

ANALISIS MESIN *CONE CRUSHER* (CR02) DENGAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)

Tita Latifah Ahmad, S.T.,M.T.¹⁾
Politeknik Gajah Tunggal
titalatifahahmad@gmail.com

Erika Natallis Samareya²⁾
Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal
enatallis25@gmail.com

Athur Prima Hermawan, S.T.³⁾
PT. IMK
athurhermawan1@gmail.com

ABSTRACT

The *Cone Crusher* Machine (CR02) has an important role in the company's success to support the production process. PT Natra Mining is an industrial company that produces *Ore* (rock) into precious metals. In the production process at PT Natra Mining, the use of various production machines is very important to support the sustainability of the production process. These machines also play a role in supporting the production process. However, often the machine is damaged which can lead to high *downtime* during production. The method to overcome this problem involves a *Total Productive Maintenance* (TPM) analysis using the *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) method as well as a 5W1H analysis to provide repair recommendations. The results of the analysis show that the average OEE value of the *Cone Crusher* machine (CR02) is 54%, with 54% *availability*, 100% performance, and 100% quality. The proposed improvements are, making SOPs in the work area, carrying out *preventive maintenance*, namely by inspecting machine *parts* that can be carried out by the operator and assisted by experts such as the mechanical team, ensuring that the material before production is dry and cleaning the material before entering the *Cone Crusher* (CR02).

Keywords : *Total Productive Maintenance (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Downtime, 5W1H*

I. PENDAHULUAN

Selain kualitas, efektivitas dan efisiensi merupakan faktor utama bagi sebuah perusahaan. Efektivitas dan efisiensi yang optimal dapat meningkatkan daya saing perusahaan di tingkat nasional maupun internasional. Beberapa faktor yang dapat mengurangi tingkat efektivitas dan efisiensi meliputi kerusakan peralatan (*Equipment Failure Losses*), kerugian akibat pengaturan dan penyesuaian (*Set Up and Adjustment Losses*), waktu tunda dan penghentian kecil (*Idling and Minor Stoppage*), kerugian akibat kecepatan yang berkurang (*Reduced Speed Losses*), cacat kualitas dan perbaikan ulang (*Yield/Scrap Losses*), serta kerugian akibat hasil yang tidak sesuai atau scrap. Oleh karena itu, dilakukan analisis untuk menentukan faktor utama yang menyebabkan rendahnya tingkat efektivitas mesin di PT. Natra Mining.

Performa mesin menjadi faktor kunci dalam kesuksesan industri, terutama di sektor manufaktur. Menurut Wibowo dan Padilah (2023) ketika mesin produksi mengalami kegagalan dan kerusakan, terdapat dua kerugian: pertama, profitabilitas perusahaan berkurang karena pesanan tidak dapat terpenuhi, dan kedua, diperlukan biaya untuk memperbaiki mesin agar kerusakan tidak semakin parah [1]. Pemeliharaan mesin secara teratur dan tepat waktu, menjadi hal yang esensial (mendasar) dalam memastikan bahwa mesin yang digunakan dapat memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Seringkali pemeliharaan mesin diabaikan atau dilakukan hanya setelah terjadi kerusakan yang mengganggu proses produksi, dan pada akhirnya dapat menyebabkan pemborosan waktu dan sumber daya (Ilham Siddiq & Mulya Gusman, 2021).

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah pada mesin adalah *Total Productive Maintenance* (TPM) serta metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah aktivitas perawatan yang melibatkan semua elemen di dalam perusahaan, dengan tujuan meningkatkan kepedulian terhadap hasil akhir atau output produksi, guna mencapai *zero breakdown, zero defect, dan zero accident* [2]. Sementara itu, menurut Wibowo dan Padilah (2023) OEE adalah ukuran komprehensif yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan berdasarkan efisiensi teoritis [1]. OEE digunakan sebagai parameter untuk menilai efektivitas dan efisiensi kinerja peralatan atau mesin dalam menjalankan pekerjaan yang direncanakan oleh perusahaan, yang diukur

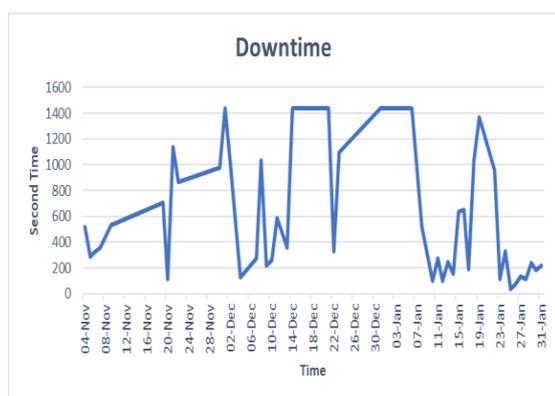
berdasarkan data aktual yang mencakup *availability rate, performance rate, dan quality rate*. Hasil perhitungan tersebut dapat membantu mengidentifikasi sumber penyebab masalah dan upaya untuk menggulangi permasalahan tersebut.

Kajian pendekatan dengan metode OEE telah dilakukan dalam beberapa jurnal dan Tugas Akhir sehingga dapat dijadikan bahan referensi dan evaluasi pada penulisan ini. Penelitian terdahulu oleh Prasmoro dan Ruslan (2020) Hasil penelitian bahwa rata-rata nilai OEE pada mesin kneader adalah 81,62%, menunjukkan tingkat efektivitas yang rendah. Standar nilai OEE yang diharapkan untuk perusahaan kelas dunia adalah 85%. Faktor utama yang berkontribusi terhadap rendahnya nilai OEE adalah kinerja yang dianggap kurang optimal dengan persentase kehilangan waktu terbesar berasal dari reduksi kecepatan sebesar 42,66%, dan *idling and minor stoppages* sebesar 31,27% dari seluruh *time losses*. Kerugian tersebut terutama disebabkan oleh faktor manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan. Di antara faktor-faktor ini, faktor manusia dan mesin adalah menjadi paling dominan yang menunjukkan bahwa penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) masih belum optimal pelaksanaannya [3]. Selain itu, penelitian oleh Hamda (2020) Hasil analisis mengindikasikan bahwa nilai rata-rata *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mesin ekstruder adalah 37,129%. Nilai ini terdiri dari indeks ketersediaan sebesar 94,618%, kinerja sebesar 39,321%, dan kualitas sebesar 99,845%. Upaya untuk meningkatkan kinerja, dianjurkan untuk melaksanakan perawatan pencegahan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, serta menyusun laporan setelah perawatan selesai (Hamda 2020). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari Gian Pramula dan Hamdy (2023) Hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa nilai OEE yang diperoleh dari mesin Ripple Mill 1 adalah 99,37%, sementara mesin Ripple Mill 2 adalah 99,31%. Jika dibandingkan dengan standar internasional yang sebesar 85%, kedua mesin Ripple Mill tersebut melebihi standar OEE internasional. Oleh karena itu, perusahaan perlu tetap melakukan perawatan dan pemeliharaan mesin untuk menjaga dan meningkatkan efektivitas mesin tersebut [4]

Melalui kajian dari penelitian terdahulu dilakukan penerapan kajian yang sama dengan implementasi metode OEE pada mesin *Cone Crusher* (CR02) untuk membantu menganalisis tingkat efektivitas pada mesin produksi. Sehingga hasil perhitungan tersebut dapat dijadikan bahan evaluasi dari kinerja mesin yang sedang beroperasi.

Pada proses produksi di PT Natra Mining, penggunaan berbagai mesin produksi menjadi sangat penting untuk menunjang keberlanjutan proses produksi. Mesin-mesin ini berperan juga dalam mendukung jalannya proses produksi. Namun, seringkali mesin tersebut mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan tingginya *downtime* selama produksi sedang berlangsung. Tingginya angka *downtime* pada mesin merupakan masalah umum yang seringkali dihadapi oleh banyak perusahaan saat ini. Kondisi ini tentunya dapat mengganggu pencapaian target produksi perusahaan. Salah satu mesin yang sering mengalami *downtime* di PT NATRA MINING yaitu mesin *Cone Crusher* (CR02).

Cone Crusher (CR02) merupakan mesin pemecah batuan yang digunakan secara luas dalam industri pertambangan, untuk mengubah batuan menjadi ukuran yang lebih kecil dengan efisien. Mesin ini bekerja dengan cara menghancurkan batuan menggunakan tekanan antara mantel dan cangkang eksternal yang berputar (Dynand et al., 2022). Batuan yang dihancurkan oleh mesin *Cone Crusher* yaitu material yang berbentuk seperti batu sisaan atau batuan hasil dari penggerusan oleh bola baja yang disebut dengan (*Scat*). *Scat* disebut juga dengan produk samping atau sisaan SAGMILL yang masih memiliki nilai ekonomi karena mengandung mineral berharga seperti AU (emas) dan AG (perak). Mesin ini sering mengalami kerusakan atau *downtime* sehingga menghambat proses produksi berlangsung. Berikut dapat dilihat *downtime* yang terjadi selama 3 bulan, dari bulan November 2023- Januari 2024.



Gambar 1. Data *Downtime* November 2023- Januari 2024 CR02

Sumber: (Data Perusahaan)

Downtime yang dimaksud dalam perusahaan antara lain, seperti penggantian pada *Cone Liner* yang menipis akibat bergesekan langsung dengan material, *Spring Crusher* patah karena adanya tekanan yang berlebihan dan berulang, kebanyakan lumpur yang tercampur pada material

membuat *Cone Crusher* mengalami kesulitan untuk menghancurkan material, dan adanya material berupa besi masuk ke *Cone Crusher* dapat merusak permukaan penghancur material. Kerusakan-kerusakan pada mesin inilah yang sering mengakibatkan *downtime*.

Kelancaran mesin sangat penting untuk mencapai target produksi, sehingga pemeliharaan mesin perlu dilakukan secara teratur dan tepat. Pemeliharaan dan perawatan merupakan bagian utama yang diterapkan oleh perusahaan Jepang, untuk hasil dari upaya pemeliharaan tersebut mencapai tingkat yang optimal (Mochammad et al., 2022). Adapun upaya yang dilakukan menggunakan metode *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk pemeliharaan mesin, seperti *Cone Crusher* (CR02). TPM merupakan pendekatan *inovatif* dalam *maintenance* yang bertujuan untuk mengoptimalkan efektivitas peralatan, mengurangi atau menghilangkan kerusakan mendadak, serta melakukan pemeliharaan mandiri. Fungsi TPM adalah menjaga mesin dan peralatan agar selalu dalam kondisi optimal dan untuk mencapai tujuan ini, perawatan preventif dan prediktif diperlukan [3]. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah ukuran utama dalam TPM yang digunakan untuk menilai efektivitas kerja mesin [5]. Tujuan utama OEE adalah mengidentifikasi kerugian yang dikategorikan dalam ketersediaan (*availability*), tingkat kerja (*performance*), dan kualitas (*quality*). Nilai OEE aktual mesin diperoleh dari perkalian ketiga faktor tersebut dan dibandingkan dengan nilai OEE yang diukur berdasarkan standar dari *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) [6].

Hasil perbandingan tersebut akan menunjukkan apakah kinerja perawatan mesin sudah sesuai dengan standar JIPM atau belum. Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metode yang paling tepat untuk mengukur efektivitas produksi dalam penelitian ini karena OEE mengevaluasi kinerja produksi berdasarkan tiga aspek: ketersediaan, tingkat kerja, dan kualitas. Ketiga aspek ini membantu menggambarkan dan menganalisis penyebab kerugian yang terjadi. Hasil analisis ini akan digunakan untuk memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kinerja mesin dan kualitas produksi di perusahaan.

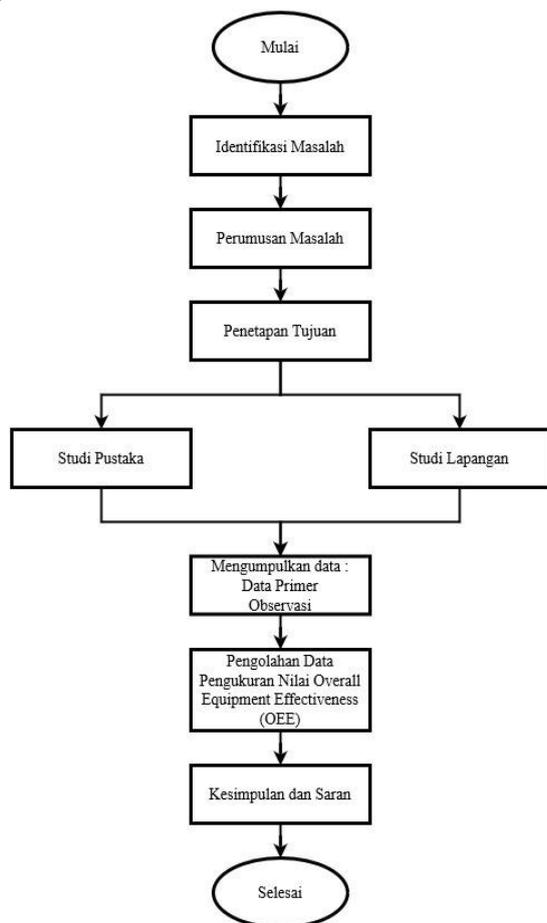
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi pada mesin *Cone Crusher* (CR02) selama periode waktu November 2023- Januari 2024. Berdasarkan latar belakang masalah dan penelitian terdahulu, tujuan penelitian ini adalah menentukan nilai efektivitas mesin *Cone Crusher* (CR02) menggunakan metode OEE serta

mengusulkan langkah-langkah untuk meningkatkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin tersebut.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan, diperlukan alur penelitian yang dijadikan sebagai acuan atau pedoman.



Gambar 2. Alur Penelitian

Identifikasi Masalah : Pada tahap ini, masalah pada PT NATRA MINING diidentifikasi, menunjukkan bahwa *downtime* mesin *Cone Crusher* (CR02) adalah penyebab utama target produksi tidak tercapai. Mesin ini memiliki peran krusial dalam tahap awal penghancuran material sebelum masuk proses selanjutnya, namun sering mengalami masalah yang menghentikan aliran material ke proses berikutnya. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) digunakan untuk mengidentifikasi akar masalah dan memberikan solusi untuk meningkatkan efektivitas mesin dan mencapai target produksi. Nilai OEE yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar internasional untuk mengevaluasi efektivitas mesin dan menentukan prioritas perbaikan. Perumusan Masalah : Masalah yang teridentifikasi adalah kerusakan berulang pada mesin

Cone Crusher (CR02), menyebabkan tingginya *downtime* dan ketidakefisienan produksi. Analisis lebih lanjut akan dilakukan untuk menilai efektivitas mesin melalui perhitungan OEE dan didukung perhitungan *Six Big Losses*, untuk mencari sumber permasalahan dan mengupayakan saran dan solusi.

Penetapan Tujuan : Setelah memperhatikan perumusan masalah diatas, maka dapat ditentukan beberapa tujuan diantaranya, mengetahui tingkat efektivitas mesin *Cone Crusher* (CR02), mencari tahu akar penyebab masalah yang mengakibatkan mesin sering mengalami *downtime* dan selanjutnya membuat upaya peningkatan nilai efektivitas mesin *Cone Crusher* (CR02).

Studi Lapangan : Tahap ini merupakan studi berupa peninjauan langsung ke lapangan untuk mengetahui proses produksi pada mesin *Cone Crusher* (CR02) serta memperhatikan cara kerja dan penyebab kemungkinan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada mesin ini.

Studi Pustaka : Pada tahap ini dilakukan penelusuran referensi dari berbagai sumber pendukung, seperti jurnal, buku, maupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada mesin *Cone Crusher* (CR02), untuk menjadi bahan belajar dalam penulisan tugas akhir ini

Pengumpulan Data : Tahap ini menjelaskan berbagai data yang dipersiapkan sebagai bahan analisis dalam mengumpulkan data sebagai faktor pendukung perhitungan untuk pengolahan data selanjutnya. Dalam penelitian ini dilakukan observasi atau pengamatan secara langsung kondisi aktual yang terjadi dilapangan yaitu aktivitas produksi pada mesin *Cone Crusher* (CR02).

Adapun data yang diperlukan yaitu data primer. Data Primer, menurut Sugiyono (2019:193) data primer merupakan sumber data yang memberikan data secara langsung kepada pengumpul data. Peneliti atau pengamat mengumpulkan data primer secara langsung dengan melakukan observasi, wawancara, survei, eksperimen, atau metode penelitian lainnya. Data primer yang diperlukan pada penelitian ini, meliputi:

1. Data komponen mesin rusak
2. Faktor-faktor penyebab komponen mesin rusak
3. Data Loading Time (waktu produksi secara normal).
4. Data mesin planned *downtime* (waktu yang diperlukan untuk Preventive Maintenance) dan Data mesin *downtime losses* (waktu yang terbuang dan tidak menghasilkan produk)
5. Data output (data hasil produksi)
6. Data ideal cycle time
7. Data operating time

Analisis dan Pembahasan : Tahap ini, akan menjabarkan hasil pengolahan data dan analisa lebih lanjut mengenai proses dalam penelitian yang telah dilakukan pada mesin *Cone Crusher*.

Kesimpulan dan Saran : Tahap ini seluruh data dan kegiatan analisa dalam penelitian akan disimpulkan

dalam beberapa poin-poin penting. Hasil penelitian akan menjawab tujuan penelitian, terlebih memberikan perkembangan terhadap penelitian yang dilakukan. Selanjutnya, terdapat beberapa saran tentang hal apa saja yang masih dapat dikembangkan dari penelitian yang telah dilakukan.

Adapun sasaran yang menjadi tempat sumber penelitian yaitu mesing-mesin produksi yang mendukung proses produksi logam berharga (*bullion*) di PT Natra Mining. Studi ini dilakukan di Departemen *Processing Plant*, PT NATRA MINING, yang berlokasi di Murung Raya, Kalimantan Tengah. Departemen ini dipilih karena perannya yang krusial dalam menjalankan proses produksi memiliki berbagai peralatan dan infrastruktur yang relevan untuk penelitian terkait proses dan perencanaan produksi dari bahan mentah hingga menjadi produk jadi. Lokasi penelitian ini dipilih karena memberikan akses yang diperlukan untuk penelitian, seperti fasilitas produksi, mesin, peralatan, dan bahan baku.

Setelah menentukan sasaran penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan dan pengolahan data menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai dari OEE diperoleh dari 3 faktor OEE, yaitu *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. Tahapan-tahapan dalam pengolahan data, antara lain:

1. Menghitung nilai *availability ratio*

Availability berasal dari waktu operasi, yang dapat ditingkatkan dengan mengurangi waktu yang terbuang saat proses *loading* [7]. *Availability* digunakan untuk menghitung ketersediaan mesin, nilai yang diperlukan adalah waktu operasional dan waktu yang digunakan untuk pengisian atau pemuatan. Rumus untuk menghitung *availability* adalah sebagai berikut:

$$AR = \frac{(LT - D)}{LT} \quad (1)$$

Keterangan:

AR = *Availaility Ratio*

LT = *Loading Time*

D = *Downtime*

Sebagai contoh perhitungan *Availability Ratio*, pada tanggal 4 november 2023,

Penyelesaian:

$$Loading\ Time = 1440$$

$$Downtime = 518$$

$$\begin{aligned} Availability\ Ratio &= \frac{1440 - 518}{1440} \\ &= \frac{922}{1440} \\ &= 0,64 \\ &= 64\% \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan *Availability Ratio*

No	Date	Loading Time	Operation Time	Availability (%)
1	04-Nov	1440	922	64%
2	05-Nov	1440	1152	80%
3	06-Nov	1440	1109	77%
4	07-Nov	1440	1080	75%
5	09-Nov	1440	907	63%
6	19-Nov	1440	734	51%
7	20-Nov	1440	1325	92%
8	21-Nov	1440	302	21%
9	22-Nov	1440	576	40%
10	30-Nov	1440	461	32%
11	01-Dec	1440	0	0%
12	02-Dec	1440	432	30%
13	04-Dec	1440	1310	91%
14	07-Dec	1440	1166	81%
15	08-Dec	1440	403	28%
16	09-Dec	1440	1224	85%
17	10-Dec	1440	1181	82%
18	11-Dec	1440	850	59%
19	13-Dec	1440	1080	75%
20	14-Dec	1440	0	0%
21	15-Dec	1440	0	0%
22	16-Dec	1440	605	42%
23	19-Dec	1440	965	67%
24	20-Dec	1440	0	0%
25	21-Dec	1440	1022	71%
26	22-Dec	1440	1109	77%
27	23-Dec	1440	346	24%
28	31-Dec	1440	0	0%
29	01-Jan	1440	0	0%
30	02-Jan	1440	0	0%
31	03-Jan	1440	0	0%
32	04-Jan	1440	0	0%
33	05-Jan	1440	0	0%
34	06-Jan	1440	0	0%
35	08-Jan	1440	922	64%
36	10-Jan	1440	1339	93%
37	11-Jan	1440	1166	81%
38	12-Jan	1440	1339	93%
39	13-Jan	1440	1195	83%
40	14-Jan	1440	1282	89%
41	15-Jan	1440	806	56%
42	16-Jan	1440	792	55%
43	17-Jan	1440	1253	87%
44	18-Jan	1440	403	28%
45	19-Jan	1440	73	5%
46	22-Jan	1440	484	34%
47	23-Jan	1440	1327	92%
48	24-Jan	1440	1113	77%
49	25-Jan	1440	1401	97%
50	26-Jan	1440	1365	95%
51	27-Jan	1440	1307	91%
52	28-Jan	1440	1328	92%
53	29-Jan	1440	1199	83%
54	30-Jan	1440	1256	87%
55	31-Jan	1440	1220	85%

2.2 Menghitung nilai *performance rate Performance*

Merujuk pada rasio yang mencerminkan kemampuan peralatan dalam memproduksi barang seberapa baik proses produksi berjalan dalam hal kecepatan. Nilai *performance* menunjukkan bahwa proses tersebut berada pada kecepatan maksimal sesuai dengan *Ideal Cycle Time*. Rumus untuk menghitung *performance* adalah sebagai berikut:

$$PR = \frac{PA \times ICT}{OT} \times 100\% \quad (2)$$

PR = *Performance Ratio*

PA = *Processed Amount*

ICT = *Ideal Cycle Time*

OT = *Operating Time*

Sebagai contoh perhitungan *Performance Ratio*, pada tanggal 04 November 2023 yang diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Output} &= 523 \\ \text{Cycle Time} &= 1,8 \\ \text{Operation Time} &= 922 \\ \text{Performance Ratio} &= \frac{523 \times 1,8}{922} \times 100\% \\ &= \frac{941,4}{922} \times 100\% \\ &= 1,02 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan *Performance Ratio*

No	Date	Output	Standard Speed (CT)	Performance (%)
1	04-Nov	523	1.8	100%
2	05-Nov	497	2.3	100%
3	06-Nov	438	2.5	100%
4	07-Nov	395	2.7	100%
5	09-Nov	348	2.6	100%
6	19-Nov	375	2.0	100%
7	20-Nov	593	2.2	100%
8	21-Nov	118	2.6	100%
9	22-Nov	257	2.2	100%
10	30-Nov	172	2.7	100%
11	01-Dec	0	0.0	0%
12	02-Dec	181	2.4	100%
13	04-Dec	798	1.6	100%
14	07-Dec	472	2.5	100%
15	08-Dec	183	2.2	100%
16	09-Dec	544	2.2	100%
17	10-Dec	483	2.4	100%
18	11-Dec	260	3.3	100%
19	13-Dec	434	2.5	100%
20	14-Dec	0	0.0	0%
21	15-Dec	0	0.0	0%
22	16-Dec	278	2.2	100%
23	19-Dec	270	3.6	100%
24	20-Dec	0	0.0	0%

25	21-Dec	441	2.3	100%
26	22-Dec	430	2.6	100%
27	23-Dec	87	4.0	100%
28	31-Dec	0	0.0	0%
29	01-Jan	0	0.0	0%
30	02-Jan	0	0.0	0%
31	03-Jan	0	0.0	0%
32	04-Jan	0	0.0	0%
33	05-Jan	0	0.0	0%
34	06-Jan	0	0.0	0%
35	08-Jan	313	2.9	100%
36	10-Jan	373	3.6	100%
37	11-Jan	277	4.2	100%
38	12-Jan	288	4.7	100%
39	13-Jan	285	4.2	100%
40	14-Jan	473	2.7	100%
41	15-Jan	213	3.8	100%
42	16-Jan	239	3.3	100%
43	17-Jan	401	3.1	100%
44	18-Jan	101	4.0	100%
45	19-Jan	34	2.1	100%
46	22-Jan	164	3.0	100%
47	23-Jan	418	3.2	100%
48	24-Jan	283	3.9	100%
49	25-Jan	365	3.8	100%
50	26-Jan	318	4.3	100%
51	27-Jan	359	3.6	100%
52	28-Jan	417	3.2	100%
53	29-Jan	429	2.8	100%
54	30-Jan	412	3.1	100%
55	31-Jan	306	4.0	100%

2.3 Menghitung Nilai *Quality Rate*

Quality rate adalah proporsi atau perbandingan antara jumlah produk berkualitas baik dengan jumlah total produk yang telah diproses. *Quality of Product* adalah indikator yang digunakan untuk menunjukkan jumlah scrap atau rework dalam proses produksi [8]. Dalam perhitungannya, membandingkan dua faktor, yaitu jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dengan jumlah keseluruhan produk yang telah diolah. Rumus untuk menghitung *quality* adalah sebagai berikut:

$$QR = \frac{\text{Out} - RE - RK}{\text{Out}} \times 100\% \quad (3)$$

QR = *Quality Ratio*

Out = *Output*

RE = *Reduce*

RK = *Rework Losses*

Sebagai contoh perhitungan *Quality Ratio*, pada tanggal 04 November 2023 yang diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Output} &= 523 \\ \text{Reduce} &= 0 \\ \text{Quality Ratio} &= \frac{523 - 173 - 0}{523} \times 100\% \\ &= 0,67 = 67\% \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan *Quality Ratio*

No	Date	Downtime	Output	Quality (%)
1	04-Nov	518	523	100%
2	05-Nov	288	497	100%
3	06-Nov	331	438	100%
4	07-Nov	360	395	100%
5	09-Nov	533	348	100%
6	19-Nov	706	375	100%
7	20-Nov	115	593	100%
8	21-Nov	1138	118	100%
9	22-Nov	864	257	100%
10	30-Nov	979	172	100%
11	01-Dec	1440	0	0%
12	02-Dec	1008	181	100%
13	04-Dec	130	798	100%
14	07-Dec	274	472	100%
15	08-Dec	1037	183	100%
16	09-Dec	216	544	100%
17	10-Dec	259	483	100%
18	11-Dec	590	260	100%
19	13-Dec	360	434	100%
20	14-Dec	1440	0	0%
21	15-Dec	1440	0	0%
22	16-Dec	835	278	100%
23	19-Dec	475	270	100%
24	20-Dec	1440	0	0%
25	21-Dec	418	441	100%
26	22-Dec	331	430	100%
27	23-Dec	1094	87	100%
28	31-Dec	1440	0	0%
29	01-Jan	1440	0	0%
30	02-Jan	1440	0	0%
31	03-Jan	1440	0	0%
32	04-Jan	1440	0	0%
33	05-Jan	1440	0	0%
34	06-Jan	1440	0	0%
35	08-Jan	518	313	100%
36	10-Jan	101	373	100%
37	11-Jan	274	277	100%
38	12-Jan	101	288	100%
39	13-Jan	245	285	100%
40	14-Jan	158	473	100%
41	15-Jan	634	213	100%
42	16-Jan	648	239	100%
43	17-Jan	187	401	100%
44	18-Jan	1037	101	100%
45	19-Jan	1367	34	100%
46	22-Jan	956	164	100%
47	23-Jan	113	418	100%
48	24-Jan	327	283	100%
49	25-Jan	39	365	100%
50	26-Jan	75	318	100%
51	27-Jan	133	359	100%
52	28-Jan	112	417	100%
53	29-Jan	241	429	100%
54	30-Jan	184	412	100%
55	31-Jan	220	306	100%

2.4 Menghitung nilai OEE

Nilai OEE dihitung dengan mengalikan nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality* yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah suatu perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keefektifan suatu mesin atau peralatan yang ada. Berdasarkan hasil perhitungan dari ketiga variabel diatas maka dapat dilakukan

perhitungan besar nilai OEE pada suatu mesin atau peralatan. Rumus perhitungan besar nilai OEE pada suatu mesin atau peralatan yaitu :

$$OEE = (A \times P \times Q) \times 100\% \quad (4)$$

Sebagai contoh perhitungan *Quality Ratio*, pada tanggal 04 November 2023 yang diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Availability (\%)} &= 64\% \\ \text{Performance (\%)} &= 100\% \\ \text{Quality (\%)} &= 67\% \\ \text{OEE} &= (64\% \times 100\% \times 67\%) \\ &= 43\% \\ &= 43\% \end{aligned}$$

Tabel 4. Perhitungan OEE Mesin CR02

No	Date	Availability (%)	Performance (%)	Quality Ratio (%)	OEE
1	04-Nov	64%	100%	100%	64%
2	05-Nov	80%	100%	100%	80%
3	06-Nov	77%	100%	100%	77%
4	07-Nov	75%	100%	100%	75%
5	09-Nov	63%	100%	100%	63%
6	19-Nov	51%	100%	100%	51%
7	20-Nov	92%	100%	100%	92%
8	21-Nov	21%	100%	100%	21%
9	22-Nov	40%	100%	100%	40%
10	30-Nov	32%	100%	100%	32%
11	01-Dec	0%	0%	0%	0%
12	02-Dec	30%	100%	100%	30%
13	04-Dec	91%	100%	100%	91%
14	07-Dec	81%	100%	100%	81%
15	08-Dec	28%	100%	100%	28%
16	09-Dec	85%	100%	100%	85%
17	10-Dec	82%	100%	100%	82%
18	11-Dec	59%	100%	100%	59%
19	13-Dec	75%	100%	100%	75%
20	14-Dec	0%	0%	0%	0%
21	15-Dec	0%	0%	0%	0%
22	16-Dec	42%	0%	100%	0%
23	19-Dec	67%	0%	100%	0%
24	20-Dec	0%	0%	0%	0%
25	21-Dec	71%	0%	100%	0%
26	22-Dec	77%	100%	100%	77%
27	23-Dec	24%	100%	100%	24%
28	31-Dec	0%	0%	0%	0%
29	01-Jan	0%	0%	0%	0%
30	02-Jan	0%	0%	0%	0%
31	03-Jan	0%	0%	0%	0%
32	04-Jan	0%	0%	0%	0%
33	05-Jan	0%	0%	0%	0%
34	06-Jan	0%	0%	0%	0%
35	08-Jan	64%	0%	100%	64%
36	10-Jan	93%	100%	100%	93%
37	11-Jan	81%	100%	100%	81%
38	12-Jan	93%	100%	100%	93%
39	13-Jan	83%	100%	100%	83%
40	14-Jan	89%	100%	100%	89%
41	15-Jan	56%	100%	100%	56%

42	16-Jan	55%	100%	100%	55%
43	17-Jan	87%	100%	100%	87%
44	18-Jan	28%	100%	100%	28%
45	19-Jan	5%	100%	100%	5%
46	22-Jan	34%	100%	100%	34%
47	23-Jan	92%	100%	100%	92%
48	24-Jan	77%	100%	100%	77%
49	25-Jan	97%	100%	100%	97%
50	26-Jan	95%	100%	100%	95%
51	27-Jan	91%	100%	100%	91%
52	28-Jan	92%	100%	100%	92%
53	29-Jan	83%	100%	100%	83%
54	30-Jan	87%	100%	100%	87%
55	31-Jan	85%	100%	100%	85%

Hasil perhitungan pada pengolahan data yang mengidentifikasi penyebab masalah dianalisis untuk menentukan akar permasalahan dan menemukan solusi yang tepat. Analisa dan pembahasan dilakukan untuk menemukan akar permasalahan sebelum merencanakan perbaikan kinerja. Solusi diambil untuk meningkatkan nilai OEE setelah mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya OEE.

2.5 Analisa 5W1H

Secara menyeluruh untuk membantu meningkatkan efektivitas pada pengoperasian mesin yaitu dengan melakukan penyelesaian menggunakan metode 5W1H, sebagai suatu langkah penyelesaian yang digunakan untuk perbaikan terhadap suatu masalah dengan menjawab pertanyaan 5W1H [1].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan pada 3 indikator dalam metode OEE yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*, selanjutnya akan dilakukan analisis lebih lanjut untuk membahas hasil dari perhitungan tersebut dan membandingkan nilai efektivitas dengan standar internasional.

3.1 Nilai *Availability Ratio*

Setelah melihat hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 1, di tiga bulan terakhir pada bulan November 2023 selama 30 hari mesin beroperasi mengalami downtime sebanyak 10 kali, sedangkan di bulan Desember 2023 terdapat 31 hari dan terjadi downtime sebanyak 18 kali dalam satu bulan, kemudian terjadi downtime kembali sebanyak 27 kali pada bulan Januari 2024 dengan lama waktu mesin beroperasi selama 31 hari. Ini menandakan bahwa adanya penurunan waktu operasi mesin karena downtime meningkat dengan selisih 8 kali dari bulan November 2023 ke Desember 2023 serta peningkatan downtime terjadi lebih banyak daripada dua bulan sebelumnya yaitu 27 kali. Dengan melihat banyaknya downtime yang seringkali terjadi bahkan selama tiga bulan berturut-turut selalu ada downtime tiap bulannya menunjukkan bahwa semakin banyak waktu yang

terbuang saat proses produksi, semakin kecil peluang target produksi tercapai.

3.2 Nilai *Performance Ratio*

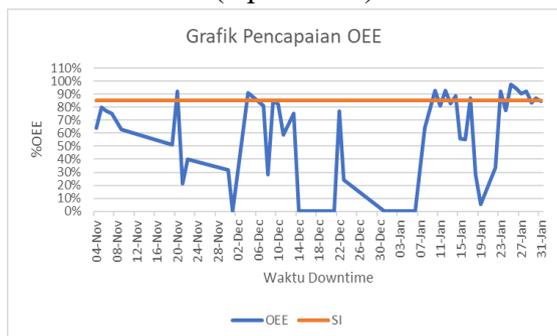
Jika melihat hasil perhitungan pada Tabel 2 nilai *performance* pada mesin *Cone Crusher* (CR02) untuk menghasilkan suatu produk memiliki nilai yang baik, karena pada proses produksi *Scat crusher* tidak ada *defect* yang dihasilkan. Apabila suatu mesin tidak menghasilkan suatu produk cacat maka dapat dinyatakan mesin tersebut memiliki keandalan yang memadai untuk memproses produk tersebut. Dengan melihat data perhitungan pada Tabel 2 dan hasilnya adalah 100% ini membuktikan benar pada proses produksi *Scat crusher* tidak terdapat *defect* yang dihasilkan setelah melalui mesin *Cone Crusher* (CR02).

3.3 Nilai *Quality Ratio*

Pada Tabel 3 di atas, terdapat hasil perhitungan untuk nilai *Quality Ratio* mesin *Cone Crusher* (CR02) selama periode November 2023 hingga Januari 2024. Hasil perhitungan menunjukkan adanya variasi nilai setiap kali terjadi downtime, dengan rata-rata *Quality Ratio* masih berada di bawah standar kelas dunia yang bernilai 99%. Salah satu faktor yang menyebabkan nilai tersebut masih di bawah standar adalah output yang dihasilkan lebih rendah dari target yang ditetapkan, serta tingginya nilai rework. Dalam proses produksi *Scat crusher*, nilai rework merujuk pada materi yang seharusnya diproduksi pada hari tersebut namun tidak terlaksana karena adanya downtime, yang mengakibatkan perluasan waktu produksi atau waktu tambah produksi. Oleh karena itu, semakin lama mesin beroperasi, semakin banyak output yang dihasilkan dan rework menjadi berkurang, sehingga nilai *Quality Ratio* dapat meningkat.

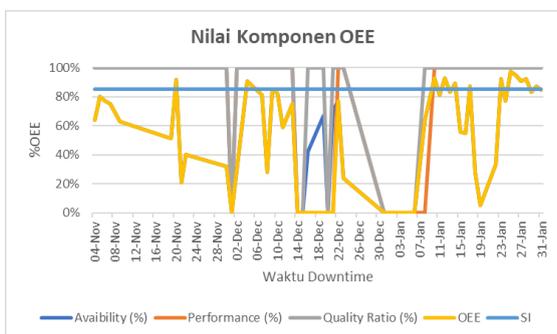
3.4 Nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Jika dilihat dari hasil perhitungan di Tabel 4, rata-rata nilai OEE dibawah nilai standar internasional yang sudah ditetapkan sehingga diperlukan analisa lebih lanjut untuk mengetahui masalah yang menyebabkan mesin ini memiliki nilai efektivitas dibawah rata-rata baik dari nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dari mesin *Cone Crusher* (CR02).



Gambar 3. Grafik Pencapaian Hasil OEE

Rata-rata perhitungan OEE selama tiga bulan terakhir, dari 4 November 2023 hingga 31 Januari 2024, hanya mencapai 31%, yang masih di bawah standar internasional OEE sebesar 85%. Menurut Dal (2000), nilai OEE yang kurang dari 85% menunjukkan bahwa mesin yang digunakan dalam proses produksi belum berada dalam kondisi optimal atau belum memenuhi standar perusahaan kelas dunia. Sehingga perlu dianalisa lebih lanjut untuk dilakukan perbaikan dan evaluasi yang maksimal. Di bawah ini ditampilkan nilai OEE yang mencakup *Availability*, *Performance*, dan *Quality*, di mana setiap komponen OEE menunjukkan fluktuasi, mengindikasikan adanya ketidakstabilan.



Gambar 3. Nilai komponen OEE

Diagram pada Gambar 3 menunjukkan bahwa selama periode 3 bulan mesin beroperasi dari ketiga komponen tersebut terlihat bahwa komponen yang memiliki nilai terendah adalah *Availability Ratio* atau ketersediaan waktu. Jika dilihat pada gambar xx, nilai *Performance Ratio* dan *Quality Ratio* mengalami beberapa kali penurunan pada grafik karena mesin tidak beroperasi atau mati dan seterusnya ada kestabilan. Sedangkan nilai *Availability Ratio* mengalami fluktuasi atau naik dan turun sehingga membuat nilai ini tidak stabil dan sangat berpengaruh pada nilai OEE. Jadi, data OEE ini saling berhubungan dengan ketiga komponen (*Availability*, *Performance* dan *Quality*) tersebut di mana perubahan pada salah satu komponen akan langsung mempengaruhi nilai OEE. Peningkatan rasio dari ketiga komponen akan mengakibatkan kenaikan nilai OEE, sedangkan penurunan pada

salah satu komponen akan menyebabkan penurunan nilai OEE. Berikut ini hasil perbandingan rata-rata nilai OEE yang sudah di akumulasi dan dibandingkan dengan nilai Standar Internasional.

Tabel 5. Nilai Hitung OEE Sesuai Standar Internasional (SI)

Keterangan	Nilai Hitung OEE	Standar Internasional Nilai OEE
Availability (%)	54%	90%
Performance (%)	80%	95%
Quality	80%	99%
OEE	54%	85%

Setelah melihat hasil perhitungan OEE pada Tabel 5, nilai rata-rata OEE pada mesin *Cone Crusher* (CR02) sebesar 54% menunjukkan selisih yang besar dari nilai standar internasional, yang berarti mesin tersebut tidak efektif. Berdasarkan standar OEE yang diterapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), nilai OEE 40% dianggap rendah sedangkan OEE 60% dianggap masih wajar, sehingga nilai 54% untuk mesin ini cukup rendah namun mendekati nilai 60%. Namun, dalam banyak kasus, mesin atau alat dengan nilai OEE 40% dapat diperbaiki dengan mudah melalui pengukuran atau pengamatan langsung, seperti menelusuri penyebab waktu henti dan menangani masalah satu per satu. Apabila mendekati nilai 60% menunjukkan masih ada ruang besar untuk dilakukan *improvement* pada mesin produksi. Sehingga pada mesin ini masih bisa diupayakan perbaikan atau *improvement* untuk menanggulangi adanya *downtime*.

3.5 Hasil Analisis Pada Mesin Cone Crusher (CR02)

Setelah melakukan berbagai perhitungan pada mesin Cone Crusher (CR02) menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dengan menilai tiga indikator utama yaitu Ketersediaan waktu (*Availability*), Kinerja mesin (*Performance*), dan Kualitas produk (*Quality*), hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE mesin ini adalah 54%. Nilai ini berada di bawah standar internasional yang ditetapkan sebesar 85% yang berarti tidak efektif. Berdasarkan standar OEE yang diterapkan oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), nilai OEE 40% dianggap rendah, sementara

nilai OEE 60% dianggap masih dalam batas wajar. Dengan nilai OEE 54%, mesin ini dapat disimpulkan berada dalam kategori cukup rendah namun masih dapat diterima (wajar). Meskipun demikian, dalam banyak kasus, mesin dengan nilai OEE di kisaran 40% hingga 60% masih memiliki peluang untuk diperbaiki dengan melakukan pengukuran dan pengamatan langsung, termasuk identifikasi penyebab waktu henti dan penyesuaian penyelesaian masalah yang ditemukan. Oleh karena itu, tidak menutup kemungkinan bahwa nilai OEE 54% ini dapat ditingkatkan melalui upaya perbaikan dengan mencermati faktor-faktor yang menyebabkan mesin Cone Crusher (CR02) sering mengalami masalah. Fokus utama penelusuran ini adalah pada indikator Ketersediaan waktu (Availability), yang didukung oleh evaluasi Six Big Losses untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan sumber utama ketidakefisienan yang mempengaruhi kinerja mesin.

Adapun usulan perbaikan secara menyeluruh untuk membantu meningkatkan efektivitas pada pengoperasian mesin yaitu dengan melakukan penyelesaian menggunakan metode 5W1H, sebagai suatu langkah penyelesaian yang digunakan untuk perbaikan terhadap suatu masalah dengan menjawab pertanyaan 5W1H [1]. Masalah akan dianalisis dan diselesaikan secara mendalam menggunakan metode 5W1H. Langkah-langkah perbaikan akan ditetapkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, *What* (apa yang harus dilakukan), *Why* (mengapa harus dilakukan), *Where* (lokasi pelaksanaan), *When* (kapan harus dilakukan), *Who* (siapa yang akan melakukan/siapa yang akan bertanggung jawab), dan *How* (bagaimana cara melakukannya) [1]. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatasi berbagai jenis cacat, baik variabel maupun atribut, dengan mempertimbangkan faktor manusia, metode kerja, lingkungan kerja, material, dan mesin. Melalui analisis setiap aspek ini, diharapkan bahwa pendekatan terhadap masalah dan solusinya akan menjadi lebih terarah dan efektif, sehingga hasil optimal dapat dicapai. Penjelasan usulan perbaikan mengenai masalah yang ada pada mesin *Cone Crusher* (CR02) melalui metode 5W+1H, yaitu:

1. Faktor *Man* (Manusia)

Masalah yang terjadi adalah kelalaian operator dalam mengatur pengoperasian mesin salah satu contohnya lupa mematikan mesin ketika hujan turun, sudah mengetahui ada kejanggalaan seperti tanda-tanda kerusakan pada mesin tidak langsung melaporkan ke pimpinan (*supervisor*) dan membiarkan mesin tetap beroperasi. Sehingga saran yang diberikan yaitu penting bagi operator untuk mempelajari dan memahami SOP pada area kerja. SOP ini diperlukan

untuk memastikan bahwa operator yang mengoperasikan mesin menjalankan tugas mereka sesuai dengan peraturan, sehingga mesin dapat beroperasi dengan optimal [9].

2. Faktor *Machine* (Mesin)

Kendala pada faktor ini adalah mesin sering mengalami *Breakdown* yang diakibatkan oleh beberapa masalah diantaranya part mesin *spring fedeer* patah, *liner* cepat aus dan baut *balance weight* menjadi kendor sehingga diperlukan pengecekan rutin pada part-part mesin baik secara visual maupun dengan alat bantu yang sesuai dengan keperluan. Sehingga saran yang diusulkan yaitu melakukan *preventive maintenance* yaitu dengan inspeksi part mesin yang dapat dilakukan oleh operator dan dibantu oleh tenaga ahli seperti tim mekanik. *Preventive maintenance* merupakan praktik yang dilakukan oleh perusahaan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan mesin atau alat dengan meningkatkan aktivitas inspeksi dan perbaikan sesuai jadwal yang telah direncanakan [10].

3. Faktor *Method* (Metode)

Kemudian permasalahan untuk faktor ini yaitu tidak ada SOP (*Standard Operational Procedure*) kerja. Saran perbaikannya yaitu dengan membuat SOP yang sesuai pada area kerja. *Standard Operational Procedure* (SOP) berperan dalam menciptakan sistem dan alur kerja yang terstruktur, tertata, dan dapat dipertanggungjawabkan, sehingga mengurangi kesalahan dalam pekerjaan [11]. Selain itu, SOP juga menjelaskan tujuan pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan kebijakan Perusahaan. Maka dari itu penting untuk setiap area kerja atau pengoperasian mesin ada SOP. Pengoperasian mesin yang tidak mengikuti prosedur standar dapat menyebabkan kesalahan dalam pengoperasian dan berakibat fatal [12].

4. Faktor *Material* (Material)

Faktor ini disebabkan karena adanya material berlumpur, *scat* atau material yang seharusnya berbentuk kerikil bukan lumpur. Namun seringkali didapati material *scat* tersebut menyatu pada tanah yang berlumpur sehingga mempersulit proses pemecahan material dan mengakibatkan mesin *block* (mengalami penyumbatan pada aliran material). Adapun saran yang diberikan yaitu memastikan material sebelum di produksi dalam keadaan kering dan melakukan pembersihan material sebelum masuk kedalam *Cone Crusher* (CR02). Hal ini sesuai dengan saran yang diberikan oleh Hargo (2013) dalam penelitiannya ketika bahan baku atau material dalam keadaan kotor atau tidak sesuai dengan keadaan seharusnya, harus dilakukan perbaikan dengan membersihkan material terlebih dahulu [13].

5. Faktor *Enviroment* (Lingkungan)

Pada permasalahan ini mengenai faktor cuaca sulit di prediksi dapat mempengaruhi proses produksi dimana posisi mesin berada di area terbuka dan pada saat hari hujan mesin *Cone Crusher* (CR02) seharusnya tidak beroperasi atau dimatikan. Namun aktualnya pada saat hujan operator sering telat atau lalai untuk mematikan mesin tersebut sehingga pada saat hujan air dengan mudah masuk kedalam tanki *lubrikasi oli* melalui sela-sela mesin yang beroperasi dan mengakibatkan oli terkontaminasi dengan air. Adapun usulan yang diberikan yaitu operator harus disiplin mematikan mesin produksi sebelum hujan turun dan ada baiknya memuat aturan tersebut dalam SOP sebagai panduan bagi operator bekerja sesuai dengan ketentuan yang terlampir dan terarah. [14].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti di PT NATRA MINING pada mesin *Crushing Plant*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata OEE pada mesin *Crushing Plant* sebesar 54% menunjukkan ketidakefektifan mesin dibandingkan dengan standar internasional yang menyarankan nilai OEE 85% sebagai nilai optimal untuk efektivitas mesin. Dengan nilai OEE 54%, mesin dapat ditingkatkan melalui upaya perbaikan dengan mencermati faktor-faktor yang menyebabkan mesin *Cone Crusher* (CR02) sering mengalami masalah.
2. Upaya yang dapat dilakukan untuk membantu meningkatkan efektivitas pada mesin *Cone Crusher* (CR02) dengan menerapkan usulan 5W1H. Pembuatan SOP pada area kerja, melakukan *preventive maintenance* yaitu dengan inspeksi part mesin yang dapat dilakukan oleh operator dan dibantu oleh tenaga ahli seperti tim mekanik, memastikan material sebelum di produksi dalam keadaan kering dan melakukan pembersihan material sebelum masuk kedalam *Cone Crusher* (CR02).

Adapun saran yang diberikan setelah dilakukan penelitian yaitu:

1. Perusahaan disarankan untuk mengevaluasi kinerja mesin menggunakan metode OEE atau metode lainnya untuk mempertahankan dan meningkatkan kinerja mesin dan produktivitas. Selain itu, perlu merapikan pencatatan kinerja mesin dan hasil produksi, serta terus melakukan perbaikan agar mencapai hasil kerja yang lebih optimal.
2. Implementasi TPM di PT Natra Mining harus dilaksanakan secara rutin dan disiplin diharapkan dapat mengurangi *downtime* mesin,

meningkatkan efisiensi operasional, dan meningkatkan kualitas produksi. Dengan melibatkan seluruh karyawan dan menerapkan pemeliharaan yang terstruktur dan terencana, perusahaan dapat mencapai performa yang lebih baik dan keberlanjutan operasional yang lebih tinggi.

3. Penelitian berikutnya akan fokus pada pengembangan evaluasi kinerja mesin menggunakan metode pemeliharaan lainnya serta penelitian lanjutan mengenai usulan perbaikan menggunakan metode lain yang dapat langsung diterapkan di PT Natra Mining.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Wibowo and I. Padilah, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Pada Mesin Length Adjustment Line 3 Departemen Belt Assy PT XYZ," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 439–449, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i2.2236.
- [2] D. U. Purwahyudi Suwardiyanto, Denny Siregar, "Analisis Perhitungan OEE dan Menentukan Six Big Losses pada Mesin Spot Welding Tipe X," *J. Ind. Eng. Syst.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–52, 2022, doi: 10.21608/pshj.2022.250026.
- [3] A. V. Prasmoro and M. Ruslan, "Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Kneader (Studi Kasus PT. XYZ)," *J. Ind. Eng. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 53–64, 2020, doi: 10.31599/jies.v1i1.167.
- [4] Gian Pramula and M. I. Hamdy, "Evaluasi Efektivitas Mesin Ripple Mill Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 4, pp. 301–309, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i4.281.
- [5] O. Sulistiardi and D. E. Prasetyo, "Perbaikan ' Overall Equipment Effectiveness ' (OEE) Pada Line Assembly 3 Di PT . MESIN ISUZU INDONESIA Overall Equipment Effectiveness (OEE) Improvement in PT . Mesin Isuzu Indonesia Line Assembly 3," *J. Baut dan Manufaktur*, vol. 01, no. 01, pp. 7–16, 2019.
- [6] S. Nakajima, *Introduction To TPM Total Productive Maintenance*, ProductivityPress, Berilustra. University of Minnesota, 1998.
- [7] I. Kurnia, "Meningkatkan Nilai Overall Equipment Effectiveness (Oee) Pada Mesin Cold Forging Menggunakan Metode Pdca

- (Studi Kasus Pt Saga Hikari Teknindo Sejati - Cikarang),” *Industrikrisna*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2023, doi: 10.61488/industrikrisna.v12i1.228.
- [8] Aradita Anisya Permata, “Analisis Overall Equipment Effectiveness (Oee) Pada Paper Making Machine Dan Pendekatan 5 Whys Untuk Perbaikan Pada Pt. Indah Kiat Pulp & Paper Perawang (Studi Kasus: Pt Indah Kiat Pulp & Paper Perawang),” *Ind. Eng. Online J.*, Vol. 12, 2023.
- [9] H. Batubara And D. Rachmawati, “Analisis Kinerja Persiapan Kedatangan Pesawat Lion Air Oleh Petugas Ramp Handling Di Ramp Side Bandar Udara Internasional Supadio Pontianak Kalimantan Barat,” *J. Kewarganegaraan*, Vol. 6, No. 2, Pp. 5266–5273, 2022.
- [10] Mohamad Rofiq And Ilham Akbar Darmawan, “Preventive Maintenance Electrical C-2b Belt Conveyor Di Pt. Indonesia Power Pltu Banten 3 Lontar Omu,” *J. Sains Dan Teknol.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 87–100, 2022, Doi: 10.58169/Saintek.V1i2.81.
- [11] V. M. Wahyuni, Mattoasi, “Penerapan Sistem Pengendalian Intern Pemerintah (Spip) Dan Standar Operasional Prosedur (Sop) Terhadap Pencegahan Fraud Pada Pengelolaan Dana Desa (Studi Pada Desa Di Kecamatan Wanggarasi Kabupaten Pohuwato),” *J. Econ. Digit. Bus. Rev.*, Vol. 5, No. 1, Pp. 275–287, 2023, [Online]. Available: <https://www.ojs.sticamkop.ac.id/index.php/ecotal/article/view/1011>
- [12] K. P. Sesai, K. D. Barat, And K. Dumai, “Pengembangan Standar Operasional Prosedur Pengoperasian Mesin Pendingin Pada Kapal Penangkap Ikan Development Of Standard Operating Procedures For Operating Refrigeration Machinery On Fishing Vessels,” Vol. 6, No. April, Pp. 123–136, 2024.
- [13] J. Setiawati And T. Arianto, “The Effect Of Standard Operating Procedures (Sop) And Work Environment On Employee Work Productivity At Pt . Agro Perak Sejahtera North Bengkulu Pengaruh Standar Operasional Prosedur (Sop) Dan Lingkungan Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pad,” Vol. 4, No. 1, Pp. 77–86, 2024.