

OPTIMALISASI KINERJA UNIT *CRUSHING PLANT* MATERIAL BATU PASIR DI PT PULAU LEMON

OPTIMIZATION OF THE PERFORMANCE OF THE SANDSTONE CRUSHING PLANT UNIT AT PT PULAU LEMON

Esthi Kusdarini^{1,*}, Sylvesiana Ayunida Sasti², Avellyn Shinthya Sari³

^{1,2,3}Department of Mining Engineering, Adhi Tama Institute of Technology Surabaya
Jalan Arief Rachman Hakim 100, Surabaya, 60117, Indonesia

*Email corresponding: esti@itats.ac.id

How to cite: E. Kusdarini, S. A. Sasti, and A. S. Sari, "Optimization of sand and stone processing unit performance at PT. Pulau Lemon," *Kurvatek*, vol. 9, no. 1, pp. 55-62, 2024. doi: [10.33579/krvtek.v9i1.4899](https://doi.org/10.33579/krvtek.v9i1.4899) [Online].

Abstrak — Proses pengolahan material batu pasir pada unit *crushing* PT Pulau Lemon belum optimal. Hal ini disebabkan adanya perbedaan jumlah material masuk dan keluar dari unit *crushing*. Untuk mengoptimalkan kinerja unit pengolahan maka perlu dilakukan penelitian mengenai sebab-sebab terjadinya kehilangan material. Selanjutnya penelitian bertujuan untuk : 1) menghitung kehilangan material; 2) mengkaji sebab kehilangan material dan menentukan upaya untuk meminimalisir kehilangan material. Penelitian dilakukan dengan perhitungan matematis menggunakan persamaan neraca massa material masuk dan keluar unit pengolahan, pengamatan di lapangan, dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan jumlah material masuk sebesar 16,66 ton/hari dan material keluar sebesar 14,85 ton/hari, sehingga material yang hilang sebesar 1,81 ton/hari. atau 10,80%. Kehilangan material disebabkan kemiringan *belt conveyor* kurang landai dan beberapa bagian yang sobek, angin, hujan, dan gangguan mekanik. Upaya untuk mengoptimalkan kinerja unit pengolahan adalah mengurangi waktu tunggu, pengecekan dan perbaikan alat secara rutin, serta pemasangan atap

Kata kunci: *belt conveyor*, *jaw crusher*, kehilangan material; batu pasir

Abstract — The process of processing sandstone material at the PT Pulau Lemon crushing unit is not yet optimal. This is due to differences in the amount of material entering and leaving the crushing unit. To optimize the performance of the processing unit, it is necessary to conduct research on the causes of material loss. Furthermore, the research aims to: 1) calculate material loss; 2) assess the causes of material loss and determine efforts to minimize material loss. The research was carried out using mathematical calculations using mass balance equations for material entering and leaving the processing unit, field observations and interviews. The research results showed that the amount of incoming material was 16.66 tons/day and outgoing material was 14.85 tons/day, so the material lost was 1.81 tons/day. or 10.80%. Material loss is caused by the slope of the conveyor belt being less than gentle and some parts being torn, wind, rain and mechanical problems. Efforts to optimize the performance of processing units include reducing waiting times, regularly checking and repairing equipment, and installing roofs

Keywords: *belt conveyor*, *jaw crusher*, material loss; sandstone

I. PENDAHULUAN

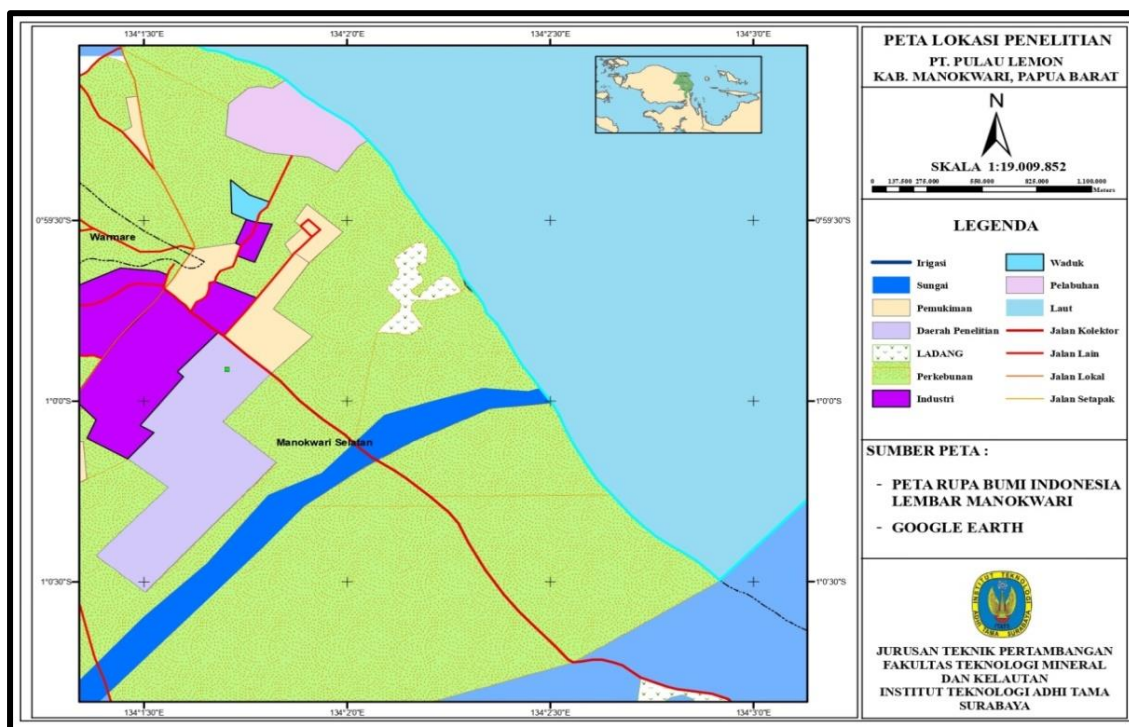
PT Pulau Lemon merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan konstruksi. Perusahaan tersebut menyediakan material pasir batu yang digunakan untuk pembangunan infrastruktur. Material yang diolah PT Pulau Lemon merupakan batuan andesit yang berasal dari batuan beku. Material ditambang menggunakan metode tambang terbuka (*quarry*) yang berhubungan langsung dengan udara bebas [1]. Selanjutnya material diperkecil ukurannya menggunakan mesin peremuk [2].

Proses pengolahan menggunakan mesin peremuk untuk menghasilkan produk dalam jumlah yang besar dan dalam waktu yang singkat. Alat utama yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah *jaw crusher*. Sedangkan media untuk transportasi material menggunakan *belt conveyor*. Meskipun penggunaan alat *jaw crusher* dan *belt conveyor* sangat membantu perusahaan, namun ada permasalahan

lain yaitu adanya kehilangan material pada proses pengolahan. Jumlah material yang dihasilkan oleh unit pengolahan PT Pulau Lemon menunjukkan kinerja unit *crushing plant* belum optimal yang bisa disebabkan oleh beberapa faktor [3]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menghasilkan temuan penyebab kurang optimalnya kinerja unit *crushing plant*, akan tetapi hasil temuan mengenai penyebab kehilangan material dan strategi untuk menekan kehilangan material berbeda-beda menyesuaikan kondisi perusahaan [4]. Ihsan et al [5] menghasilkan temuan optimalisasi produksi unit pengolahan dilakukan dengan memperbaiki kinerja *belt conveyor*, akan tetapi penelitian ini belum membahas faktor lain untuk optimalisasi produksi. Akbar et al [6] menghasilkan temuan bahwa kehilangan material pada unit pengolahan batu andesit di PT Nurmuda Cahaya terjadi pada proses *sizing*, akan tetapi belum membahas kemungkinan pengaruh faktor lain seperti kinerja *belt conveyor*. Putri et al [7] menghasilkan temuan bahwa kinerja unit *crushing plant* batu andesit pada PT Gunung Puncak Salam belum memenuhi target produksi, akan tetapi penelitian ini belum mengkaji penyebab belum terpenuhinya target produksi. Terkait kinerja unit *crushing plant* PT Pulau Lemon, Malau dan Perangin-angin menghasilkan temuan nilai *recovery* 69% dan efisiensi kerja 54%, akan tetapi belum membahas faktor penyebab kinerja yang belum optimal [8]. Oleh karena belum dilakukan kajian yang menyeluruh terkait aspek kinerja alat maupun kondisi lingkungan, penelitian ini menyempurnakan penelitian sebelumnya dengan mengkaji optimalisasi kinerja unit *crushing plant* PT Pulau Lemon terkait faktor kinerja alat maupun kondisi lingkungan, mengetahui penyebab kinerja yang belum optimal, dan menentukan upaya untuk mengoptimalkan produksi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT Pulau Lemon yang berlokasi di Kampung Maruni, Distrik Manokwari Selatan, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat $0^{\circ}58'49,46''$ – $01^{\circ}00'21,71''$ LS dan $134^{\circ}01'24,35''$ – $134^{\circ}01'48,44''$ BT seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 4 tahapan : 1) pengamatan proses pengolahan batu pasir; 2) perhitungan kapasitas produksi *jaw crusher*; 3) perhitungan produksi aktual; 4) perhitungan *losses materials*. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan, wawancara, dan perhitungan matematis. Kapasitas *jaw crusher* dihitung menggunakan persamaan (1).

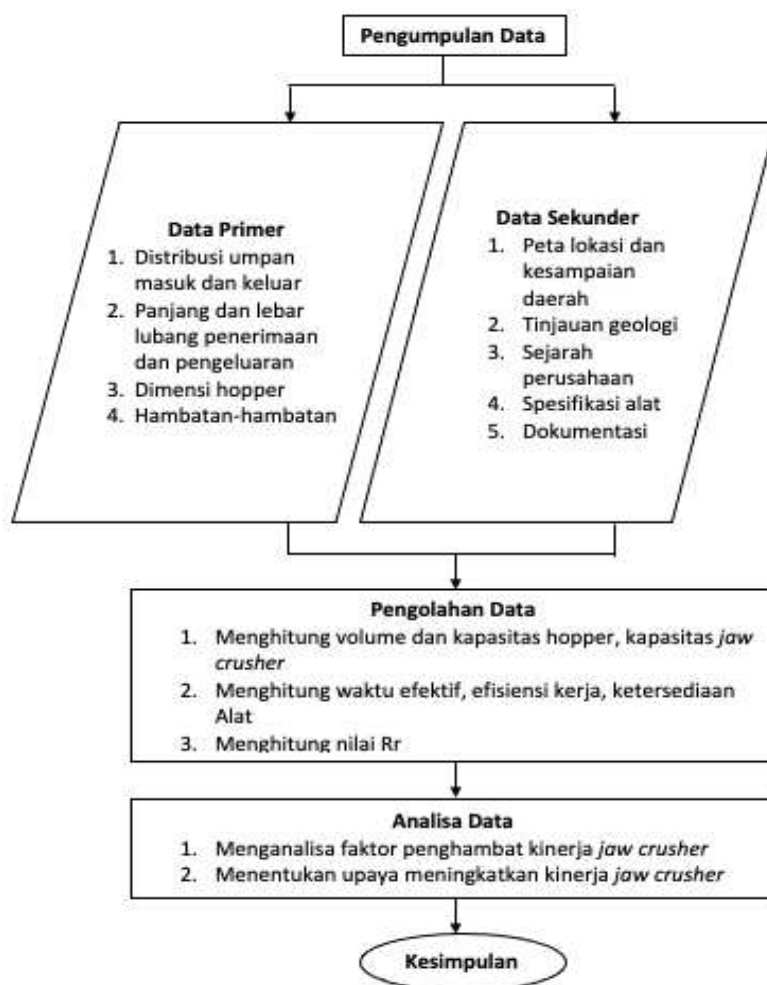
$$T = 0,6 L S \quad (1)$$

Dimana T = Kapasitas *jaw crusher* (ton/jam), L = Panjang lubang penerimaan (inchi), S = Lebar lubang pengeluaran (inchi). Sedangkan waktu kerja efektif dihitung menggunakan persamaan (2) dan efisiensi kerja menggunakan persamaan (3).

$$We = Wt - Wh \quad (2)$$

$$Ek = \frac{We}{Wt} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana We = Waktu efektif, Wt = Waktu tersedia, Wh = Waktu hilang (waktu hambatan), Ek = Efisiensi kerja (%). Selanjutnya diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 2 [6].



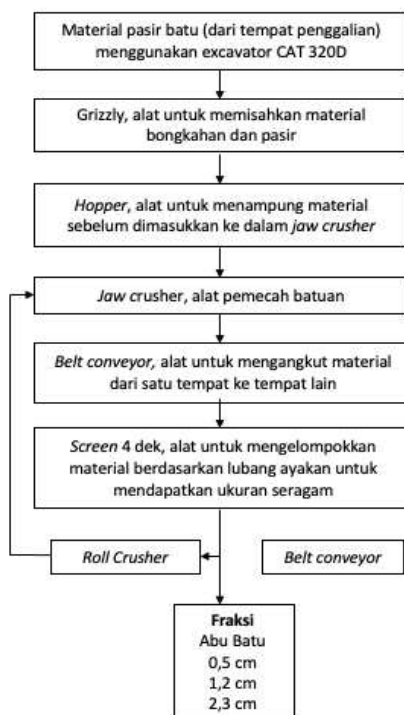
Gambar 2. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Proses Pengolahan

PT Pulau Lemon merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan konstruksi dengan sistem tambang terbuka yang berhubungan langsung dengan udara bebas dengan tipe *quarry*. Proses pengolahan batu pasir di PT Pulau Lemon disajikan pada Gambar 3. Proses pengolahan diawali dengan penggalian pasir batu di area penambangan. Langkah selanjutnya adalah memisahkan material bongkahan dan pasir menggunakan *grizzly*. Material batu ditampung dalam *hopper* untuk kemudian dimasukkan ke *jaw crusher*. Material produk *jaw crusher* dibagi menjadi 4 jenis ukuran melalui alat

screen 4 dek, yaitu ukuran 2,3; 1,2; 0,5 cm dan abu batu. Untuk material yang berukuran lebih besar dari 2,3 cm dimasukkan kembali ke dalam alat *roll crusher* dan *jaw crusher*.



Gambar 3. Alur pengolahan batu pasir di PT Pulau Lemon

Material yang telah digali pada proses penambangan dimuat menggunakan *dump truck* menuju *grizzly* untuk selanjutnya dilakukan pemisahan material antara bongkahan material dan pasir, dimana pasir saring digunakan untuk campuran pembuatan lapis pondasi agregat kelas A (LPA) dan kelas B (LPB). Setelah dilakukan pemisahan antara bongkahan material dan pasir, material akan dimuat menggunakan *whell loader* menuju area *stockpile* yang terdapat di area pengolahan. Selanjutnya material akan dimasukkan ke *jaw crusher* melalui *hopper* menggunakan *backhoe* CAT 320D untuk proses penggerusan atau pengecilan ukuran material yang berukuran $\pm 5-21$ cm menjadi beberapa ukuran material sebagai produknya yang biasanya disebut dengan istilah fraksi. Proses penggerusan dilakukan dengan menggunakan *jaw crusher* pada tahap awal dan menggunakan *roll crusher* pada tahap selanjutnya. *Jaw crusher* memiliki 2 rahang dimana rahang yang satu diam dan yang satunya bergerak sehingga material yang masuk ke dalam *jaw crusher* akan dihancurkan dengan dua plat yang bergerak membuka dan menutup [3]. Material yang masuk ke dalam *jaw crusher* berukuran kurang dari 5-21 cm (Gambar 4a), setelah itu material akan mengalami penggerusan dengan berbagai ukuran dan selanjutnya akan ditransfer menggunakan *conveyor* menuju *screen* 4 dek yang berfungsi untuk menyaring batuan dan akan diangkut oleh masing-masing *belt conveyor* ke tempat curahan material untuk masing-masing fraksi antara lain yaitu F2, F3, F4 dan abu batu (Gambar 4b) [9]. Material yang tidak lolos di *screen* akan di transfer menggunakan *belt conveyor* menuju *roll crusher* guna melakukan proses penggerusan kembali material yang berukuran lebih besar dari 3 cm. Dan selannjutnya hasil penggerusan dari *roll crusher* akan di transfer kembali menuju *jaw crusher* menggunakan *conveyor*.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Ukuran umpan masuk/ukuran material, (b) hasil masing-masing fraksi

B. Perhitungan Kapasitas Produksi *Jaw Crusher*

Kinerja *jaw crusher* diperoleh melalui perhitungan material yang hilang (*losses materials*) pada proses pengolahan dan pengamatan di lokasi pengolahan. Perhitungan material yang hilang dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu kapasitas *hopper*, produksi *jaw crusher*, *belt conveyor*, dan waktu hambatan. Berdasarkan data jumlah umpan masuk dapat ditentukan jumlah produksi dari *crusher* dimana semakin besar umpan masuk maka semakin besar jumlah produksinya [10]. Jumlah produksi *jaw crusher* juga dipengaruhi oleh keausan dan kerusakan sistematis dari *crusher* [11]. Berikut hasil perhitungan kapasitas *jaw crusher* menggunakan persamaan (1) dengan ukuran panjang lubang penerimaan (L) sebesar 25,19 inci, ukuran lebar lubang pengeluaran (S) sebesar 4,52 inci menghasilkan kapasitas *jaw crusher* (T) sebesar 68,31 ton/jam.

C. Produksi Aktual *Belt Conveyor*

Belt conveyor merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain [5]. *Belt conveyor* dalam kegiatan pengolahan batu pasir berfungsi untuk memindahkan material yang telah mengalami proses pengecilan ukuran dari *jaw crusher* ke *screen* menuju tempat curahan masing-masing material [2], [12]. Kapasitas nyata *belt conveyor* I, II, III, IV, dan V selama 26 hari disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas Produksi *Belt Conveyor*

Hari	Produksi Perhari (Ton/Hari)				
	BC I Abu Batu	BC II Fraksi 0,5	BC III fraksi 1,2	BC IV Fraksi 2,3	BC V Secondary Crusher
1	3,52	4,13	4,19	4,21	1,1
2	2,34	2,75	3,29	3,11	1,25
3	2,78	2,85	3,27	2,93	1,11
4	2,51	4,43	4,13	3,85	0,87
5	2,52	4,11	4,20	3,98	1,12
6	3,34	3,67	4,11	4,25	1,29
7	2,89	2,65	3,10	3,22	1,75
8	3,23	4,20	4,44	3,63	1,16
9	3,61	3,90	4,14	4,20	0,81
10	2,66	3,87	4,13	4,00	1,09
11	3,47	3,76	4,00	4,01	0,53
12	3,41	3,71	4,00	4,19	0,81
13	2,24	4,19	3,88	3,52	1,32
14	2,24	2,60	3,93	4,21	1,68
15	3,28	3,59	4,29	4,31	1,19
16	2,10	2,90	3,27	3,15	1,20
17	0,75	2,74	2,55	3,65	0,76
18	3,46	3,89	4,15	4,10	1,06
19	2,55	4,21	4,00	3,53	0,55
20	1,28	2,61	3,14	3,15	1,01
21	2,25	2,82	3,20	2,95	1,29
22	3,87	3,81	4,10	4,05	0,83
23	3,43	4,16	4,27	4,10	0,25
24	0,95	3,31	3,81	3,91	2,10
25	2,15	2,85	3,15	3,10	1,13
26	3,17	3,63	3,75	3,92	1,95
Jumlah	70	91,34	98,49	97,23	29,31
Rata-rata/hari	2,69	3,51	3,79	3,74	1,12

D. Waktu Hambatan *Crusher*

Waktu kerja di PT Pulau Lemon dari jam 08:00 – 17:00 dengan waktu istirahat selama 1 jam dengan begitu waktu yang tersedia yaitu 8 jam atau 480 menit/hari. Berikut waktu rata-rata hambatan kerja aktual *crusher* saat sedang bekerja dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Waktu Kerja *Jaw Crusher*

Alat	Keterangan	Waktu (menit)
<i>Crusher</i>	Waktu tersedia/Rencana kerja	480
	Hambatan Material	57,38
	Hujan	55,77
	Perbaikan <i>Crusher</i>	23,27
	Aktual	343,58

Perhitungan waktu kerja efektif *jaw crusher* menggunakan persamaan (2) dan Tabel 3 sebesar 343,58 menit. Sedangkan efisiensi kerja yang dihitung menggunakan persamaan (3) dan Tabel 3 sebesar 71,58% [13].

E. *Losses Materials*

Losses materials merupakan jumlah material yang hilang pada saat proses pengolahan bahan galian dimana jumlah material yang masuk dan keluar tidak akan sama [14]. Jumlah material yang keluar lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah material yang masuk. Jumlah material masing-masing fraksi yang dihasilkan dari pengolahan umpan masuk (Q_{in}) sebesar 16,66 ton/hari disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Material Produk

<i>BELT CONVEYOR</i>	Q_{out} (Ton/Hari)
BC 1 (Abu Batu)	2,69
BC 2 (Fraksi 0,5)	3,51
BC 3 (Fraksi 1,2)	3,79
BC 4 (fraksi 2,3)	3,74
BC 5 (Secondary Crusher)	1,12

$$\begin{aligned}
 \text{Losses materials} &= Q_{in} - Q_{out} \\
 &= 16,66 \text{ ton/hari} - (\text{BC1} + \text{BC2} + \text{BC3} + \text{BC4} + \text{BC5 ton/hari}) \\
 &= 16,66 \text{ ton/hari} - 14,86 \text{ ton/hari}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Losses terhadap } Q_{in} &= (\text{Losses materials} / Q_{in}) \times 100\% \\
 &= (180 \text{ ton/hari} / 16,66 \text{ ton/hari}) \times 100\% \\
 &= 10.80\%
 \end{aligned} \tag{5}$$

F. Nilai Ketersediaan Alat

Berdasarkan pengamatan di lapangan penggunaan waktu efektif alat merupakan waktu yang dapat digunakan untuk melakukan kegiatan operasional. Nilai ketersediaan alat untuk mengetahui tingkat pemakaian alat secara keseluruhan baik secara mekanik, fisik, ketersediaan pengguna dan efektif dari alat *jaw crusher* yang digunakan [2]. Perhitungan ketersediaan alat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ketersediaan Alat

Ketersediaan Alat	Persentase Nilai
<i>Mechanical Availability (MA)</i>	95.38%
<i>Physical Availability (PA)</i>	96.22%
<i>Use of Availability (UA)</i>	80.92%
<i>Effective Utilization (EU)</i>	77.87%

G. Reduction Ratio

Reduction ratio adalah ukuran terbesar umpan dibagi dengan ukuran terbesar produk [15]. Berdasarkan perhitungan persamaan 6, nilai *reduction ratio* adalah

$$\begin{aligned} Rr &= (\text{ukuran terbesar umpan})/(\text{ukuran terbesar produk}) \\ Rr &= 21/2,5 \\ Rr &= 8,4 \end{aligned} \quad (6)$$

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap kinerja *crusher* dapat dilihat ketersediaan mekanik (MA) sebesar 95,38%, ketersediaan fisik (PA) sebesar 96,22 %, pemakaian ketersediaan (UA) sebesar 80,92 dan Effective Utilization sebesar 77,87% dengan nilai efisiensi kerja sebesar 71,58. Untuk produksi *crusher* dapat dilihat bahwa jumlah produksi yang diperoleh masih jauh dari yang ditargetkan perusahaan. Dimana target perusahaan perhari sebesar 10-15 ton/hari, sedangkan dari hasil pengolahan jumlah produksi yang diperoleh hanya sebesar 8,21 ton/hari dimana jumlah tersebut masih sangat jauh dari yang ditargetkan oleh perusahaan.

H. Upaya Meningkatkan Kinerja Jaw Crusher

Losses materials pada unit pengolahan di PT Pulau Lemon sebesar 10,80%. Kehilangan material tersebut dapat diminimalisir dengan meningkatkan kinerja *jaw crusher*. Untuk itu harus diketahui terlebih dahulu faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *jaw crusher* selama proses produksi. Faktor-faktor tersebut merupakan hal yang tidak dapat dihindari pada kondisi lapangan yang mengakibatkan terjadinya kehilangan waktu produktif seperti gangguan perbaikan, hambatan material, *reduction ratio* (RR), hambatan manusia, dan keadaan cuaca, dimana hal ini sesuai dengan temuan dari penelitian sebelumnya [8].

Dalam upaya meningkatkan kinerja *crusher* diperlukan perhatian terhadap alat tersebut agar dapat bekerja dengan optimal. Adapun kurangnya kemampuan *crusher* dapat beroperasi antara lain karena kurangnya waktu efektif yang digunakan untuk *stand by* dan juga kerusakan alat. Waktu efektif dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi waktu *stand by* yang meliputi waktu hambatan yang dapat dihindari dan tidak dapat dihindari [8].

Hambatan yang dapat dihindari seperti terlambat beroperasi hingga pulang lebih awal bisa diatasi dengan meningkatkan disiplin waktu agar tidak kehilangan waktu jam kerja [16]. Sedangkan hambatan yang tidak dapat dihindari yaitu turunnya hujan dan perbaikan alat. Dalam keadaan hujan alat tidak dapat bekerja, bukan karena rusak namun karena hujan, sehingga keadaan tersebut dalam keadaan *standby*. Kondisi ini dapat diatasi dengan memasang atap pada lokasi pengolahan sehingga proses pengolahan dapat tetap berjalan meskipun turun hujan. Selain itu kehilangan material dapat diminimalisir dengan mengurangi kemiringan *belt conveyor* dengan harapan apabila posisi *belt conveyor* lebih landai maka material yang jatuh pada saat melewati *belt conveyor* akan berkurang.

IV. KESIMPULAN

Pengolahan batu pasir di unit *crushing plant* PT Pulau Lemon mengalami kehilangan material sebesar 10,80%. Hal ini disebabkan adanya sebagian material yang jatuh pada saat dipindahkan menggunakan *belt conveyor*, kurang optimalnya waktu kerja, dan faktor cuaca. Upaya untuk mengoptimalkan kinerja unit *crushing plant* dapat dilakukan dengan memasang atap pada lokasi pengolahan agar proses pengolahan tetap berjalan walaupun dalam keadaan hujan, mengurangi tingkat kemiringan pada *belt conveyor* agar tidak curam, pengecekan dan perbaikan alat secara rutin, serta perbaikan waktu kerja efektif. Penelitian ini dapat disempurnakan dengan mengkaji beberapa alternatif upaya perbaikan dan mencari pilihan alternatif perbaikan yang paling optimal, yaitu paling mudah dilakukan dan ekonomis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada jajaran direksi dan seluruh karyawan PT Pulau Lemon yang telah membantu menyediakan lokasi penelitian dan membantu dalam pengambilan data lapangan sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Jailani, A. Triantoro, and R. N. Hakim, "Perencanaan tambang pada lokasi Pit East Dan Pit West di PT Wings Sejati Jobsite PT Bangun Nusantara Jaya Makmur," *Geosapta*, vol. 4, no. 2,

- 2018, doi: 10.20527/jg.v4i2.5167.
- [2] E. A. Kudmasa, E. Kusdarini, R. H. K. Puti, and O. Priambo, "Evaluasi crushing plant untuk pengoptimalan hasil produksi batu andesit," in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan, SEMITAN 2021, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021*, pp. 198–201.
 - [3] M. Ridwan, S. Solihin, and P. Pramusanto, "Analisis kinerja crushing plant "A" di PD Alam jaya, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat," in *Prosiding Teknik Pertambangan*, 2019, pp. 200–205.
 - [4] M. Drechsler and W. Skinner, "Commercialisation pathway for low energy wet/dry gyratory rolls crusher comminution technology," *Miner. Eng.*, vol. 204, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2023.108419>.
 - [5] I. Ihsan, L. Pulungan, and S. Widayati, "Analisis kinerja belt conveyor untuk optimasi produksi batuan andesit, studi kasus : PT Nurmuda Cahaya, Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat," in *Prosiding Teknik Pertambangan*, 2019, pp. 234–241.
 - [6] K. E. Akbar, L. Pulungan, and S. Solihin, "Analisis kinerja unit crushing plant untuk optimalisasi produksi batu andesit di PT. Nurmuda Cahaya (kontraktor PT. Budi daya remaja) Batujajar Timur Kecamatan Batujajar Kabupaten Bandung Barat Jawa Barat," in *Prosiding Teknik Pertambangan*, 2020, pp. 710–714.
 - [7] C. O. Martins, A. S. Sari, R. H. K. Putri, E. Kusdarini, and F. A. R. Putri, "Kajian teknis alat peremuk untuk meningkatkan produksi PT. Gunung Puncak Salam Provinsi Jawa Barat," *J. Metall. Eng. Process. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 80–88, 2022.
 - [8] F. M. W. Malau, "Production of crushing plant at PT Pulau Lemon manokwari regency," *INTAN J. Penelit. Tambang*, vol. 3, no. 2, pp. 117–124, 2020, doi: <https://doi.org/10.56139/intan.v3i2.62>.
 - [9] Andrew, T. Toha, A. Yulianita, and A. AlHadi, "Analisis benefit cost ratio dalam penggunaan vibrating screen di PT Putra Muba Coal," *Tek. Pertamb.*, vol. 7, no. 3, pp. 142–150, 2023.
 - [10] C. O. Martins, A. S. Sari, R. H. K. Putri, E. Kusdarini, and F. A. Redanto, "Kajian teknis alat peremuk untuk meningkatkan produksi PT. Gunung Puncak Salam Provinsi Jawa Barat," *J. Metall. Eng. Process. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 80–88, 2022.
 - [11] L. B. Varela, G. Tressia, M. Masoumi, E. M. Bortoleto, C. Regattieri, and A. Sinatora, "Roller crushers in iron mining, how does the degradation of Hadfield steel components occur?," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 122, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105295>.
 - [12] N. Faizin, "Optimasi jumlah bola baja terhadap proses penghancuran material dalam silinder berputar," *J. Teknol. Sumberd. Miner.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–20, 2021.
 - [13] E. Kusdarini, I. P. Miru, and F. A. R. Putri, "Kajian kinerja crushing plant pada kegiatan penambangan batugamping untuk mencapai target produksi di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa, Puger, Jember, Jawa Timur," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, Surabaya, Maret 2, 2024.
 - [14] R. Ramadhan, E. Nursanto, and N. A. Amri, "Kajian teknis losses material ore nikel untuk menghitung optimalisasi shipment ratio pada penambangan PT. Bukit Makmur Istindo Nikeltama," *Kurvatek*, vol. 7, no. 2, pp. 71–80, 2022.
 - [15] M. H. Eliansyah and Sriyanti, "Evaluasi kinerja crushing plant di PT X Desa Cipinang, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat," *J. Ris. Tek. Pertamb.*, pp. 132–139, 2021, doi: <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i2.536>CorrespondingAuthorEmail.
 - [16] MM.Putri and A.Octova, "Analisis regresi linear berganda terhadap losstime untuk mencapai target produksi limestone crusher VI PT SEMEN PADANG," *Tek. Pertamb.*, vol. 5, no. 4, pp. 193–202, 2021.



©2024. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).