

PRODUKTIVITAS HAMMER CRUSHER TUBAN 1 UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI BATU KAPUR SEBESAR 425.250 TON/BULAN DI PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk

HAMMER CRUSHER TUBAN 1 PRODUCTIVITY TO REACH PRODUCTION TARGET OF 425.250 TONS/MONTH AT PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk

Ahmad Fahrudin¹, Mukiat², Fuad Rusydi Suwardi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia
Email: ahmad.fahrudin26@gmail.com

ABSTRAK

Proses pembuatan semen terdapat suatu kegiatan peremukan material batu kapur yang telah diangkut dari area penambangan. Tahapan peremukan ini merupakan aspek penting dalam proses penyediaan bahan baku yang sesuai untuk digunakan dalam proses selanjutnya. Untuk memenuhi kebutuhan perusahaan, unit crushing plant Tuban 1 ditargetkan memproduksi batu kapur sebesar 425.250 ton/bulan dengan waktu kerja tersedia sebesar 744 jam. Namun pada kenyataannya, produksi unit crushing plant Tuban 1 adalah sebesar 304.445 ton/bulan dengan waktu kerja efektif sebesar 230,77 jam. Hasil tersebut belum memenuhi target produksi yang telah direncanakan, hal ini dikarenakan waktu kerja efektif yang rendah akibat adanya faktor mekanis dan non-mekanis yang mempengaruhi kegiatan peremukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai produktivitas aktual batu kapur unit crushing plant Tuban 1 milik PT Semen Indonesia, nilai-nilai kesediaan aktual alat dan setelah dilakukan alternatif solusi, nilai-nilai kesediaan alat berubah, serta dampak perusahaan perbaikan nilai kesediaan alat. Faktor yang sangat besar menyumbang kehilangan waktu kerja efektif adalah faktor non-mekanis, faktor tersebut diantaranya adalah kondisi stockpile batu kapur yang penuh, ketersediaan alat muat-angkut, dan pergantian shift kerja. Total kehilangan waktu akibat kondisi stockpile penuh adalah sebesar 428,43 jam, akibat ketersediaan alat muat-angkut sebesar 47,12 jam dan akibat pergantian shift kerja sebesar 15,07 jam. Guna mencapai target produksi yang telah ditetapkan, maka diusulkanlah alternatif solusi terhadap ketiga penyebab kehilangan waktu kerja efektif tersebut, yaitu dengan menambah perluasan area stockpile batu kapur sehingga kehilangan waktu kerja menjadi 308,43 jam, melakukan pengawasan terhadap ketersediaan alat muat dan alat angkut sehingga kehilangan waktu kerja menjadi 17,12 jam, serta mendisiplinkan pergantian shift yang dilakukan oleh para pegawai sehingga kehilangan waktu kerja menjadi 2,57 jam. Jika alternatif solusi ini dapat direalisasikan maka nilai produktivitas batu kapur pada unit crushing plant Tuban 1 mencapai 518.827,40 ton/bulan.

Kata kunci: Produktivitas, crushing plant, efisiensi

ABSTRACT

The process of making cement there is an activity of crushing limestone material that has been transported from the mining area. This stage of crushing is an important aspect in the process of providing raw materials suitable for use in the next process. To meet the needs of the company, the Tuban 1 crushing plant unit is targeted to produce 425,250 tons / month of limestone with an available working time of 744 hours. But in reality, the production of the Tuban 1 crushing plant is 304,445 tons / month with an effective working time of 230.77 hours. These results have not met the planned production targets, this is due to the low effective working time due to mechanical and non-mechanical factors that affect crushing activities. A very large factor contributing to the loss of effective work time is non-mechanical factors, these factors include the condition of full limestone stockpiles, availability of loading and unloading equipment, and shifts in work shifts. The total time lost due to the condition of the full stockpile is 428.43 hours, due to the availability of haulage equipment of 47.12 hours and due to a change of work shift of 15.07 hours. In order to achieve the

predetermined production targets, a solution alternative was proposed for the three causes of the loss of effective working time, namely by increasing the limestone stockpile area so that the work time lost to 308.43 hours, supervising the availability of loading equipment and transportation equipment so that working time becomes 17.12 hours, and disciplines shift changes made by employees so that work time is lost to 2.57 hours. If this alternative solution can be realized, the value of limestone productivity at the Tuban 1 crushing plant unit reaches 518,827.40 tons/month.

Keywords: Productivity, crushing plant, efficiency

1. PENDAHULUAN

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan salah satu produsen semen di Indonesia. Dalam memproduksi semen perusahaan ini menjalankan 4 pabrik di dalamnya yang disebut pabrik Tuban 1, Tuban 2, Tuban 3, dan Tuban 4. Salah satu bahan baku utama dalam pembuatan semen adalah batu kapur. Batu kapur yang telah diangkut dari area penambangan dilakukan pengolahan/pengecilan ukuran di pabrik peremukan (*crushing plant*) menggunakan alat *hammer crusher* guna memenuhi syarat tertentu untuk dilakukan proses selanjutnya. Tahapan *crushing* merupakan tingkatan mekanik pertama dalam proses kominusi [1].

Pabrik Tuban 1 memiliki target produksi batu kapur sebesar 425.250 ton/bulan dengan waktu kerja yang tersedia setiap harinya adalah sebanyak 24 jam. Namun dalam kegiatan produksinya, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhinya, baik itu faktor alam, faktor manusia, maupun faktor peralatan [2]. Unit *crushing plant* sering mengalami hambatan yang menyebabkan nilai efisiensi kerja dan tingkat produktivitas alat rendah, sehingga target produksi batu kapur sebesar 425.250 ton/bulan di pabrik Tuban 1 kerap tidak tercapai.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai produktifitas aktual batu kapur unit *crushing plant* Tuban 1 milik PT Semen Indonesia, Nilai-nilai kesediaan aktual alat dan setelah dilakukan alternatif solusi, nilai-nilai kesediaan alat berubah, serta dampak perusahaan perbaikan nilai kesediaan alat.

Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian teknis untuk mengetahui nilai efisiensi dan tingkat produktivitas pada unit *hammer crusher* di Tuban 1 serta memberikan alternatif solusi terhadap faktor-faktor yang menyebabkan unit *hammer crusher* tidak dapat bekerja secara maksimal, sehingga diharapkan terjadi peningkatan nilai efisiensi dan tingkat produktivitas dalam kegiatan pengolahan batu kapur di unit *crushing plant* Tuban 1 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, Kabupaten Tuban.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 02 April 2018 sampai dengan tanggal 27 April 2018 di unit kerja *Crushing Plant* Tuban 1 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. Perusahaan ini terletak di Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Kabupaten Tuban adalah kabupaten paling Barat dan paling Utara di Provinsi Jawa Timur.

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian ini antara lain:

2.2.1. Studi Literatur

Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang sudah ada yang berhubungan langsung dengan judul penelitian.

2.2.2. Survei Lapangan

Tahapan ini bertujuan untuk memahami kondisi aktual proses pengolah batu kapur di pabrik Tuban 1 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk sehingga penulis dapat memahami tahapan penelitian yang dilakukan.

2.2.3. Pengumpulan Data

Tahapan ini bertujuan guna memperoleh data-data yang dibutuhkan, data tersebut meliputi:

a. Data Primer

Data ini berisikan data ukuran umpan yang masuk ke *hammer crusher* dan data ukuran produk yang dihasilkan oleh *hammer crusher*. Pengambilan data ukuran ini dilakukan dengan cara mengukur dimensi panjang (P), lebar (L), dan tinggi (T) material menggunakan meteran. Pengambilan data ukuran umpan diambil dari material yang tertumpuk di

sekitar area *crusher*, material yang tertumpuk di area tersebut biasanya karena *crusher* mengalami masalah sehingga ditumpuk sementara di area dekat *crusher*. Sedangkan pengambilan data produk dilakukan dengan cara mengukur dimensi sampel produk di *stockpile* batu kapur. Sebanyak 40 sampel umpan dan 40 sampel produk diukur dan dicatat. Kemudian tiap dimensi panjang, lebar, dan tingginya dirata-ratakan, dari 3 dimensi tersebut diambil rata-rata tertinggi (maksimum) untuk kemudian dilakukan perbandingan rata-rata maksimum ukuran umpan dengan rata-rata maksimum ukuran produk.

Dari hasil pengambilan sampel menunjukkan bahwa ukuran rata-rata tertinggi umpan sebesar 71,20 cm dengan ukuran linier umpan maksimum sebesar 138 cm dan minimum 26 cm, sedangkan ukuran rata-rata tertinggi produk sebesar 14,23 cm dengan ukuran linier produk maksimum sebesar 21 cm dan minimum 6 cm (Tabel 1). Data ini dikumpulkan untuk mengetahui nilai *reduction ratio* yang sebenarnya.

b. Data Sekunder

Data ini didapat dari arsip perusahaan, data ini berisikan data target produksi batu kapur, data jumlah umpan (*feed*) dan produk batu kapur dari unit *crushing plant*, data jumlah waktu kerja efektif dan waktu hambatan operasional unit *crushing plant* (Tabel 2), serta data spesifikasi alat *hammer crusher* yang digunakan di pabrik Tuban 1.

Diketahui bahwa unit *crushing plant* Tuban 1 memiliki target produksi sebesar 425.250 ton/bulan di bulan Januari 2018, dengan waktu tersedia sebesar 24 jam/hari yang dilakukan selama 31 hari/bulan. Pada bulan Januari perusahaan mencatat total umpan yang masuk adalah sebesar 313.474 ton dan dihasilkan produk sebesar 304.445 ton. Alat *hammer crusher* yang terpasang di *crushing plant* Tuban 1 memiliki kapasitas teoritis alat sebesar 1.400 ton/jam.

Tabel 1. Data ukuran sampel umpan dan produk *hammer crusher*

No. Sampel	Ukuran Umpan (cm)			No. Sampel	Ukuran Produk (cm)		
	P	L	T		P	L	T
Rata-rata	71,20	61,60	49,53	Rata-rata	14,23	11,80	9,03
Maksimum	138	135	105	Maksimum	21	17	13
Minimum	43	32	26	Minimum	9	8	6

Tabel 2. Data *downtime* pada unit *crushing plant* Tuban 1 bulan Januari 2018

Tgl	Jenis Hambatan								Waktu efektif (menit)
	Non-Mekanis / <i>Standby hours</i> (menit)					Mekanis / <i>Repair hours</i> (menit)			
	<i>Stockpile</i> penuh	Ketersediaan alat muat-angkut	Pergantian <i>shift</i>	Kegiatan <i>blasting</i>	Lainnya	Mekanikal	Elektrikal	Proses	
1	983	82	0	42	0	0	0	12	321
2	980	128	0	0	0	0	0	24	308
3	1.078	110	0	21	0	0	0	0	231
4	332	75	0	0	0	0	12	18	1.003
5	525	104	42	0	157	0	6	29	577
6	1.151	85	0	0	0	0	0	0	204
7	1.206	44	0	0	0	0	0	0	190
8	533	43	54	0	0	0	14	153	643
9	568	152	78	11	0	28	14	0	589
10	887	200	13	0	0	0	72	0	268
11	782	98	0	0	14	0	0	15	531
12	168	98	74	0	193	0	0	30	877
13	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0
14	614	105	76	0	0	5	0	139	501
15	528	51	79	28	23	0	0	12	719
16	831	103	27	30	0	0	0	12	437
17	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1.204	21	0	0	0	0	0	0	215
19	598	157	86	0	0	13	0	0	586
20	105	148	87	0	0	0	29	26	1.045
21	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0

Tgl	Jenis Hambatan								Waktu efektif (menit)
	Non-Mekanis / Standby hours(menit)					Mekanis / Repair hours (menit)			
	Stockpile penuh	Ketersediaan alat muat-angkut	Pergantian shift	Kegiatan blasting	Lainnya	Mekanikal	Elektrikal	Proses	
22	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1.064	75	0	0	0	0	0	0	301
24	118	174	74	0	11	0	0	39	1.024
25	1.148	40	0	0	0	4	0	12	236
26	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0
27	543	140	72	0	0	0	0	9	676
28	97	212	70	0	0	60	0	12	989
29	1.440	0	0	0	0	0	0	0	0
30	913	68	0	0	0	0	0	0	459
31	110	314	72	10	0	0	0	18	916
Σ	25.706	2.827	904	142	398	110	147	560	13.846
	29.977					817			
	30.794								

2.2.4. Pengolahan data

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis dengan bantuan sumber-sumber kepustakaan yang berkaitan dengan permasalahan ini. Data ukuran umpan dan produk *hammer crusher* (Tabel 1) digunakan untuk perhitungan terhadap nilai *reduction ratio* alat *hammer crusher*. *Reduction ratio* sangat menentukan keberhasilan suatu peremuk, karena besar kecilnya nilai *reduction ratio* ditentukan oleh kemampuan alat peremuk untuk mengecilkan ukuran material yang akan diremuk [1]. Nilai *reduction ratio* alat *hammer crusher* mencapai 15:1 [3]. Untuk mengetahui nilai dari *reduction ratio* dan efektifitas alat peremuk batuan dapat dihitung dengan Pers. (1-2) [4].

$$RR_{teoritis} = \frac{\text{ukuran feed teoritis}}{\text{ukuran produk teoritis}} \tag{1}$$

$$RR_{aktual} = \frac{\text{ukuran rata-rata tertinggi feed aktual}}{\text{ukuran rata-rata tertinggi produk aktual}} \tag{2}$$

Dari data jumlah produksi batu kapur dapat diketahui laju pengumpanan, laju produktivitas, ketercapaian produksi, dan efektifitas unit *hammer crusher* dengan menggunakan persamaan berikut (Pers. 3-6):

$$\text{Laju pengumpanan} = \text{Total umpan} : \text{waktu efektif produksi} \tag{3}$$

$$\text{Laju produktivitas} = \text{Total produk} : \text{waktu efektif produksi} \tag{4}$$

$$\text{Ketercapaian produksi} = \text{Total produksi} : \text{target produksi} \tag{5}$$

$$\text{Efektifitas alat (Ep)} = \frac{\text{Total jumlah produk}}{\text{Total Jumlah Umpan}} \tag{6}$$

Dari data waktu hambatan (*downtime*) yang terjadi di unit *crushing plant* Tuban 1 (Tabel 2) dapat dihitung nilai efisiensi kerja selama kegiatan produksi berlangsung guna mengetahui seberapa besar waktu tersedia dimanfaatkan untuk kegiatan operasi yang efektif. Untuk mengetahui nilai persentase efisiensi kerja (Eff) unit *crushing plant* di Tuban 1, dapat dihitung dengan Pers. (7) [5]:

$$\text{Eff} = \frac{\text{waktu kerja efektif}}{\text{waktu kerja tersedia}} \times 100\% \tag{7}$$

Besar-kecilnya nilai produktivitas suatu alat dipengaruhi juga oleh besarnya nilai kesediaan alat. Nilai kesediaan alat ini terdiri dari nilai kesediaan mekanik (*mechanical availability*), nilai kesediaan fisik (*physical availability*), dan nilai kesediaan penggunaan (*use of availability*) [6]. Dengan menggunakan data *downtime* (Tabel 2), nilai-nilai kesediaan alat dapat dihitung menggunakan Pers. (8-10)

a. Nilai Kesediaan Mekanik (*Mechanical Availability*)

Faktor ini menunjukkan kesediaan alat dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu yang digunakan untuk memperbaiki mesin, perawatan, dan alasan mekanis lainnya. Jika kesediaan mekanis kecil maka kondisi mekanis alat kurang baik. Nilai ini dapat dihitung menggunakan Pers. (8) [7]:

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

MA = *Mechanical availability* / kesediaan mekanik (%)

W = *Workinghour* / jumlah waktu kerja efektif

R = *Repairhour* / jumlah waktu hambatan mekanis

b. Nilai Kesediaan Fisik (*Physical Availability*)

Faktor ini menunjukkan kesediaan alat untuk melakukan kerja dengan memperhitungkan waktu yang hilang karena faktor alasan mekanis dan non- mekanis alat. Nilai kesediaan fisik biasanya lebih besar daripada nilai kesediaan mekanis, jika nilai kesediaan fisik lebih kecil berarti alat belum digunakan sesuai dengan kemampuannya. Nilai ini dapat dihitung menggunakan Pers. (9) [7]:

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

Keterangan:

PA = *Physical availability* / kesediaan fisik (%)

W = *Workinghour* / jumlah waktu kerja efektif

R = *Repairhour* / jumlah waktu hambatan mekanis

S = *Standby hour* / jumlah hambatan non-mekanis

c. Nilai Kesediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

Faktor ini menunjukkan efisiensi kerja selama waktu kerja tersedia di mana kondisi alat tidak rusak. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa efektif alat yang tidak rusak dimanfaatkan dan menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan peralatan yang digunakan. Persentase rendah menunjukkan bahwa pengoperasian alat tidak maksimal. Nilai ini dapat dihitung menggunakan Pers. (10) [7]:

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

Keterangan:

UA = *Use of availability* / kesediaan penggunaan (%)

W = *Workinghour* / jumlah waktu kerja efektif

S = *Standby hour* / jumlah hambatan non-mekanis

Dari data-data di atas dapat ditentukan juga nilai beban produksi per jam, yaitu seberapa besar nilai rata-rata produksi yang harusnya dicapai oleh alat sebanyak ton per jam guna mencapai target produksi (Tp) yang telah ditetapkan dengan memperhitungkan jumlah waktu kerja tersedia (Wt) dan nilai persentase waktu produktif selektif (Wpe). Nilai beban produksi per jam dapat diketahui melalui Pers. (11-12):

$$Wpe = \frac{(Wt - Wh)}{Wt} \times 100\% \quad (11)$$

$$Th = \frac{Tp}{Wt \times Wpe} \quad (12)$$

Keterangan:

Wpe = Waktu produktif selektif / efisiensi kerja (%)

Th = Beban produksi per jam (ton/jam)

Tp = Target produksi (ton/bulan)

Wt = Jumlah waktu kerja tersedia (jam/bulan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diketahui bahwa unit *hammer crusher* Tuban 1 memiliki target produksi sebesar 425.250 ton/bulan di bulan Januari dengan waktu yang disediakan untuk mencapai target produksi adalah sebanyak 24 jam/hari selama 31 hari. Namun data perusahaan mencatat bahwa target tersebut tidak tercapai, dengan total umpan 313.474 ton dihasilkan produk 304.445 ton. Guna meningkatkan produksi batu kapur, perlu diketahui terlebih dahulu kondisi awal dan penyebab ketidaktercapaian. Faktor-faktor penyebab tidak tercapainya target produksi suatu alat dapat disebabkan oleh nilai efisiensi kerja, nilai-nilai ketersediaan alat, dan kemampuan alat.

3.1. Perhitungan Efisiensi Unit *Crushing Plant* dalam Kondisi Aktual

Nilai Efisiensi ini menunjukkan seberapa besar persentase waktu yang dimanfaatkan untuk kegiatan operasi yang efektif [8] pada unit *crushing plant* dengan memperhatikan jumlah kehilangan waktu yang disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhinya. Diketahui bahwa waktu kerja tersedia adalah 24 jam/hari selama 31 hari/bulan, dengan waktu kerja efektif yang terpakai adalah 13.846 menit/bulan (Tabel 2). Dari data tersebut diketahui persentase efisiensi kerja (Eff) yang dihitung dengan menggunakan Pers. (7) adalah sebesar 31,02%. Nilai efisiensi ini dapat dikatakan tidak baik.

Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa dengan angka efisiensi kerja sebesar 31,02% maka unit *crushing plant* saat ini memiliki nilai produktivitas sebesar 304.445 ton/bulan. Nilai ini masih belum mencapai target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 425.250 ton/bulan dengan kata lain tingkat ketercapaian target produksidihitung menggunakan Pers.(5) adalah sebesar 71,59%.

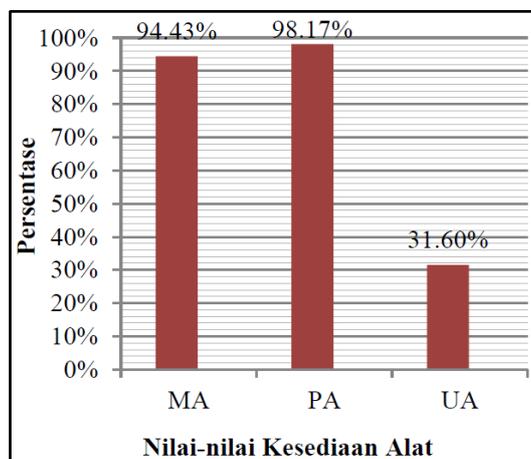
Rendahnya nilai efisiensi kerja unit *crushing plant* menunjukkan kondisi yang tidak baik, hal ini disebabkan karena waktu yang telah disediakan kurang dimanfaatkan secara efektif semaksimal mungkin. Untuk mengetahui apakah rendahnya waktu efektif tersebut disebabkan kondisi alat atau kondisi di luar alat dapat diketahui dengan perhitungan terhadap nilai kesediaan alat.

3.2. Perhitungan Kesiediaan Alat (*Availability*)

Nilai kesediaan alat merupakan salah satu faktor ketercapaian target produksi suatu alat dengan memperhatikan waktu yang hilang atau waktu hambatan. Adapun lamanya waktu hilang akibat hambatan-habatan yang terjadi ketika operasional unit *crushing plant* berlangsung adalah tertera pada tabel (Tabel 2). Berdasarkan data pada tabel (Tabel 2) tersebut, dapat dihitung nilai-nilai kesediaan alat unit *crushing plant* guna mengetahui seberapa besar tingkat alat tersebut digunakan dalam proses produksi batu kapur dengan menggunakan Pers. (8-10).

- a. Nilai kesediaan mekanis (*mechanical availability*) dihitung menggunakan Pers. (8) adalah sebesar 94,43%.
- b. Nilai kesediaan fisik (*physical availability*) dihitung menggunakan Pers. (9) adalah sebesar 98,17%.
- c. Nilai kesediaan penggunaan (*use of availability*), dihitung menggunakan Pers (10) adalah sebesar 31,60%.

Dari hasil perhitungan tersebut didapatlah grafik (Gambar 1) yang menunjukkan nilai-nilai kesediaan yang dimiliki unit *crushing plant* Tuban 1 saat ini. Grafik tersebut menjelaskan bahwa unit *crushing plant* Tuban 1 memiliki nilai kesediaan mekanik (MA) sebesar 94,43%, nilai kesediaan fisik (PA) sebesar 98,17%, nilai kesediaan penggunaan (UA) sebesar 31,60 %, dan nilai kesediaan rata-rata (Wpe) sebesar 74,73%.



Gambar 1. Nilai-nilai kesediaan alat unit *crushing plant* Tuban 1 dalam kondisi aktual

Nilai-nilai di atas menunjukkan bahwa kesediaan alat baik segi fisik ataupun mekanis adalah baik. Namun pemanfaatan alat yang kurang maksimal inilah yang dianggap tidak baik. Rendahnya nilai efisiensi dan nilai kesediaan penggunaan menyebabkan rendahnya produktifitas alat *hammer crusher*. Maka dibutuhkan alternatif solusi guna meningkatkan nilai-nilai efisiensi dan kesediaan alat, sehingga dihapakan nilai produksi dapat meningkat.

3.3. Alteratif Solusi untuk Mengatasi Masalah Produktivitas Unit *Crushing Plant* Tuban 1 dan Kajiannya

Nilai-nilai kesediaan alat di atas menunjukkan bahwa waktu efektif yang hilang adalah cukup besar. Guna memperbaiki nilai-nilai pada unit *crushing plant* tersebut, maka diperlukan alternatif solusi untuk meningkatkan waktu kerja efektif yang hilang sehingga nilai-nilai pada unit *crushing plant* dapat ditingkatkan. Jika dilihat pada data (tabel 2) kehilangan waktu akibat adanya hambatan yang paling besar adalah disebabkan oleh kondisi *stockpile* penuh, ketersediaan alat muat dan alat angkut, serta kehilangan waktu akibat pergantian *shift*, maka dari itu penulis berupaya memberikan alternatif solusi terhadap ketiga macam hambatan tersebut. Adapun alternatif solusi yang disarankan oleh Penulis adalah sebagai berikut:

- a. Hilangnya waktu akibat hambatan *stockpile* penuh sangatlah besar jika dibandingkan dengan hilangnya waktu akibat hambatan-hambatan yang lainnya. Penulis menyarankan untuk melakukan perluasan pada *stockpile* yang ada saat ini dengan memperhatikan ulang area yang tersedia dan nilai keekonomisannya. Jika alternatif solusi ini dilakukan, maka unit *crushing plant* dalam setiap *shift* kerja diharapkan dapat beroperasi dengan waktu operasi mendekati waktu operasi rata-rata per-*shift*. Sehingga waktu yang hilang akibat hambatan *stockpile* penuh ini dapat dikembalikan sekitar 7.200 menit, atau waktu yang hilang akibat hambatan ini adalah sebesar 18.506 menit.
- b. Hilangnya waktu akibat hambatan ketersediaan alat muat-angkut juga cukup besar. Penulis menyarankan meningkatkan penjadwalan perawatan preventif terhadap alat muat dan alat angkut yang dipakai guna menjaga kondisi alat agar tidak cepat rusak. Disamping itu perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap nilai keserasian untuk dapat menambah alat muat atau alat angkut guna meningkatkan nilai produksinya. Jika alternatif solusi ini dilakukan, maka hilangnya waktu akibat ketersediaan alat muat-angkut dapat dikembalikan sebesar 1.800 menit atau hilangnya waktu akibat hambatan ini menjadi 1.027 menit.
- c. Hilangnya waktu akibat hambatan pergantian *shift* juga memakan waktu cukup besar dan mempengaruhi waktu kerja efektif. Penulis menyarankan agar waktu *overshift* tidak lebih dari 10 menit/*shift*. Jika kedisiplinan para pegawai dapat ditingkatkan dan solusi ini dapat diterapkan, maka solusi ini dapat mengembalikan waktu yang hilang sebanyak 750 menit atau hilangnya waktu akibat hambatan pergantian *shift* menjadi 154 menit.

Jika ketiga alternatif solusi ini dapat direalisasikan, maka akan terjadi peningkatan waktu efektif operasi unit *crushingplant* seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut (Tabel 3):

Tabel 3. Waktu hambatan (*downtime*) *crushing plant* Tuban 1 jika alternatif solusi diterapkan

NO	Jenis Hambatan	Waktu (menit/bulan)	Jumlah (menit/bulan)
1	Hambatan Non-mekanis:		
	a. <i>Stockpile</i> penuh	18.506	20.227
	b. Ketersediaan alat muat-angkut	1.027	
	c. Pergantian <i>shift</i>	154	
	d. Kegiatan Peledakan	142	
e. Lain-lain	398		
2	Hambatan Mekanis:		
	a. Mekanikal	110	817
	b. Elektrikal	147	
c. Proses	560		
		Total	21.044

Tabel 4. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah alternatif solusi diterapkan

No.	Kondisi	Sebelum (menit/bulan)	Sesudah (menit/bulan)
1.	<i>Standby hours</i>	29.977	20.227
2.	<i>Repairhours</i>	817	817
3.	Waktu tidak produktif	30.794	21.044
4.	Waktu efektif operasi	13.846	23.596

Tabel di atas (Tabel 4) menunjukkan perbandingan jumlah konsumsi waktu pada kondisi aktual (sebelum alternatif solusi dilaksanakan) dengan jumlah konsumsi waktu apabila alternatif solusi diterapkan.

Jika alternatif solusi diterapkan, maka kondisi efisiensi, produktivitas, nilai-nilai kesediaan, serta nilai beban produksi per jam pada unit *crushing plant* Tuban 1 akan mengalami perubahan menjadi lebih baik. Berikut perhitungan terhadap nilai-nilai yang dapat diperbaiki:

a. Efisiensi kerja setelah dilakukan alternatif solusi

Setelah dilakukan perbaikan terhadap waktu efektif operasi unit *crushing plant*, nilai efisiensi kerja mengalami peningkatan. Diketahui waktu kerja efektif setelah perbaikan adalah sebesar 23.596 menit atau setara 393,27 jam, dengan waktu kerja tersedia selama 744jam, maka nilai efisiensi yang dihitung menggunakan Pers. (7) adalah sebesar 52,86%.

b. Produktivitas unit *crushing plant* tuban 1 setelah dilakukan alternatif solusi

Diketahui bahwa produksi sebelum perbaikan (aktual) adalah 304.445 ton/bulan dengan waktu kerja efektif sebesar 13.846 menit/bulan atau setara 230,77 jam/bulan maka dengan Pers. (4) didapatkan laju produktivitas sebesar 1.319,28 ton/jam. Jika diasumsikan bahwa laju produktivitas setelah perbaikan adalah sama dengan laju produktivitas sebelum perbaikan yaitu sebesar 1.319,28 ton/jam, nilai produktivitas unit *crushing plant* pun mengalami peningkatan setelah dilakukan perbaikan terhadap waktu efektif. Dengan waktu efektif sebesar 23.596 menit/bulan atau setara 393,27/bulan jam maka nilai produktivitas *hammer crusher* yang dihitung menggunakan Pers. (4) adalah sebesar 518.827,40 ton/bulan.

c. Nilai-nilai kesediaan alat setelah dilakukan alternatif solusi

Selain nilai efisiensi dan nilai produktivitas meningkat, nilai-nilai kesediaan alat pun mengalami peningkatan setelah dilakukan upaya perbaikan. Nilai kesediaan alat yang mengalami peningkatan adalah nilai kesediaan mekanis dan nilai kesediaan penggunaan.

c.1. Nilai kesediaan mekanis(*mechanical availability*) dihitung menggunakan Pers. (8) adalah sebesar 96,65%.

c.2. Nilai kesediaan fisik(*physical availability*) dihitung menggunakan Pers. (9) adalah sebesar 98,17%.

c.3. Nilai kesediaan penggunaan(*use of availability*), dihitung menggunakan Pers (10) adalah sebesar 53,84%.

Kajian lainnya terhadap nilai-nilai yang dimiliki oleh alat *hammer crusher* adalah nilai beban produksi per jam, nilai efektifitas alat, dan nilai *reduction ratio* yang dihasilkan.

d. Nilai beban produksi per jam

Nilai beban produksi per jam ini dapat menunjukkan besarnya jumlah produksi yang harus dicapai oleh alat setiap jamnya guna mencapai target produksi yang direncanakan, dengan memperhatikan jumlah waktu kerja dan persentase waktu produksi efektif.

d.1. Nilai beban produksi per jam sebelum perbaikan

Dengan target produksi (Tp) batu kapur sebesar 425.250 ton/bulan dan jumlah waktu kerja tersedia (Wt) sebesar 744 jam/bulan atau setara dengan 44.640 menit/bulan, dan total waktu hilang (Wh) sebesar 513,23 jam/bulan atau setara 30.794 menit/jam. Maka diketahui nilai beban produksi per jam (Th) yang dihitung menggunakan Pers. (11-12) adalah sebesar 1.842,77 ton/jam.

Nilai beban produksi per jam ini dianggap tidak baik karena diketahui bahwa kapasitas teoritis *hammer crusher* adalah sebesar 1.400 ton/jam. Alat yang memiliki beban produksi lebih besar dari nilai teoritisnya akan lebih cepat mengalami kerusakan jika dibandingkan dengan alat yang memiliki nilai beban produksi lebih rendah dari nilai teoritisnya. Besarnya nilai beban produksi ini disebabkan karena rendahnya persentase waktu produksi efektif.

d.2. Nilai beban produksi per jam setelah perbaikan

Setelah dilakukan upaya perbaikan diketahui bahwa jumlah waktu efektif operasi (We) meningkat menjadi sebesar 23.596 menit atau setara dengan 393,27 jam/bulan sehingga persentase waktu produksi efektif (Wpe) yang dihitung menggunakan Pers. (11) menjadi 52,86% atau 0,5286. Dengan target produksi (Tp) sebesar 425.250 ton/bulan, maka nilai beban produksi per jam yang dihitung menggunakan Pers. (12) adalah sebesar 1.081,33 ton/jam. Nilai beban produksi setelah perbaikan ini dianggap cukup baik karena nilainya lebih kecil dari nilai kapasitas teoritisnya.

e. Efektifitas Unit *Crushing Plant* Tuban 1

Nilai efektifitas kinerja dari unit *crushing plant* Tuban 1 bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif unit *crushing plant* bekerja dalam kegiatan peremukan batu kapur. Dengan Pers. (3-4), diketahui laju pengumpanan yang masuk adalah sekitar 1.358,40 ton/jam sedangkan laju produktivitas yang dihasilkan adalah sebesar 1.319,28 ton/jam. Maka nilai efektifitas (Ep) *crushing plant* yang dihitung dengan Pers. (6) adalah sebesar 97,12%.

f. *Reduction ratio* (RR) unit *hammer crusher* Tuban 1

Nilai *reduction ratio* atau rasio reduksi ini menunjukkan kemampuan alat peremuk dalam mereduksi ukuran umpan yang masuk menjadi produk dengan ukuran yang sesuai target. Alat peremuk yang digunakan pada unit *crushing plant* Tuban 1 adalah *Hammer Crusher Single Shaft* yang secara desain alat ini dapat menerima umpan dengan ukuran ≤ 1.500 mm dan menghasilkan produk berukuran 100 mm. Maka nilai RR teoritis dihitung dengan Pers. (1) adalah 15. Beberapa jenis *crusher* memiliki nilai *reduction ratio* yang berbeda-beda [3]. Nilai RR teoritis *hammer crusher* ini sangat tinggi yaitu 15. Kemampuan mereduksi ukuran ini hanya mungkin dapat dicapai jika kondisi alat masih baru dimana kinerja tiap komponen alat peremuk masih sangat baik.

Dari hasil pengambilan sampel menunjukkan bahwa ukuran rata-rata tertinggiumpan sebesar 71,20 cm dan ukuran rata-rata tertinggi produk sebesar 14,23 cm (Tabel 1). Sehingga nilai RR aktual yang dihitung dengan Pers. (2) adalah 5. Perbedaan nilai RR teoritis dengan nilai RR aktual yang sangat besar ini menunjukkan kinerja alat peremuk *hammer crusher* dalam mereduksi ukuran mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah umur pakai alat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, perhitungan, dan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai produktifitas aktual batu kapur unit *crushing plant* Tuban 1 milik PT Semen Indonesia adalah sebesar 304.445 ton/bulan dan nilai ini belum sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 425.250 ton/bulan atau tingkat ketercapaiannya sebesar 71,59%.
2. Nilai-nilai kesediaan aktual alat yaitu:
 - a. nilai kesediaan mekanis (*mechanical availability*) sebesar 94,43%,
 - b. nilai kesediaan fisik (*physical availability*) sebesar 98,17%, dan
 - c. nilai kesediaan penggunaan (*use of availability*) sebesar 31,60%.

Setelah dilakukan alternatif solusi, nilai-nilai kesediaan alat berubah menjadi:

- a. nilai kesediaan mekanis (*mechanical availability*) sebesar 96,65%
- b. nilai kesediaan fisik (*physical availability*) sebesar 98,17%, dan
- c. nilai kesediaan penggunaan (*use of availability*) sebesar 53,84%.
3. Kinerja alat membaik setelah alternatif solusi diterapkan. Nilai efisiensi kerja meningkat dari sebelumnya 31,02% menjadi 52,86%, nilai produktivitas meningkat dari sebelumnya sebesar 304.445 ton/bulan menjadi 518.827,40 ton/bulan, nilai beban produksi per jam unit *crushing plant* mengalami penurunan menjadi 1.081,33 ton/jam hal ini dirasa cukup baik karena nilai tersebut berada di bawah nilai kapasitas teoritis alat yaitu sebesar 1.400 ton/jam. Adapun nilai efektifitas produksi unit *crushing plant* adalah 97,12% nilai ini dianggap cukup baik [9], tetapi unit *crushing plant* memiliki nilai *losses* sebesar 2,88%, nilai ini masih dianggap kurang baik karena batas toleransi yang bisa diterima atas kehilangan material pada umumnya adalah sebesar $\leq 2\%$ [10].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiils, B.A. and Napier-Munn, T.J. (2006). *Mineral Processing Technology 7th Edition: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Australia: Elsevier Science and Technology Books
- [2] Cummins, A.B. (1973). *SME Mining Engineering Handbook Vol. 2*. Baltimore Maryland: Port City Press
- [3] Peurifoy, R.L. (1970). *Construction, Planning, Equipment and Methods*. 2nd Edition. Texas: McGraw-Hill, Ltd
- [4] Taggart, A.F. (1967). *Hand Book of Mineral Dressing Ores and Industrial Minerals*. Columbia: Willey Handbook Series
- [5] Rochmanhadi. (1982). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- [6] Andrew, L.M. and Roshan, B. (1980). *Mineral Processing Plant Design*. 2nd Edition
- [7] Yanto, I. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Penerbitan Seri Tambang Umum Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta
- [8] Harahap, A.I. (2014). *Kajian Kominusi Limestone Pada Area Pertambangan PT. Semen Padang (Persero) Tbk. Bukit Karang Putih Indarung Sumatera Barat*. Skripsi. Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya
- [9] Dahni, Saismana, U., dan Andre. (2016). *Evaluasi Kinerja Alat Crushing Plant dan Alat Muat Dalam Rangka Peningkatan Target Produksi Batubara Pada PT Mandiri Citra Bersama*. Jurnal Himasapta Vol. 1 No.3 (74-78)
- [10] Currie, J. M. (1973). *Unit Operation Mineral Processing*. British Columbia: Department of Chemical and Metallurgical Technology Burnaby