

**EVALUASI PRODUKTIFITAS CRUSHER PADA PABRIK
PENGOLAHAN BATUBARA PT. NUANSACIPTA COAL
INVESTMENT DI KECAMATAN PALARAN KOTA
SAMARINDA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Oleh:

Arif Ridhohanto¹, Akhmad Rifandy²

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi produktivitas *crusher* pada pabrik pengolahan batubara dengan tujuan mengetahui cara kerja dan perhitungan kapasitas alat-alat dari rangkaian unit *crushing plant*, waktu kerja produktif, produktivitas harian, dan faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja unit *crushing plant*.

Metodologi penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa tahapan yaitu studi literatur berupa studi pustaka referensi pada buku-buku dan jurnal, serta informasi pendukung lain yang bersifat teoritis. Tahapan selanjutnya berupa observasi lapangan yaitu data yang diperoleh dari peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan.

Dari penelitian di lapangan diperoleh data yaitu sistem pengolahan batubara yang ada di PT. Nuansacipta Coal Investment terdiri dari dua rangkaian unit *crushing* yaitu rangkaian *crusher* A dan B. *Crusher* yang digunakan baik pada *primary crusher* maupun *secondary crusher* berjenis *double toothed roll crusher* (dua rol bergerigi). Dari rangkaian alat pada unit *crushing plant* masing-masing alat memiliki kapasitas produksi dan diketahui total hasil perhitungan secara teoritis kapasitas alat dari rangkaian unit *crushing plant* A dan B yaitu kapasitas *hopper* = 58,55 ton, kapasitas *chain feeder* = 808,99 ton/jam, kapasitas *primary crusher* = 4.481,48 ton/jam, kapasitas *conveyor transfer* = 711,58 ton/jam, kapasitas *secondary crusher* = 2.614,2 ton/jam, dan kapasitas *stacking conveyor* = 961.66 ton/jam. Diketahui juga waktu kerja produktif pada bulan April 2023, *crusher* A = 27,22 jam atau 55,54% dan *crusher* B = 26,70 jam atau 54,49%. Nilai produktivitas aktual harian *crusher* A = 1.242,15 ton/hari dan *crusher* B = 1.218,57 ton/hari atau 136,92 ton/jam. Dari persentase waktu kerja produktif yang didapat diketahui unit *crushing plant* belum bekerja secara optimal, sehingga mempengaruhi efisiensi kerja yang ada karena faktor penghambat yang dapat dihindari seperti pengecekan awal (P2H) alat, mengisi BBM, *crusher* dan *belt conveyor* macet, *chute* buntu, dan yang tidak dapat dihindari seperti waktu istirahat, *stand by* (perintah atasan), cuaca hujan, dan rapat/*safety talk*.

Kata Kunci: *Crushing Plant*, Pengolahan Batubara, Efisiensi kerja,

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan galian yang strategis Dalam mencapai target produksi pengolahan, permasalahan yang dihadapi adalah adanya penundaan waktu yang dapat dihindari maupun tidak. Seperti alat pengolahan yang sedang *breakdown*, *hopper/chute conveyor* buntu, terjadi hujan, dan atau perbaikan unit alat pengolahan batubara. Dari keadaan ini tentunya diperlukan optimalisasi untuk mendapatkan waktu kerja produktif yang diharapkan.

Sehubungan dengan sasaran produksi batubara dan target produksi batubara yang ingin dicapai, maka dibutuhkan kemampuan produksi *crushing plant* yang maksimal. Atas hal tersebut maka penelitian difokuskan pada upaya mengevaluasi kemampuan produksi *crusher* pada pabrik pengolahan batubara dalam pencapaian target produksi yang diinginkan

2. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi produktivitas *crusher* pada pabrik pengolahan batubara PT. Nuansacipta Coal Investment khususnya batubara yang berasal dari PT. NCI sendiri.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- 1) Mengetahui cara kerja dan perhitungan kapasitas alat-alat yang terpasang dari rangkaian unit *crushing plant*.
- 2) Mengetahui waktu kerja produktif unit *crushing plant*.
- 3) Mengetahui produktivitas harian dari unit *crushing plant*.
- 4) Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja unit *crushing plant*.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan yang penulis lakukan dalam penyusunan laporan serta terdiri dari metode pengambilan data dari kegiatan pengolahan batubara.

- a. *Study Literature*, merupakan kegiatan penelitian awal yang dilakukan. Tahapan ini antara lain melakukan studi pustaka atau mencari referensi dan informasi serta laporan sebagai pendukung kegiatan penelitian yang bersifat teoritis.
- b. Observasi Lapangan dilakukan dengan metode pengumpulan data melalui pengamatan langsung dilapangan terkait dengan kegiatan pengolahan batubara pada unit *crushing plant*.
- c. Pengambilan Data
 - 1) Data Primer, yaitu pengambilan data secara langsung dilapangan meliputi data yang menunjang tujuan dari penelitian tersebut seperti: pengukuran dimensi alat serta perhitungannya, pengamatan waktu kerja alat, jumlah produksi aktual dari kegiatan, dan pengamatan waktu hambatan dan faktor yang mempengaruhi dari proses kegiatan produksi tersebut.

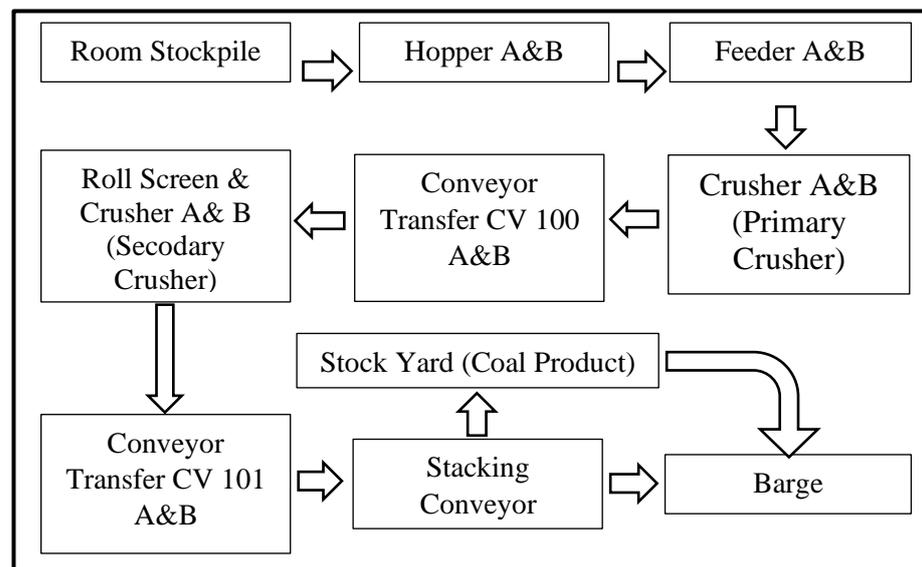
JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- 2) Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan referensi berkaitan sebagai data pelengkap, diperoleh dari instansi perusahaan, jurnal-jurnal, dan skripsi penelitian terdahulu.
- d. Pengolahan data, dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian dengan dibantu oleh berbagai sumber literatur, beberapa perhitungan dan penggambaran menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan rumus-rumus yang telah ada.
- e. Hasil Penelitian
- f. Laporan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kegiatan Pengolahan Batubara Unit *Crushing Plant*

- 1) Pengolahan Batubara PT. NCI
Pengolahan batubara yang dilakukan oleh PT. Nuansacipta Coal Investment yaitu dengan proses penggilingan atau *crushing*. *Crushing* berfungsi untuk mereduksi ukuran batubara sesuai rencana ukuran yang di inginkan.
- 2) Tahapan Pengolahan Pada Unit *Crushing Plant*



Gambar 1 Proses Pengolahan Pada Unit *Crushing Plant*

B. Peralatan Dan Kapasitas Alat Pada Rangkaian Unit *Crushing Plant*

Peralatan dan kapasitas pada tiap unit *crushing plant* dapat berbeda-beda disesuaikan dengan perencanaan maupun target produksi sistem *crushing* pada pabrik pengolahan batubara PT. Nuansacipta Coal Investment memiliki beberapa rangkaian peralatan dari unit *crushing* A dan B, serta kapasitas alat dihitung secara teoritis berdasarkan pengukuran dimensi alat oleh peneliti dan dihitung menggunakan rumus-rumus yang ada.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

1. Kapasitas *hopper*

Hopper pada lokasi penelitian terdiri dari dua unit yang berdampingan, yaitu *hopper* A dan B.

- *Hopper* A

Dimensi Atas : Panjang 6 m, Lebar 4 m
 Dimensi Bawah : Panjang 2.85 m, Lebar 1 m
 Tinggi : 2.5 m

- *Hopper* B

Dimensi Atas : Panjang 6 m, Lebar 4 m
 Dimensi Bawah : Panjang 2.85 m, Lebar 1 m
 Tinggi : 2.5 m

- *Density* batubara PT. NCI ditetapkan adalah 1.04 ton/m³

Dalam mencari ukuran luasan maka digunakan rumus:

$$L = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Luas atas} &= 6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 24 \text{ m}^2 \\ \text{Luas bawah} &= 2.85 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 2.85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

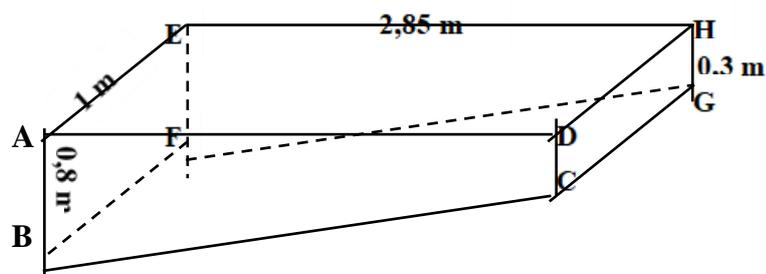
Volume *hopper* menggunakan persamaan (3.2) maka:

$$\begin{aligned} Vh &= \frac{1}{3} \times 2.5 \times (24 + 2.85 + \sqrt{24 \times 2.85}) \\ Vh &= 0.83 \times 32.03 \\ Vh &= 26.58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Paritan untuk *drag bar/feeder* pada *hopper* dihitung secara teoritis dengan persamaan rumus *Prisma Trapesium* berikut:

$$V = \text{Luas Alas} \times \text{Tinggi}$$

Bentuk paritan pada dasar *hopper* disimulasikan seperti gambar berikut:



Gambar 2 Paritan *Hopper* berbentuk *Prisma Trapesium*

Keterangan:

- AB, EF = 0,8 m

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- AE, BF, DH, CG = 1 m
- AD, EH = 2,85 m
- DC, HG = 0,3 m

Dengan demikian dapat dicari perhitungan luas alas dengan rumus berikut:

$$La = 1/2 \times (AB + CD) \times AD$$

$$La = \frac{1}{2} \times (0,8 + 0,3) \times 2,85$$

$$La = \frac{1}{2} \times 3,135$$

$$La = 1,5675 \text{ m}^2$$

Maka volume paritan tersebut adalah:

$$V = 1,5675 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V = 1,5675 \text{ m}^3$$

Total volume *hopper* dan paritan *drag bar* adalah:

$$V = 26,58 \text{ m}^3 + 1,5675 \text{ m}^3$$

$$V = 28,1475 \text{ m}^3$$

Perhitungan kapasitas *hopper* menggunakan persamaan (3.3) maka:

$$K = 28,1475 \text{ m}^3 \times 1.04 \text{ ton/m}^3$$

$$= 29,2734 \text{ ton}$$

Karena masing-masing *hopper* memiliki dimensi yang sama, maka kapasitas total *hopper* A dan B dalam kegiatan produksi adalah:

$$K. A\&B = 29,2734 \times 2$$

$$= 58,5468 \text{ ton}$$

Berdasarkan perhitungan secara teoritis, maka didapatkan volume *Hopper* A & B total $56,295 \text{ m}^3$ dan Kapasitas produksi *hopper* A & B total adalah 58,55 ton.

2. Kapasitas pengumpan (*feeder*)

Feeder pada lokasi pengamatan berjenis *chain and flight feeder* adalah pengumpan yang terdiri dari rangkaian *flight* (batang baja) yang berfungsi sebagai pendorong material menuju alat *crusher* (*primary crusher*). Karena satuan kecepatan adalah m/detik maka perhitungannya adalah:

$$v = \frac{1,06 \text{ m}}{10 \text{ detik}}$$

$$v = 0,106 \text{ m/detik}$$

Setelah didapat data kecepatan diatas, selanjutnya dapat ditentukan besaran kapasitas alat *feeder* dengan perhitungan teoritis menggunakan persamaan (3.4) berikut:

$$Q = A \times v \times 3600$$

$$Q = 1,06 \text{ m}^2 \times 0,106 \text{ m/detik} \times 3600$$

$$Q = 404,496 \text{ ton/jam}$$

Maka didapat bahwa kapasitas dari *feeder* adalah sebesar 404,496 ton/jam. Dengan demikian didapat hasil masing-masing *feeder* dari unit *crushing* "A dan B" yang memiliki total kapasitas alat sebesar 808,992 ton/jam.

3. Kapasitas *crusher* (*primary crusher* dan *secondary crusher*)

Crusher menggunakan tipe *roll* adalah tipe *crusher* dengan sistem gilang *rotary* dengan kecepatan rpm yang relatif lebih rendah dari *impact crusher* dan memiliki kapasitas produksi yang jauh lebih besar. Jenis *crusher* di lokasi penelitian menggunakan *double-toothed roll crusher* baik pada *primary crusher* dan *secondary crusher*.

a. *Primary crusher*

Dimensi *primary crusher* Diketahui:

$$\begin{aligned} \omega &= 150 \text{ rpm} \\ D &= 762 \text{ mm} = 0,762 \text{ m} \\ W &= 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m} \\ \delta &= 1,04 \text{ ton/m}^3 \\ L &= 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka perhitungan teoritis pada *primary crusher* adalah:

$$\begin{aligned} Q &= \pi \times 60 \times \omega \times D \times W \times L \times \delta \\ Q &= 3,14 \times 60 \times 150 \times 0,762 \times 1 \times 1,04 \times 0,1 \\ Q &= 2.240,74 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan kapasitas *roller crusher* pada *primary crusher* adalah sebesar 2.240,74 ton/jam. Dengan demikian total hasil masing-masing *primary crusher* dari unit *crushing* "A dan B" memiliki total kapasitas alat sebesar 4.481,48 ton/jam.

b. *Secondary crusher*

Dimensi *secondary crusher* Diketahui:

$$\begin{aligned} \omega &= 175 \text{ rpm} \\ D &= 762 \text{ mm} = 0,762 \text{ m} \\ W &= 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m} \\ \delta &= 1,04 \text{ ton/m}^3 \\ L &= 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka perhitungan teoritis pada *secondary crusher* adalah:

$$\begin{aligned} Q &= \pi \times 60 \times \omega \times D \times W \times L \times \delta \\ Q &= 3,14 \times 60 \times 175 \times 0,762 \times 1 \times 1,04 \times 0,05 \\ Q &= 1.307,1 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan kapasitas *roller crusher* pada *secondary crusher* adalah sebesar 1.307,1 ton/jam. Dengan demikian total hasil masing-masing *primary crusher* dari unit

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

crushing “A dan B” memiliki total kapasitas alat sebesar 2.614,2 ton/jam.

4. Kapasitas *belt conveyor*

Data hasil pengukuran dari dimensi *belt conveyor* pada kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:

a. *Conveyor transfer*

Pada *conveyor transfer* diketahui memiliki lebar *belt* 750 mm sama dengan 0,75 m, *angle of surcharge* 15°, kecepatan *belt* sebesar 2,6 m/detik sama dengan 156 m/menit, dan *density* batubara yang digunakan adalah 1.04 ton/m³. Sudut tumpah material sesuai kriteria adalah 20° (lihat Tabel 3.1).

Kapasitas teoritis dari *belt conveyor* dapat diketahui dari luas penampang melintang dengan muatan di atasnya, menggunakan persamaan (3.6) berikut:

$$\begin{aligned} A &= K \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \\ A &= 0,1106 \cdot ((0,9 \cdot 0,75) - 0,05)^2 \\ A &= 0,043 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya kapasitas teoritis *conveyor transfer* dihitung menggunakan persamaan (3.7) berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 60 \times A \times V \times Bi \times S \\ Q &= 60 \times 0,043 \times 156 \times 1,04 \times 0,85 \\ Q &= 355,79 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Maka diketahui kapasitas secara teoritis *conveyor transfer* dari unit *crushing* A dan B masing-masing sebesar 355,79 ton/jam atau total sebesar 711,58 ton/jam.

b. *Stacking conveyor*

Pada *stacking conveyor* diketahui memiliki lebar *belt* 1.050 mm sama dengan 1,05 m, *angle of surcharge* 25°, kecepatan *belt* sebesar 2,6 m/detik sama dengan 156 m/menit, dan *density* batubara yang digunakan adalah 1.04 ton/m³. Sudut tumpah material sesuai kriteria adalah 20° (lihat Tabel 3.1).

Kapasitas teoritis dari *belt conveyor* dapat diketahui dari luas penampang melintang dengan muatan di atasnya, menggunakan persamaan (3.6) berikut:

$$\begin{aligned} A &= K \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \\ A &= 0,1381 \cdot ((0,9 \cdot 1,05) - 0,05)^2 \\ A &= 0,111 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Selanjutnya kapasitas teoritis *stacking conveyor* dihitung menggunakan persamaan (3.7) berikut:

$$Q = 60 \times A \times V \times Bi \times S$$

$$Q = 60 \times 0,111 \times 156 \times 1,04 \times 0,89$$

$$Q = 961,66 \text{ ton/jam}$$

Maka berdasarkan perhitungan di atas diketahui Kapasitas produksi *stacking conveyor* adalah 961,66 ton/jam.

C. Waktu Kerja Efektif

Berikut adalah jam kerja efektif unit *crushing plant* secara nyata periode bulan April 2023 (Lampiran C) adalah sebagai berikut:

1. *Crushing Plant "A"*

Jam kerja efektif *crushing plant "A"* selama 3 hari dari 30 hari waktu penelitian adalah sebagai berikut:

- Waktu Kerja Efektif (W)	= 27,22 jam
- Waktu Tertunda (D)	= 10,03 jam
- Waktu <i>Repair</i> (R)	= 1,17 jam
- Waktu <i>Stand by</i> (I)	= 10,58 jam
<hr/>	
Total (S)	= 49,00 jam

Jam kerja efektif adalah waktu dimana paling efektif bagi alat *crushing plant* dalam melakukan aktifitas pekerjaan. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran D yang merupakan data harian efisiensi kerja *crusher* saat adanya kegiatan pengapalan (*coal barging*).

$$\text{Jam Kerja Efektif} = \frac{\text{Waktu Produksi Efektif}}{\text{Jam Kerja Yang Tersedia}} \times 100\%$$

$$\text{Jam Kerja Efektif} = \frac{27,22 \text{ jam}}{49,00 \text{ jam}} \times 100\% = 55,54\%$$

2. *Crushing Plant "B"*

Jam kerja efektif *crushing plant "B"* selama 3 hari dari 30 hari waktu penelitian adalah sebagai berikut:

- Waktu Kerja Efektif (W)	= 26,70 jam
- Waktu Tertunda (D)	= 11,72 jam
- Waktu <i>Repair</i> (R)	= 0,00 jam
- Waktu <i>Stand by</i> (I)	= 10,58 jam
<hr/>	
Total (S)	= 49,00 jam

Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran D yang merupakan data harian efisiensi kerja *crusher* saat adanya kegiatan pengapalan (*coal barging*).

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

$$\text{Jam Kerja Efektif} = \frac{26,70 \text{ jam}}{49,00 \text{ jam}} \times 100\% = 54,49\%$$

D. Nilai Efisiensi Kerja

Menurut Awang Suwandhi. 2001, efisiensi kerja merupakan elemen produksi yang harus diperhitungkan di dalam upaya mendapatkan harga produksi alat persatuan waktu yang akurat. Berikut ukuran efisiensi menggunakan data waktu untuk menunjukkan keadaan alat mekanis dan efektivitas penggunaannya yang merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan, yaitu:

1. Efisiensi Kerja Unit Crushing Plant "A"

Tabel 1 Total Jam Kerja Unit Crushing Plant "A"

Tanggal	Rencana Kerja (S)	Perbaikan (R)	Perawatan (M)	Tersedia (A)=S-M		
				Terhenti (I)	Operasi (O)=D+W	
					Tertunda (D)	Work (W)
(Jam)	(Jam)	(Jam)	(Jam)	(Jam)	(Jam)	
TOTAL JAM	49:00:00	1:10:00	0:00:00	10:35:00	10:02:00	27:13:00
RATA-RATA	9:48:00	0:14:00	0:00:00	2:07:00	2:00:24	5:26:36
TOTAL ANGKA	49.00	1.17	0.00	10.58	10.03	27.22

- a) **Efektivitas (*effectiveness*)** artinya adalah jam kerja efektif selama waktu yang disediakan untuk operasi. Menggunakan persamaan (3.8) adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{W}{O} \times 100\%$$

$$E = \frac{27,22}{10,03 + 27,22} \times 100\% = 73,06\%$$

Keberhasilan alat tersebut bekerja secara efektif sebesar 73,06% angka tersebut menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif.

- b) **Ketersediaan Fisik (*Physical or Mechanical Availability*)** merupakan ukuran sehat atau tidaknya suatu alat untuk beroperasi. Menggunakan persamaan (3.9) adalah sebagai berikut:

$$PA = \frac{A}{S} \times 100\%$$

$$PA = \frac{49 - 0}{49} \times 100\% = 100\%$$

Nilai ketersediaan fisik alat untuk bekerja adalah 100%, dengan demikian dalam waktu operasi yang digunakan tidak ada kegiatan perawatan dari alat-alat yang dioperasikan.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- c) **Utilitas (*Utility*)** menunjukkan persentase dari alat yang sehat tetapi terpaksa tidak beroperasi karena beberapa sebab. Menggunakan persamaan (3.10) adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{O}{A} \times 100\%$$

$$U = \frac{10,03 + 27,22}{49 - 0} \times 100\% = 76,02\%$$

Diperoleh persentase 76,02% dimana menunjukkan seberapa efektif suatu alat yang dalam kondisi baik dan dimanfaatkan untuk bekerja. Kemudian sebesar 23,98% dimana alat yang dalam kondisi baik tetapi tidak dioperasikan karena faktor penghambat seperti cuaca hujan, istirahat, dan diminta *stand by*.

- d) **Efisiensi Kerja Optimum** merupakan perkalian antara E, PA, dan U, sehingga dapat menggunakan persamaan (3.11) berikut:

$$Eff. Optimum = E \times PA \times U$$

$$Eff. Optimum = 73,06\% \times 100\% \times 76,02\%$$

$$= 55,54\%$$

Jadi efisiensi kerja optimum sebesar 55,54% sedangkan kehilangan nilai pada saat produksi adalah sebesar 44,46% ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menghambat jalannya produksi.

- e) **Efisiensi Kerja Rata-Rata** adalah persentase penjumlahan dari efektifitas, ketersediaan fisik, dan utilitas. Menggunakan persamaan (3.12) adalah sebagai berikut:

$$Eff \text{ Rata - rata} = \frac{E + PA + U}{3} \times 100\%$$

$$Eff \text{ Rata - rata} = \frac{73,06\% + 100\% + 76,02\%}{3} \times 100\%$$

$$= 83,03\%$$

Jadi efisiensi kerja rata-rata *crusher* "A" adalah 83,03%, dan nilai kehilangan waktu saat kegiatan produksi berjalan adalah sebesar 16,97%.

2. Efisiensi Kerja Unit Crushing Plant "B"

Tabel 2 Total Jam Kerja Unit Crushing Plant "B"

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Tanggal	Rencana Kerja (S) (Jam)	Perbaikan (R) (Jam)	Perawatan (M) (Jam)	Tersedia (A)=S-M		
				Terhenti (I) (Jam)	Operasi (O)=D+W	
					Tertunda (D) (Jam)	Work (W) S-R-M-I-D (Jam)
TOTAL JAM	49:00:00	0:00:00	0:00:00	10:35:00	11:43:00	26:42:00
RATA-RATA	9:48:00	0:00:00	0:00:00	2:07:00	2:20:36	5:20:24
TOTAL ANGKA	49.00	0.00	0.00	10.58	11.72	26.70

- a) **Efektivitas (*effectiveness*)** artinya adalah jam kerja efektif selama waktu yang disediakan untuk operasi. Menggunakan persamaan (3.8) adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{W}{O} \times 100\%$$

$$E = \frac{26,70}{11,72 + 26,70} \times 100\% = 69,50\%$$

Keberhasilan alat tersebut bekerja secara efektif sebesar 69,50% angka tersebut menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif.

- b) **Ketersediaan Fisik (*Physical or Mechanical Availability*)** merupakan ukuran sehat atau tidaknya suatu alat untuk beroperasi. Menggunakan persamaan (3.9) adalah sebagai berikut:

$$PA = \frac{A}{S} \times 100\%$$

$$PA = \frac{49 - 0}{49} \times 100\% = 100\%$$

Nilai ketersediaan fisik alat untuk bekerja adalah 100%, dengan demikian dalam waktu operasi yang digunakan tidak ada kegiatan perawatan dari alat-alat yang dioperasikan.

- c) **Utilitas (*Utility*)** menunjukkan persentase dari alat yang sehat tetapi terpaksa tidak beroperasi karena beberapa sebab. Menggunakan persamaan (3.10) adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{O}{A} \times 100\%$$

$$U = \frac{11,72 + 26,70}{49 - 0} \times 100\% = 78,40\%$$

Diperoleh persentase 78,40% dimana menunjukkan seberapa efektif suatu alat yang dalam kondisi baik dan dimanfaatkan untuk bekerja. Kemudian sebesar 21,60% dimana alat yang dalam kondisi baik tetapi tidak dioperasikan karena faktor penghambat seperti cuaca hujan, istirahat, dan diminta *stand by*.

- d) **Efisiensi Kerja Optimum** merupakan perkalian antara E, PA, dan U, sehingga dapat menggunakan persamaan (3.11) berikut:

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

$$\begin{aligned} \text{Eff. Optimum} &= E \times PA \times U \\ \text{Eff. Optimum} &= 69,50\% \times 100\% \times 78,40\% \\ &= 54,49\% \end{aligned}$$

Jadi efisiensi kerja optimum sebesar 54,49% sedangkan kehilangan nilai pada saat produksi adalah sebesar 45,51% ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menghambat jalannya produksi.

- e) **Efisiensi Kerja Rata-Rata** adalah persentase penjumlahan dari efektifitas, ketersediaan fisik, dan utilitas. Menggunakan persamaan (3.12) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Eff Rata - rata} &= \frac{E + PA + U}{3} \times 100\% \\ \text{Eff Rata - rata} &= \frac{69,50\% + 100\% + 78,40\%}{3} \times 100\% \\ &= 82,63\% \end{aligned}$$

Jadi efisiensi kerja rata-rata *crusher* "B" adalah 82,63%, dan nilai kehilangan waktu saat kegiatan produksi berjalan adalah sebesar 17,37%

E. Produktivitas Unit *Crushing Plant*

Secara umum produktivitas kerja merupakan hasil perbandingan atau persentasi antara *output* dan *input*.

1. Target Produksi Unit *Crushing Plant*
Target produksi dari unit *crushing plant* pada bulan April 2023 adalah 8.036 ton yang merupakan jumlah dari rencana kegiatan operasi produksi dari unit *crushing A* dan *B* pada satu kali kegiatan pengapalan (*barging*). Dan hasil produksi pengolahan batubara aktual yang dicapai adalah 7.382,161 ton.
2. Perhitungan Produktivitas Unit *Crushing Plant*
 - a) Produktivitas teoritis unit *crushing*
Perhitungan teoritis kapasitas alat dari unit *crushing A & B* sesuai yang di terangkan pada sub bab 4.2.2 dan lebih lanjut hasil pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Nilai Teoritis Produktivitas *Crusher*

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Keterangan	Primary Crusher	Secondary Crusher
π = Jari-jari	3.14 rpm	3.14 rpm
ω = Kecepatan putaran <i>double roll crusher</i>	150 m	175 m
D = Diameter <i>roll</i>	0.762 m	0.762 m
W = lebar permukaan <i>roll</i>	1 m	1 m
L = Jarak antar <i>roll</i>	0.1 m	0.05 m
δ = Density	1.04 m	1.04 m
Eff. Optimum	55.54%	54.49%
Rumus Produktivitas Crusher	$Q = \pi \times 60 \times \omega \times D \times W \times L \times \delta \times \text{Eff. Optimum}$	
Produktivitas <i>Crushing</i> "A"	1,243.85 ton/jam	711.86 ton/jam
Produktivitas <i>Crushing</i> "B"	1,243.85 ton/jam	711.86 ton/jam
Total <i>Crushing</i> = A+B	2,487.69 ton/jam	1,423.72 ton/jam

b) Produktivitas aktual unit *crushing*

Dari data yang didapat, total produksi aktual unit *crushing plant* A dan B selama bulan April 2023 adalah sebesar 7.382,161 ton dan total jam kerja produktif dari unit *crushing plant* adalah 53,92 jam. Maka perhitungan kapasitas aktual dari unit *crushing plant* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas crusher aktual} &= \frac{\text{Produksi aktual}}{\text{Waktu produksi aktual}} \\
 &= \frac{7.382,161 \text{ ton}}{53,92 \text{ jam}} \\
 &= 136,92 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga kapasitas aktual produksi dari unit *crushing plant* A & B pada bulan April 2023 dengan Tabel 4 dan 5 berikut:

Tabel 4 Nilai Ketersediaan Unit *Crushing Plant* "A"

No	Uraian	Bulan April 2023	
		Perbulan	Rata-rata
01	Waktu produksi (W)	27.22 Jam	9.07 Jam
02	Waktu perbaikan (R)	1,17 Jam	0,39 Jam
03	Waktu terhenti (S)	20,62 Jam	6,87 Jam
04	Waktu terjadwal (T)	49.00 Jam	9.80 Jam
05	Produksi aktual	3,726.451 ton	1,242.15 ton/hari
06	Target produksi	4,018.000 ton	1,339.33 ton/hari

Tabel 5 Nilai Ketersediaan Unit *Crushing Plant* "B"

No	Uraian	Bulan April 2023	
		Perbulan	Rata-rata
01	Waktu produksi (W)	26.70 Jam	8.90 Jam
02	Waktu perbaikan (R)	0,00 Jam	0,00 Jam
03	Waktu terhenti (S)	22,30 Jam	7,43 Jam
04	Waktu terjadwal (T)	49.00 Jam	9.80 Jam
05	Produksi aktual	3,655.710 ton	1,218.57 ton/hari
06	Target produksi	4,018.000 ton	1,339.33 ton/hari

F. Faktor Penghambat Efisiensi Kerja Unit *Crushing Plant*

Dari data penelitian diperoleh hambatan yang tidak dapat dikendalikan atau diminimalisir saat penelitian antara lain kerusakan atau penggantian *part* pada rangkaian unit *crushing plant*, *stand by* perintah atasan, waktu istirahat, dan cuaca hujan. Kemudian untuk hambatan yang dapat dikendalikan atau diminimalisir antara lain: P2H unit *crushing* dan Alat Berat, *prepare stockpile*, pengisian bahan bakar, *crusher* atau *belt conveyor* macet, *chute* buntu, dan lain-lain.

Hambatan-hambatan yang terjadi pada unit *crushing plant* PT. NCI pada saat penelitian tanggal 17 April 2023 sampai dengan 16 Mei 2023, kegiatan produksi hanya terjadi pada bulan April 2023 khusus di hari dan tanggal terjadwal ketika adanya kegiatan pemuatan batubara kedalam tongkang (*coal barging*) yaitu tanggal 17 s/d 19 April 2023 ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Evaluasi Komponen Hambatan Yang Dapat Dilakukan Perbaikan

No	Komponen Hambatan	Crusher "A"	Crusher "B"
		(Jam)	(Jam)
01	Prepare A2B	1:30	1:30
02	Prepare Stockpile	3:30	3:30
03	Isi BBM Genset	0:30	0:30
04	Crusher Macet	3:07	4:48
05	Chute Conveyor Buntu	0:30	0:30
06	Roll Screen Macet	-	-
07	Belt Conveyor Macet	0:55	0:55
08	Roll Conveyor Lepas	-	-
Total Tertunda (D)		10:02	11:43
01	Istirahat	4:00	4:00
02	Hujan	3:15	3:15
03	Stand by (perintah atasan)	3:20	3:20
04	Rapat / Safety Talk	-	-
Total Terhenti (I)		10:35	10:35
01	Waktu Perbaikan	1:10	-
02	Tunggu suku cadang	-	-
Total Perbaikan Mendadak (R)		1:10	-
Total Perawatan (M)		-	-

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Berikut faktor-faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target waktu produksi pada kegiatan *coal crushing* untuk pemenuhan pengapalan (*barging*) PT.NCI di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Material

Kondisi material batubara di dominasi oleh bongkahan-bongkahan kecil yang berukuran kurang dari 100 mm dan yang paling besar beberapa adalah berukuran kurang dari 200 mm. Bahkan sebagian tumpukan material yang di muat adalah material berupa remahan batubara dan telah terkontaminasi dengan tanah lempung, sehingga material menjadi lengket karena banyaknya kandungan air pada material tersebut. Pada proses peremukan, menyebabkan gangguan pada mesin *crusher* dan rangkaian dari unit *crushing plant*, dimana material tersebut akan mudah menempel pada bagian-bagian *crusher*, kemudian menumpuk, dan akhirnya menyebabkan macet pada roda gilas. Hal lain material lengket dan mengandung air, dapat menyebabkan *slip* pada *belt conveyor*, dan penumpukan material yang menempel pada dinding-dinding *chute* juga akan membuat *chute* mudah buntu. Maka dari kejadian tersebut menimbulkan *delay time* dimana dari 49 jam waktu yang digunakan pada unit *crushing plant* "A" menjadi tidak efektif bekerja selama 4 jam 32 menit, begitu juga *crushing plant* "B" yang tidak efektif bekerja selama 6 jam 13 menit pada kegiatan operasionalnya.

2. Kondisi Cuaca

Kondisi cuaca juga mempengaruhi jalannya produksi *crushing*, terutama hujan. Hujan mengakibatkan *total moisture* pada batubara meningkat dan alat *conveyor loading* tidak dapat beroperasi dengan baik. Serta jika dipaksakan, kondisi jalan *stockpile* yang umumnya adalah tanah akan cepat menjadi rusak dan berlubang untuk kegiatan muat/angkut batubara di *area ROM Stockpile*. Adapun waktu hujan saat kegiatan adalah total selama 3 jam 15 menit, yang menyebabkan beberapa kali perbaikan pada area jalan *stockpile* dan meningkatnya temperatur batubara akibat panas uap air yang terjebak pada tumpukan batubara sehingga harus didinginkan dengan cara mengupas tumpukan tersebut. Sebab hal tersebut efektifitas kerja unit *crushing plant* "A & B" berkurang untuk mempersiapkan kondisi *stockpile* atau mengatur alat berat yang juga memakan waktu selama 3 jam 30 menit. Hal lain akibat hujan tersebut menyebabkan *stockpile* sangat basah dan berlumpur sehingga pihak *buyer* memutuskan untuk menghentikan kegiatan sementara dan di dapat total waktu *stand by* selama 3 jam 20 menit hingga keputusan *buyer* untuk menyudahi proses *crushing*.

3. Operator

Skill operator A2B (alat-alat berat) yang bekerja mengoperasikan *wheel loader*, *excavator*, dan *dump truck* juga dapat mempengaruhi *losses*, dimana semakin tinggi *skill* operator yang bekerja maka akan semakin kecil *cycle time* alat muat dan alat angkut yang bekerja. Tetapi dalam hal ini terdapat

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

juga hal lain yang dapat mempengaruhi efisiensi kerja unit *crushing plant* yaitu kedisiplinan jam masuk dan mulai bekerja dari seluruh karyawan.

5. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan selama satu bulan di Unit Crushing Plant milik PT. Nuansacipta Coal Investment sejak tanggal 17 April sampai dengan 16 Mei 2023, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Batubara pada ROM *stockpile* dimuat oleh unit alat berat *wheel loader* dan/atau *exavator* sejenis PC300 kedalam *dump truck* Hino 500, diangkut untuk ditumpah ke *hopper* "A dan B" berkapasitas muat total 58,55 ton. Dari *hopper* batubara di dorong oleh *chain and flight feeder* dengan kapasitas total adalah 808,992 ton/jam menuju ke *primary crusher* dengan kapasitas teoritis total 2.487,69 ton/jam, *conveyor transfer* kapasitas total 711,58 ton/jam, *secondary crusher* dengan kapasitas 1.423,72 ton/jam, dan *stacking conveyor* dengan kapasitas total 961,66 ton/jam.
2. Waktu kerja efektif aktual selama penelitian unit *crushing* "A" adalah sebesar 27,22 jam sehingga memiliki nilai efektifitas alat sebesar 55,54 %. Sedangkan waktu kerja efektif aktual unit *crushing* "B" sebesar 26,70 jam dan memiliki nilai efektifitas alat sebesar 54,49%.
3. Nilai produktivitas aktual unit *crushing plant* "A" 1.242,15 ton/hari, dan nilai produktivitas aktual unit *crushing plant* "B" 1.218,57 ton/hari. Sedangkan perhitungan teoritis produktivitas masing-masing *crusher* "A" dan "B" adalah 1.423,72 ton/jam. Jumlah nilai produktivitas harian adalah 2.460,72 ton/hari atau 273,84 ton/jam dari produksi bulan April 2023.
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja unit *crushing plant* PT.NCI yaitu:
 - a) Kondisi material lengket dan terkontaminasi lempung sehingga mengganggu kinerja alat.
 - b) Kondisi cuaca hujan mengakibatkan kegiatan *crushing* terhenti dengan total waktu selama 3 jam 15 menit.
 - c) Pengaturan kedisiplinan jam kerja karyawan

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

6. DAFTAR PUSTAKA

- Danilof, O. S., Nugraha, W., Trides, T. 2019. Evaluasi Produktivitas Unit *Crushing Plant* Serta Faktor Yang Berpengaruh Pada *Coal Processing Plant* di PT. MNC Infrastruktur Utama Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol.(VII): 23–30.
- Gupta, A. And Yan, D.S. (2006), *Mineral Processing and Operation An Introduction*: Perth Australia
- Indonesianto, Y. 2007. “*Pemindahan Tanah Mekanis*”, Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “VETERAN” Yogyakarta.
- Irwandi, A. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Indonesia.
- Jumsar, Harjuni H., Sakdillah. 2020. Evaluasi Produktivitas *Crusher* Pada *Coal Processing Plant* Di PT. Bara Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol.8, No.1, Juni 2020: 6 - 8.
- Kelly, Errpl, G and Sporttiswood, David J. 1982. *Introduction to Mineral Processing*. Jhon Willey & Sons, Inc. Canada
- Partanto P. 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Institute Teknologi Bandung.
- _____. 1995. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Institute Teknologi Bandung.
- Peurifoy, Robert L. et al. 2006, *Construction Planning, Equipment, and Method*, 7th ed. New York: McGraw-Hill.
- Simatupang, Marangin dan Sigit, Soetaryo. 1992. *Pengantar Pertambangan Indonesia*. Jakarta: Asosiasi Pertambangan Indonesia.