BC 3=124,69 ton/jam, BC 4 sampai 7 = 114,05 ton/jam, volume masing-masing *deck screen* adalah 3,6 m³. Produksi aktual *crushing plant* juga berbeda-beda, *primary jaw crusher* adalah 9,59 m³/jam, sedangkan *secondary crusher* adalah 5,93 m³/jam.
2. Efisiensi kerja unit *crushing plant* yang tertinggi dapat dilihat pada hari ke-15 dengan nilai efisiensi 77%, sedangkan nilai efisiensi kerja terendah jatuh pada hari ke- 9 yaitu 58%. Rata-rata nilai efisiensi kerja *crushing plant* selama 139,98 jam kerja adalah 70%. Dikategorikan cukup berdasarkan standar nilai efisiensinya yaitu (0,65-0,75). Faktor utama penurunan efisiensi adalah waktu hambatan operasional seperti keterlambatan operator, kondisi cuaca, dan kerusakan peralatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgestone. 2006. "Conveyor Belt Design Manual, Bridgestone". Japan
- Currie, J.M. 1973. Unit Operation In Mineral Processing. CSM Press. Drzymala, Technology, Wiroclaw, Polandia, Page 100.
- 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*, Volume 2. No. 2.
- Langgu, Yalsriman., 2012. "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.
- Prodjosumarto Partanto, (1992), *Pemindahan Tanah Mekanis*" Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Partanto, P. 1995. *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Petambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Reisner, W., Eisenhart, R.M., (1971), *Bins and Bunkers for Handling Bulk Materials*.
- Rochmanhadi. (1990), *Pemindahan Tanah Mekanis PTM*. Penerbit Pekerjaan Umum.
- Swinderman, 2004. *Belt Conveyors for Bulk Materials. Conveyor Equipment Manufactures Association. USA*
- Saputra, I. H. (2015). *Berat Jenis Batuan Mineral (Specific Gravity)*. Dipublikasikan online 26 Januari 2015. Taggart, AF, 1953 "Handbook Of Mineral Dressing", John Willey and Son, Inc, New York, London and Sidney.
- Wills, B.A., dan Minm T.J.N, *Mineral Processing Thecnology*, Eighth Edition. Queensland. Elsevier Science & Thecnology Books. Hal 108- 117.2006.
- Vibrating Feeder. Lime Calcination Plant, AGICO Group, <https://limecalcinationplant.com/vibrating-feeder>