

PENINGKATAN NILAI *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* MESIN *STONE CRUSHER* DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (STUDI KASUS PT. BRANTAS ABIPRAYA)

Divia Odilia Shafitri¹⁾, Aisyah Larasati²⁾, Apif Miptahul Hajji³⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

Email : divaodilia31@gmail.com

Abstrak, Mesin *stone crusher* digunakan untuk memproduksi agregat, yang menjadi salah satu bahan utama dalam pembuatan beton. Permasalahan yang saat ini sedang dihadapi perusahaan Abipraya Beton adalah *loss time* mesin yang besar pada mesin *stone crusher* dan belum dapat memenuhi kuantitas dan kualitas yang diharapkan oleh perusahaan. Permasalahan tersebut menjadi fokus penelitian dalam meningkatkan efektivitas mesin *stone crusher* dengan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM). Langkah yang dilakukan dalam menerapkan TPM adalah dengan menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai OEE dengan menghitung *six big losses*. Setelah itu, melakukan analisa dengan menggunakan diagram pareto, diagram *fishbone*, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), sehingga dapat diusulkan perbaikan dan strategi pemeliharaan. Hasil pengolahan data pada periode Agustus 2018-Agustus 2019, mesin *stone crusher* memiliki nilai OEE yang masih berada dibawah standar dunia yang dirumuskan oleh JIPM, yaitu sebesar 67%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ada ruang yang besar untuk dilakukannya peningkatan efektivitas. Faktor terbesar yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE adalah *idling and minor stoppages* (52,55%), *reduced speed* (26,68%), dan *equipment failure* (16,61%). Rekomendasi perbaikan yang diusulkan adalah perusahaan dapat menyediakan *check sheet* untuk kegiatan pemeliharaan rutin pada mesin *stone crusher*, melakukan pengecekan stok cadangan untuk komponen dan bahan bakar genset, memberikan pelatihan secara berkala kepada pekerja untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilannya dalam hal mengoperasikan dan memelihara mesin *stone crusher*, dan menghimbau seluruh karyawan untuk berperan aktif dalam menerapkan metode TPM. Dengan penerapan TPM dan rekomendasi perbaikan maka nilai OEE mesin *stone crusher* tahun 2021 diharapkan dapat meningkat menjadi 86%.

Kata kunci : Mesin *Stone crusher*, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Total Productive Maintenance* (TPM)

PENDAHULUAN

Saat ini, globalisasi mengakibatkan semakin ketatnya persaingan di dunia industri. Hal tersebutlah yang mendorong perusahaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pada setiap divisi di perusahaannya guna meningkatkan kuantitas dan kualitas produknya agar dapat bersaing secara global (Raharja, et al., 2021; Wahid, 2020). Produk sangat erat kaitannya dengan sistem dan mesin produksi. Produk yang memiliki kualitas baik akan dihasilkan dari mesin produksi yang berkualitas pula (Jasasila, 2017; Widiaswanti, 2014). Namun, mesin produksi membutuhkan pemeliharaan yang terjadwal secara teratur agar operasi produksi dapat bekerja maksimal dan sesuai dengan target yang diharapkan (Onawoga & Akinyemi, 2010).

PT. Brantas Abipraya (Persero) – Abipraya Beton merupakan salah satu

perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang konstruksi. Produk yang dihasilkan dari perusahaan tersebut adalah *concrete* atau beton. Sistem produksi dalam pembuatan *concrete* terdapat dua mesin produksi utama, yaitu mesin *stone crusher* dan mesin *batching plant*. Secara garis besar, tahapan pembuatan beton atau *concrete* dimulai dari penghancuran batu alam menjadi pecahan batu atau agregat pada mesin *stone crusher*. Selanjutnya, agregat tersebut diteruskan ke mesin *batching plant* dan dilakukan proses pengadukan semua material sampai menghasilkan homogenitas *concrete* atau beton (Juniardi & Adiansyah, 2020).

PT. Brantas Abipraya (Persero) – Abipraya Beton Pekanbaru, Riau, menerapkan sistem pemeliharaan preventif rutin jangka panjang dan pemeliharaan korektif. Namun, implementasi sistem pemeliharaan preventif

pada mesin *stone crusher* masih belum optimal karena mesin masih sering melakukan pemeliharaan korektif. Pemeliharaan korektif mengharuskan mesin *stone crusher* dinonaktifkan dan berhenti beroperasi. Hal tersebut tentunya dapat menimbulkan dampak negatif, yaitu meningkatnya biaya perbaikan dan *loss time* pada mesin *stone crusher*.

Berdasarkan kondisi yang dialami pada mesin *stone crusher*, dapat diperbaiki dengan menerapkan pemeliharaan *Total Productive Maintenance* (TPM). Implementasi TPM memberikan dampak positif pada perusahaan Abipraya Beton dengan menghasilkan efektivitas peralatan yang tinggi. Hal tersebut berdampak pada peningkatan nilai mutu, besar keuntungan yang diperoleh, serta tingkat partisipasi karyawan dalam mewujudkan tujuan dan sasaran perusahaan (Chikwendu & Chima, 2018). TPM memiliki delapan pilar pendukung, yaitu 5S, pemeliharaan mandiri, perbaikan terfokus, pemeliharaan terencana, pemeliharaan kualitas, pelatihan, TPM di administrasi, dan K3L (Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan). Metode TPM bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan mesin-mesin produksi, menjaga kualitas produksi dan performa mesin (Cahyono & Budiharti, 2020). Berdasarkan tujuan tersebut, metode TPM mengembangkan alat ukur yang disebut dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Munthe & Yuliarty, 2021).

OEE adalah pengukuran kinerja terpenting di fasilitas manufaktur modern. Dengan kata lain, kriteria OEE dapat menjadi tolak ukur keberhasilan metode TPM, yang ditunjukkan dengan kinerja mesin yang maksimal dalam menjalankan kegiatan produksi (Parikh & Mahamuni, 2015). OEE merupakan fungsi perkalian dari *availability*, *performance*, dan *quality*. OEE memiliki standar ideal yang dirumuskan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ideal OEE

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	> 90%
<i>Performance</i>	> 95%
<i>Quality</i>	> 99%
OEE	> 85%

Sumber: Wahid (2020)

Pada suatu kondisi dimana nilai OEE dianggap rendah atau tidak mencapai standar dunia maka perlu dilakukan analisa *six big losses* guna meningkatkan nilai OEE kembali (Campbell et al., 2011). *Six big losses* terdiri dari kerusakan peralatan, pemasangan dan penyetulan, berhentinya operasi, kecepatan berkurang, cacat dalam proses, dan berkurangnya hasil produksi (Sethia et al., 2014). *Six big losses* dianalisa dengan alternatif bentuk-bentuk kemungkinan terjadinya kerusakan sebagai penyebabnya, sehingga dapat diusulkan perbaikan melalui diagram pareto, diagram *fishbone* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Oleh karena itu, diharapkan usulan perbaikan dan strategi pemeliharaan yang baru dapat meningkatkan nilai OEE.

Berdasarkan paparan permasalahan yang dialami mesin *stone crusher*, maka tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan efektivitas mesin *stone crusher* dengan menggunakan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM).

METODE

Data historis mesin *stone crusher* periode Agustus 2018-Agustus 2020 yang digunakan antara lain, data *planned downtime*, total hari kerja mesin, jam kerja mesin per hari, waktu *breakdown*, waktu *set up*, *cycle time*, hasil produksi, dan total produk cacat.

Langkah pengolahan dan analisis data yang dilakukan sebagai berikut:

- Menghitung nilai *availability*, *performance*, dan *quality* untuk memperoleh nilai *current OEE*.
- Menghitung *six big losses* dan rekapitulasi total *time losses*.
- Menentukan tiga *losses* terbesar yang menyebabkan rendahnya nilai OEE.
- Menganalisis akar penyebab dan efek kerusakan yang terjadi pada mesin *stone crusher*.
- Menentukan usulan perbaikan dan strategi pemeliharaan dengan pendekatan TPM.
- Menggunakan teknik *expert judgement* untuk memperoleh data prediksi yang digunakan dalam menghitung nilai *proposed OEE*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Current OEE Mesin Stone crusher

Current OEE menggambarkan nilai OEE yang dimiliki mesin *stone crusher* dengan

strategi pemeliharaan yang sedang diterapkan Abipraya Beton. Dalam menghitung nilai *current* OEE, langkah awal yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai pada tiap indikator OEE, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*.

Availability rate menggambarkan ketersediaan waktu aktual untuk kegiatan operasi pada mesin *stone crusher*. Dalam menghitung *availability rate*, dibutuhkan nilai *loading time* dan *operation time*.

Loading time adalah waktu yang tersedia (*running time*) dalam kurun waktu tertentu dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan (*planned downtime*).

Sedangkan, *operation time* adalah waktu yang diperlukan mesin *stone crusher* dalam menghasilkan produk. Dalam menghitung nilai dari *operation time*, dibutuhkan data *loading time* dan data *downtime*.

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *availability rate* yang ditunjukkan Tabel 2. *Availability rate* diperoleh dari hasil pembagian *operation time* dan *loading time*. Formula yang digunakan untuk memperoleh nilai dari *availability rate* yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\text{Availability} = \frac{\text{operation time}}{\text{loading time}} \quad (1)$$

Maka,

$$\text{Availability} = \frac{198,34}{202,5} = 98\%$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Availability Rate*

Tahun	Bulan	<i>Loading Time</i> (jam)	<i>Operating Time</i> (jam)	<i>Availability Rate</i> (%)
2018	Agustus	202,5	198,34	98%
	September	187,5	157,5	84%
	Oktober	202,5	183,34	91%
	November	195	170,92	88%
	Desember	172,5	145,66	84%
2019	Januari	195	163,92	84%
	Februari	172,5	167,66	97%
	Maret	187,5	170,5	91%
	April	180	149,08	83%
	Mei	187,5	167,5	89%
	Juni	135	115,56	86%
	Juli	202,5	169,34	84%
	Agustus	202,5	171,34	85%
	September	187,5	170,5	91%
	Oktober	202,5	149,34	74%
	November	187,5	176,5	94%
	Desember	172,5	140,66	82%
2020	Januari	187,5	166,5	89%
	Februari	187,5	167,5	89%
	Maret	187,5	173,5	93%
	April	187,5	168,5	90%
	Mei	127,5	115,14	90%
	Juni	195	161,92	83%
	Juli	195	175,92	90%
	Agustus	180	174,08	97%
Rata-rata				88%

Sumber: Pengolahan Data

Nilai *availability rate* dipengaruhi oleh kinerja *maintenance* dan waktu *breakdown*,

dimana ketika kinerja *maintenance* sudah cukup baik maka kemungkinan terjadinya *breakdown*

pada saat jam kerja menjadi tidak terlalu besar begitu pula sebaliknya (Indriawanti & Bernik, 2020).

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian ini, dimana tingginya nilai *availability rate* pada bulan Agustus 2018 yaitu mencapai 98%. Berbeda halnya dengan kondisi mesin pada bulan Oktober 2019, dimana mesin *stone crusher* mengalami kerusakan pada bagian *liner*, gigi *jaw*, dan *gearbox* pada *conveyor* dan kehabisan stok cadangan gigi *jaw*. Oleh karena

itu, waktu *breakdown* menjadi besar yang menyebabkan *availability rate* pada bulan tersebut hanya mencapai 74%.

Performance rate menggambarkan kinerja dari mesin *stone crusher*. Formula yang digunakan untuk memperoleh nilai *performance* pada mesin *stone crusher* ditunjukkan pada Persamaan 2. Berikut hasil perhitungan *performance rate* yang ditunjukkan Tabel 3.

$$\text{Performance} = \frac{\text{jumlah produksi} \times \text{waktu siklus per unit}}{\text{operation time}} \quad (2)$$

Maka,

$$\text{Performance} = \frac{16.746 \times 0,0083}{198,34} = 70\%$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Performance Rate*

Tahun	Bulan	<i>Operating Time</i> (jam)	Total Produksi (ton)	<i>Performance Rate</i> (%)
2018	Agustus	198,34	16.746	70%
	September	157,5	14.576	77%
	Oktober	183,34	16.566	75%
	November	170,92	16.203	79%
	Desember	145,66	14.334	82%
2019	Januari	163,92	16.187	82%
	Februari	167,66	14.327	71%
	Maret	170,5	15.518	76%
	April	149,08	14.957	84%
	Mei	167,5	15.883	79%
	Juni	115,56	11.218	81%
	Juli	169,34	16.765	82%
	Agustus	171,34	16.817	82%
	September	170,5	15.573	76%
	Oktober	149,34	16.822	94%
	November	176,5	15.580	74%
	Desember	140,66	14.334	85%
2020	Januari	166,5	15.577	78%
	Februari	167,5	15.582	77%
	Maret	173,5	15.574	75%
	April	168,5	15.685	78%
	Mei	115,14	10.594	77%
	Juni	161,92	16.209	83%
	Juli	175,92	16.207	77%
	Agustus	174,08	14.957	72%
Rata-rata				79%

Sumber: Pengolahan Data

Nilai *performance rate* dipengaruhi oleh kecepatan produksi, dimana ketika kecepatan

produksi sesuai atau bahkan lebih cepat daripada yang sudah direncanakan maka dapat

menyebabkan tingginya nilai *performance rate* begitu pula sebaliknya (Indriawanti & Bernik, 2020).

Hasil analisis tersebut sejalan dengan penelitian ini, dimana penyebab dari tingginya nilai *performance rate* pada bulan Oktober 2019 disebabkan karena mesin *stone crusher* memiliki performa yang baik dalam memproduksi agregat setelah teknisi mengganti gigi *jaw & conveyor* yang rusak pada bulan sebelumnya.

Berbeda halnya dengan kondisi mesin pada bulan Agustus 2018, dimana mesin *stone crusher* tidak maksimal dalam menghasilkan agregat sedangkan jika dilihat dari waktu operasi yang tersedia, mesin dapat

menghasilkan output lebih banyak. Hal tersebut disebabkan karena mesin *stone crusher* mengalami perbaikan korektif yang menyebabkan mesin diharuskan berhenti sejenak untuk dilakukannya perbaikan. Oleh karena itu, nilai *performance rate* pada bulan tersebut hanya mencapai 70%.

Quality rate diperoleh dengan melakukan perbandingan antara jumlah produk yang memiliki kualitas baik dengan jumlah total produksi pada mesin *stone crusher*. Formula yang digunakan untuk menghitung *quality rate* ditunjukkan pada Persamaan 3. Berikut hasil perhitungan *quality rate* yang ditunjukkan Tabel 4.

$$\text{Quality} = \frac{\text{jumlah produksi} - \text{produk cacat}}{\text{jumlah produksi}} \quad (3)$$

Maka,

$$\text{Quality} = \frac{16.746 - 502}{16.746} = 97\%$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Quality Rate*

Tahun	Bulan	Total Produksi (ton)	Produk Cacat (ton)	<i>Quality Rate</i> (%)
2018	Agustus	16.746	502	97%
	September	14.576	380	97%
	Oktober	16.566	527	97%
	November	16.203	519	97%
	Desember	14.334	284	98%
2019	Januari	16.187	556	97%
	Februari	14.327	305	98%
	Maret	15.518	406	97%
	April	14.957	373	98%
	Mei	15.883	391	98%
	Juni	11.218	222	98%
	Juli	16.765	536	97%
	Agustus	16.817	571	97%
	September	15.573	383	98%
	Oktober	16.822	592	96%
	November	15.580	378	98%
	Desember	14.334	337	98%
2020	Januari	15.577	410	97%
	Februari	15.582	379	98%
	Maret	15.574	361	98%
	April	15.685	396	97%
	Mei	10.594	253	98%
	Juni	16.209	553	97%
	Juli	16.207	497	97%
	Agustus	14.957	372	98%
Rata-rata				97%

Sumber: Pengolahan Data

Nilai *quality rate* dipengaruhi oleh total produk yang lolos di bagian kontrol kualitas. Dimana, semakin banyak produk yang lolos dari kontrol kualitas maka semakin sedikit produk cacat (*reject*) yang dihasilkan mesin produksi (Indriawanti & Bernik, 2020).

Hasil analisis tersebut sejalan dengan penelitian ini, dimana penyebab dari tingginya nilai *quality rate* pada bulan Juni 2019. Berbeda halnya dengan kondisi mesin pada bulan Oktober 2019, dimana mesin *stone crusher* mengalami kerusakan pada gigi *jaw* yang disebabkan karena belum adanya ketentuan mengenai ukuran standar batu alam sehingga melebihi kemampuan gigi *jaw*. Oleh karena itu, jumlah agregat yang tidak sesuai spesifikasi menjadi sangat besar sehingga, total produk cacat meningkat dan nilai *quality rate* pada

bulan tersebut lebih rendah dibandingkan dengan bulan lainnya, yaitu sebesar 96%.

Nilai *availability*, *performance*, dan *quality* pada mesin *stone crusher* diperlukan untuk memperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Tujuan dilakukannya perhitungan nilai *current* OEE adalah untuk mengukur performa dari mesin *stone crusher*. Formula yang digunakan untuk menghitung nilai *overall equipment effectiveness* ditunjukkan pada Persamaan 4. Berikut hasil perhitungan *current* OEE yang ditunjukkan Tabel 5.

$$OEE = \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality} \quad (4)$$

Maka,

$$OEE = 98\% \times 70\% \times 97\% = 67\%$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Current* OEE

Tahun	Bulan	AR (%)	PR (%)	QR (%)	OEE (%)
2018	Agustus	98%	70%	97%	67%
	September	84%	77%	97%	63%
	Oktober	91%	75%	97%	66%
	November	88%	79%	97%	67%
	Desember	84%	82%	98%	68%
2019	Januari	84%	82%	97%	67%
	Februari	97%	71%	98%	68%
	Maret	91%	76%	97%	67%
	April	83%	84%	98%	67%
	Mei	89%	79%	98%	69%
	Juni	86%	81%	98%	68%
	Juli	84%	82%	97%	67%
	Agustus	85%	82%	97%	67%
	September	91%	76%	98%	67%
	Oktober	74%	94%	96%	67%
	November	94%	74%	98%	68%
	Desember	82%	85%	98%	68%
2020	Januari	89%	78%	97%	67%
	Februari	89%	77%	98%	68%
	Maret	93%	75%	98%	68%
	April	90%	78%	97%	68%
	Mei	90%	77%	98%	68%
	Juni	83%	83%	97%	67%
	Juli	90%	77%	97%	67%
	Agustus	97%	72%	98%	67%
Rata-rata		88%	79%	97%	67%

Sumber: Pengolahan Data

Keterangan: AR (*Availability Rate*), PR (*Performance Rate*), dan QR (*Quality Rate*)

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai *current* OEE terbesar ialah pada bulan Mei 2019 yaitu mencapai 69%. Walaupun pada bulan tersebut adalah pencapaian tertinggi mesin *stone crusher* selama periode Agustus 2018 - Agustus 2020, namun belum dapat mencapai nilai ideal OEE.

Berbeda halnya dengan hasil perolehan nilai *current* OEE pada bulan September 2018, dimana pada bulan tersebut merupakan nilai *current* OEE terkecil, yaitu sebesar 63%. Dapat disimpulkan pada bulan tersebut, nilai *performance rate* memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dua parameter OEE lainnya. Hal tersebut disebabkan karena pada bulan tersebut, mesin *stone crusher* mengalami

kerusakan pada komponen *toggle plate* dan *bearing*. Kerusakan tersebut menyebabkan tidak maksimalnya mesin *stone crusher* dalam menghasilkan agregat, serta total hasil produksi masih tergolong sedikit jika dibandingkan dengan waktu mesin yang tersedia pada bulan tersebut.

Six Big Losses Mesin Stone crusher

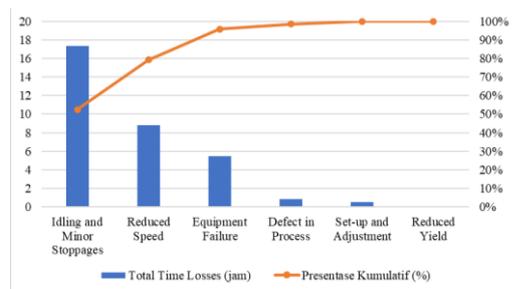
Analisis *six big losses* dilakukan untuk mengidentifikasi total *time losses* pada setiap *losses* dan *losses* yang memiliki total *time losses* terbesar. Berikut hasil rekapitulasi total *time losses* berdasarkan *six big losses* yang ditunjukkan Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Current* OEE

No	<i>Six Big Losses</i>	Total <i>Time losses</i> (jam)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	17,3738	52,55%	52,55%
2	<i>Reduced Speed</i>	8,8207	26,68%	79,23%
3	<i>Equipment Failure</i>	5,4928	16,61%	95,84%
4	<i>Defect in Process</i>	0,8732	2,64%	98,48%
5	<i>Set-up and Adjustment</i>	0,4928	1,49%	99,98%
6	<i>Reduced Yield</i>	0,0081	0,02%	100,00%
Total		33,0614	100,00%	

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa total *time losses* pada *idling and minor stoppages* sebesar 17,3738 jam atau sebesar 52,55%, *reduced speed* (8,8207 jam atau 26,68%), *equipment failure* (5,4928 jam atau 16,61%), *defect in process* (0,8732 jam atau 2,64%), *set-up and adjustment* (0,4928 jam atau 1,49%), dan *reduced yield* (0,0081 atau 0,02%).

Pada Gambar 1 menunjukkan faktor *six big losses* yang paling dominan menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin *stone crusher*, yaitu *idling and minor stoppages*, *reduced speed*, dan *equipment failure*.



Gambar 1. Diagram Pareto *Six Big Losses*
 Sumber : Pengolahan Data

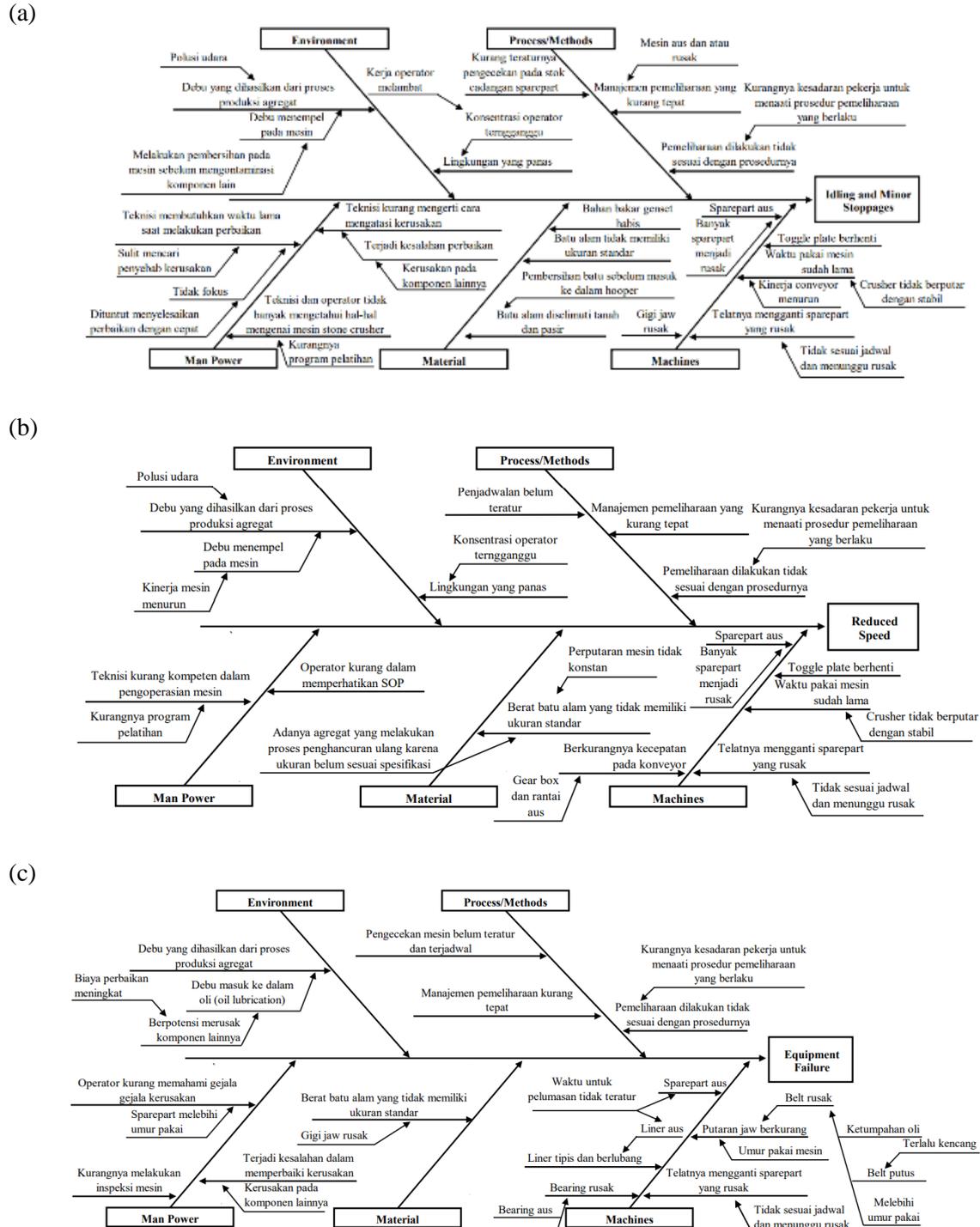
Dalam hal ini, mengenai urutan persentase *six big losses* pada mesin *stone crusher*, hasil penelitian tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yanto & Arief, 2018). Faktor *six big losses* pada mesin *stone crusher* yang ditelitinya memiliki urutan persentase yang berbeda, yaitu *set-up and adjustment* (65,25%), *idling and minor stoppages* (21,41%), *reduced speed* (12,16%), *equipment failure* (1,17%).

Analisa Diagram Sebab-Akibat (Fishbone) dan FMEA

Setelah mengetahui faktor *losses* yang mengakibatkan total *time losses* pada mesin *stone crusher* menjadi besar, tahapan selanjutnya adalah menganalisis menggunakan diagram sebab akibat atau diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis penyebab-penyebab terjadinya *idling and minor stoppages*, *reduced speed*, dan *equipment failure*. Hasil dari analisis diagram *fishbone* sebagai acuan dalam pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga dapat lebih rinci dalam mengetahui potensi penyebab

dan efek dari suatu kerusakan. Faktor penyebab terjadinya *idling and minor stoppages*, *reduced speed*, dan *equipment failure* kemungkinan dapat diakibatkan oleh faktor penyebab yang sama. Hal tersebut disebabkan karena secara teknis kegagalan atau kerusakan yang terjadi

pada satu fungsi memiliki keterkaitan. Berikut diagram fishbone yang menggambarkan sebab akibat terjadinya masalah *idling and minor stoppages*, *reduced speed*, dan *equipment failure* pada mesin *stone crusher* yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Fishbone (a) *Idling and Minor Stoppages*, (b) *Reduced Speed*, (c) *Equipment Failure*

Sumber : Pengolahan Data

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil dari Analisis FMEA adalah data kerusakan (*failure*), penyebab terjadinya kerusakan (*failure mode*), dan efek

yang ditimbulkan dari kerusakan tersebut (*failure effect*). Berikut Tabel 7 yang memaparkan data FMEA untuk menganalisis *idling and minor stoppages, reduced speed, dan equipment failure*.

Tabel 7. Data Failure Mode and Effect Analysis

No.	Failure	Failure Mode	Failure Effect
1.	<i>Sparepart</i> aus	Jadwal pelumasan tidak teratur	a. <i>Sparepart</i> tidak dapat bekerja maksimal b. Berpotensi rusak dan dapat merusak komponen lain
2.	<i>Toggle plate</i> berhenti	a. Batu alam yang digunakan tidak memiliki ukuran standar b. Kelebihan muatan dan tekanan	a. Batu akan mengalami proses penghancuran berulang-ulang agar ukuran sesuai spesifikasi b. Tidak dapat bergerak secara maju mundur
3.	Kinerja <i>conveyor</i> menurun	Umur pakai mesin	Transfer material dari <i>jaw</i> satu ke <i>jaw</i> selanjutnya menjadi lambat
4.	Gigi <i>jaw</i> rusak	a. Tidak ada ukuran standar untuk batu alam b. Kelebihan muatan batu	a. Tidak maksimal dalam proses penghancuran batu b. Banyak batu yang masih berukuran besar (tidak sesuai spesifikasi)
5.	Batu alam diselimuti tanah	Banyak tanah yang menempel pada batu	a. Kerusakan pada gigi <i>jaw</i> dan beban kerja lebih pada mesin b. Waktu produksi berkurang untuk membersihkan batu
6.	Mesin diselimuti debu	a. Polusi dari kegiatan produksi b. Kurangnya kegiatan pembersihan	a. Komponen mesin lainnya rusak karena terkontaminasi debu b. Ketidaknyamanan pekerja di sekitar mesin
7.	<i>Gearbox</i> rusak	a. Kurangnya pelumasan b. Tidak teratur dalam melakukan inspeksi	a. Roda gigi rusak b. Timbul getaran (vibrasi) c. Kerja <i>conveyor</i> menjadi lebih lambat
8.	<i>Liner</i> tipis dan berlubang	a. <i>Liner</i> aus b. Melebihi batas umur pakai	a. Dapat merusak <i>bowl</i> dan <i>head</i> b. Biaya perbaikan akan jauh meningkat
9.	<i>Belt</i> rusak	a. Ketumpahan oli b. Melebihi batas umur pakai c. Terlalu kencang	a. Putaran <i>crusher</i> berkurang sedangkan rpm motor sudah tinggi b. Kinerja mesin <i>stone crusher</i> berkurang
10.	Komponen mesin ketumpahan oli	a. <i>Dust seal</i> robek atau kurang presisi b. Oli <i>lubrication</i> bocor	a. Komponen mesin lainnya rusak b. Area sekitar mesin menjadi kotor
11.	<i>Oil lubrication</i> tidak dapat melumasi dengan baik	c. Terkontaminasi debu, air, dan unsur lainnya	a. Merusak komponen mesin lainnya c. Menambah biaya untuk penggantian oli

12.	<i>Dust seal</i> robek	a. Kurang inspeksi yang dilakukan pekerja b. <i>Overheated</i>	a. Unsur lainnya dapat mengontaminasi komponen mesin lainnya b. Biaya perbaikan akan jauh meningkat
13.	Rantai <i>conveyor</i> retak	Aus atau melebihi batas umur pakai	a. Rantai rusak b. Mengganggu jalannya <i>conveyor</i>
14.	<i>Bearing</i> rusak	a. Aus atau melebihi batas umur pakai b. Kerusakan pada <i>dust seal</i> c. <i>Overheated</i>	Berkurangnya kemampuan dalam menahan putaran poros
15.	Terjadi getaran di area mesin	<i>Bearing</i> kendur	Merusak motor

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan hasil analisis diagram *fishbone* dan FMEA, dimana faktor utama penyebab rendahnya nilai OEE pada mesin *stone crusher* adalah kelima faktor, yaitu lingkungan, metode, pekerja, bahan baku atau material, dan mesin (Yanto & Arief, 2018). Berikut penyebab dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan pada mesin *stone crusher*:

a. Lingkungan (*environment*)

Faktor lingkungan menjadi salah satu penyebab rendahnya nilai OEE. Proses produksi agregat pada mesin *stone crusher* menghasilkan debu yang dapat menimbulkan polusi udara. Polusi udara tersebut dapat mengganggu kesehatan pekerja lapangan seperti gangguan sistem pernapasan dan juga mengurangi konsentrasi pekerja dalam mengoperasikan dan mengontrol proses produksi agregat. Selain itu, debu yang menempel pada mesin *stone crusher* dapat mengakibatkan penurunan terhadap kinerja mesin dan berpotensi merusak komponen lain seperti terkontaminasinya *oil lubrication*.

b. Metode (*method*)

Metode pemeliharaan yang sedang diterapkan perusahaan saat ini adalah preventif rutin jangka panjang dan pemeliharaan korektif. Dalam penerapannya, pemeliharaan korektif lebih sering dilakukan pada mesin *stone crusher* karena manajemen sistem pemeliharaan yang masih kurang tepat dan kurang terstruktur. Selain itu, dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan seringkali tidak sesuai dengan prosedur yang berlaku. Hal tersebut menyebabkan besarnya waktu produksi yang terbuang.

c. Pekerja (*man power*)

Dilihat dari faktor pekerja, pengetahuan, kemampuan, dan keterampilan adalah kunci utama yang harus dimiliki pekerjanya guna meningkatkan nilai OEE. Jika salah satu dari tiga hal tersebut tidak dimiliki oleh pekerja maka akan timbul kesalahan dalam melakukan pemeliharaan dan perbaikan, membuang waktu yang cukup lama saat melakukan perbaikan, tidak mampu mengoperasikan mesin dengan benar, dan tidak dapat mengetahui jika timbulnya gejala kerusakan. Hal tersebut tentunya memiliki efek yang buruk pada komponen mesin *stone crusher*.

d. Bahan baku atau material

Batu alam adalah bahan baku utama dalam pembuatan agregat. Pada perusahaan ini, batu alam belum memiliki ukuran standar. Ukuran batu alam yang melebihi kapasitas mesin *stone crusher* dapat mengakibatkan beban kerja gigi *jaw* menjadi lebih besar yang dapat merusak gigi *jaw* tersebut, perputaran mesin menjadi tidak konstan, dan adanya agregat yang melakukan proses penghancuran ulang karena ukuran masih terlalu besar (belum sesuai spesifikasi). Selain itu, batu alam juga terkadang masih diselimuti oleh tanah sehingga membutuhkan waktu untuk membersihkannya terlebih dahulu. Faktor lainnya adalah disebabkan karena habisnya bahan bakar genset pada saat mesin *stone crusher* beroperasi.

e. Mesin (*machine*)

Mesin juga termasuk faktor utama yang berpengaruh terhadap nilai OEE. Kerusakan yang terjadi pada suatu komponen dapat

merusak atau mempengaruhi kinerja pada komponen lainnya. Kelebihan muatan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada gigi *jaw* dan terhentinya *toggle plate*. Selain itu, komponen juga dapat rusak ketika mengalami aus, terkontaminasi unsur lain (seperti debu, air, dan unsur lainnya), melebihi batas umur pakai, *overheat*, dan getaran berlebih di area mesin. Hal tersebut memiliki efek yang buruk pada mesin maupun produk yang dihasilkan.

Rekomendasi Perbaikan dan Proposed OEE

Langkah perbaikan dan strategi pemeliharaan dilakukan dengan mengusulkan delapan pilar pendukung TPM yang didasari oleh hasil analisa kerusakan pada mesin *stone crusher* yang menyebabkan rendahnya nilai *current OEE*. Tujuan dari strategi pemeliharaan ini adalah untuk menghindari dan/atau mengatasi kerusakan dan kerugian yang disebabkan oleh tiga *losses* terbesar, yaitu *idling and minor stoppages, reduced speed, dan equipment failure*. TPM dapat meningkatkan kinerja mesin dan kualitas produk, mengurangi *waste*, dan mengembangkan sistem pemeliharaan (Amrussalam et al., 2016; Pratama, 2018). Berikut analisis berdasarkan delapan pilar pendukung TPM untuk mengurangi tiga *losses* terbesar yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekomendasi perbaikan dengan Pendekatan TPM

Pilar TPM	Rekomendasi Perbaikan
5S	<ul style="list-style-type: none"> • Seiri: membersihkan mesin <i>stone crusher</i>, sebelum dan setelah beroperasi • Seiton: mengorganisir komponen cadangan (gigi <i>jaw</i>, <i>toggle plate</i>, <i>liner</i>, bearing, dan conveyor) dari mesin <i>stone crusher</i> dengan mengelompokkan sesuai jenisnya. • Seiso: membuat jadwal inspeksi rutin untuk mengetahui kesiapan mesin <i>stone crusher</i>. • Seiketsu: membuat ketentuan mengenai ukuran standar batu alam dan melakukan pekerjaan sesuai dengan SOP yang berlaku.

	<ul style="list-style-type: none"> • Shitsuke: menerapkan secara rutin sistem 5S yang telah dipaparkan sebelumnya dengan cara melakukan inspeksi harian.
Pemeliharaan mandiri	<ul style="list-style-type: none"> • Perusahaan dapat membuat <i>check sheet</i> untuk <i>startup</i> dan <i>shutdown</i> mesin <i>stone crusher</i>. • Perusahaan dapat menyediakan informasi terkait standar normal kondisi mesin <i>stone crusher</i> dan tiap komponennya. • Perusahaan dapat memberikan tanggung jawab kepada operator dalam hal pemeliharaan rutin. • Memberikan pengetahuan mengenai komponen yang ada di mesin <i>stone crusher</i>.
Perbaikan terfokus	Melakukan evaluasi proses produksi agregat dengan cara menandai masalah yang terjadi untuk memperoleh laporan terhadap masalah yang dihadapi mesin <i>stone crusher</i> dan cara penyelesaian masalah tersebut.
Pemeliharaan terencana	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat jadwal terperinci untuk melakukan inspeksi, perbaikan kecil, dan pelumasan setiap komponen mesin <i>stone crusher</i>. • Memberikan pelatihan terhadap operator mengenai kegiatan pemeliharaan preventif pada mesin <i>stone crusher</i>.
Pemeliharaan kualitas	<ul style="list-style-type: none"> • Batu alam dilakukan pemeliharaan rutin seperti pengecekan kualitas dan pembersihan. • Perusahaan dapat memberikan ketentuan mengenai ukuran standar batu alam. • Mengedukasi operator untuk tetap tertib dan tidak melanggar SOP yang berlaku. • Mengadakan pelatihan untuk teknisi agar mengerti dalam

	menangani kerusakan mesin <i>stone crusher</i> .		mengalami rusak yang tinggi maupun rendah.
Pelatihan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengadakan program pelatihan yang ditujukan kepada teknisi dan operator dalam mengatasi dan mencegah segala bentuk kerusakan yang terjadi pada mesin <i>stone crusher</i>. • Program pelatihan dapat dilakukan setiap awal periode dan atau saat ada personel teknisi maupun operator yang baru saja bekerja di Abipraya Beton. • Setelah program pelatihan berjalan, perlu dilakukannya pengontrolan untuk melihat perkembangan kemampuan dan keterampilan tiap individu. 	Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Membasahi lahan sekitar mesin <i>stone crusher</i>, sehingga debu dan pasir tidak mengganggu kesehatan pekerja dan membuat udara sekitar menjadi bersih. • Perusahaan harus mempertegas pekerja untuk menaati SOP yang berlaku untuk mengurangi kesalahan saat memperbaiki kerusakan dan kecelakaan saat melakukan pekerjaan.
TPM di administrasi	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan seluruh departemen yang berhubungan dengan proses produksi agregat untuk berperan aktif dalam menerapkan pemeliharaan TPM. • Memastikan stok bahan bakar genset dan komponen cadangan selalu tersedia baik komponen yang beresiko 		

Sumber : Pengolahan Data

Setelah melakukan analisis rekomendasi perbaikan dengan menerapkan delapan pilar pendukung TPM, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *proposed OEE*. Data diperoleh dengan teknik peramalan, yaitu *expert judgement*. *Expert judgement* bertujuan untuk memperoleh data prediksi yang digunakan dalam menghitung nilai *proposed OEE*. Data prediksi tersebut berupa data pemeliharaan, data waktu kinerja mesin, dan data produksi mesin *stone crusher* pada periode Januari - Desember 2021. Berikut hasil perhitungan *proposed OEE* yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Proposed OEE

Bulan	AR (%)	PR (%)	QR (%)	OEE (%)
Januari	95,1%	91,5%	98,6%	85,8%
Februari	94,7%	99,7%	98,6%	93,1%
Maret	95,1%	91,2%	98,6%	85,5%
April	95,1%	91,0%	98,6%	85,3%
Mei	94,8%	99,0%	98,6%	92,6%
Juni	95,1%	90,6%	98,6%	85,0%
Juli	95,3%	86,8%	98,6%	81,6%
Agustus	95,2%	90,2%	98,6%	84,7%
September	95,3%	86,4%	98,6%	81,3%
Oktober	95,2%	89,8%	98,7%	84,4%
November	95,4%	86,1%	98,7%	81,0%
Desember	94,9%	97,6%	98,7%	91,4%
Rata-Rata	95%	92%	99%	86%

Sumber: Pengolahan Data

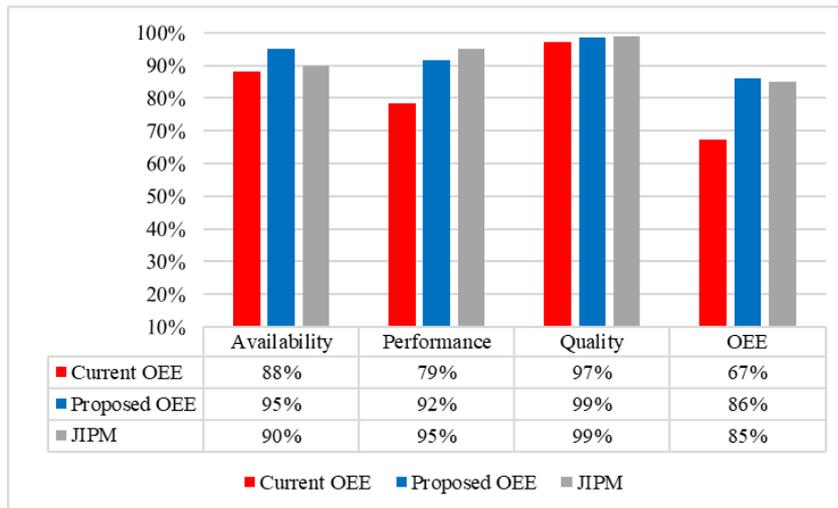
Keterangan: AR (*availability rate*), PR (*Performance rate*), dan QR (*Quality Rate*)

Berdasarkan hasil perhitungan *proposed* OEE pada Tabel 9, diperoleh nilai rata-rata sebesar 86%. Nilai rata-rata *proposed* OEE berhasil mencapai standar dunia (JIPM), yaitu sebesar 85%.

Perbandingan Nilai *Current* OEE dan Nilai *Proposed* OEE

Rekomendasi perbaikan dengan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat meningkatkan nilai OEE pada

mesin *stone crusher*. Hal tersebut dikarenakan nilai OEE berhasil meningkat sekitar 19% dan mencapai standar dunia (JIPM), yaitu sebesar 86% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nawawi (2017) serta penelitian dari Sultoni & Saroso (2019), yang membuktikan bahwa metode TPM dapat meningkatkan efektivitas mesin produksi dengan menggunakan alat ukur *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).



Gambar 3. Perbandingan *Current* OEE, *Proposed* OEE, dan Nilai OEE berdasarkan JIPM
 Sumber : Pengolahan Data

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada mesin *stone crusher* di PT. Brantas Abipraya (Persero) – Abipraya Beton maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran tingkat efektifitas mesin *stone crusher* dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada periode Agustus 2018-Agustus 2020, nilai *availability* sebesar 88%, *performance* sebesar 79%, dan nilai *quality* sebesar 97%, sehingga diperoleh nilai OEE sebesar 67%. Namun, Nilai OEE pada mesin *stone crusher* belum dapat mencapai standar dunia (JIPM).
2. *Losses* terbesar yang menjadi penyebab rendahnya nilai OEE adalah *Idling and minor stoppages* (52,55%), *reduced speed* (26,68%), dan *equipment failure* (16,61%).
3. Rendahnya nilai OEE yang disebabkan karena faktor lingkungan seperti, debu yang dihasilkan dari proses produksi agregat mengakibatkan timbulnya polusi udara yang

dapat mengontaminasi mesin *stone crusher* dan mengganggu fokus pekerja. Faktor metode meliputi, manajemen pemeliharaan yang sedang diterapkan di mesin *stone crusher* kurang tepat dan kurang terstruktur serta dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan seringkali tidak sesuai dengan prosedur yang berlaku. Selanjutnya pada faktor pekerja meliputi, kesalahan dalam melakukan pemeliharaan dan perbaikan, membuang waktu yang cukup lama saat melakukan perbaikan, tidak mampu mengoperasikan mesin *stone crusher* dengan benar, dan tidak dapat mengetahui jika timbulnya gejala kerusakan. Faktor bahan baku meliputi, kerusakan komponen yang disebabkan karena ukuran batu alam yang melebihi kapasitas mesin *stone crusher*, batu alam yang diselimuti oleh tanah, dan habisnya bahan bakar genset pada saat mesin *stone crusher* beroperasi. Sedangkan faktor mesin meliputi, kerusakan pada beberapa komponen seperti, gigi *jaw*, *toggle plate*, *bearing*, *conveyor*, dan *liner*;

komponen aus; terkontaminasi unsur lain (seperti debu, air, dan unsur lainnya); melebihi batas umur pakai; *overheat*; dan getaran berlebih di area mesin *stone crusher*.

4. Usulan strategi pemeliharaan yang diperoleh dengan menerapkan delapan pilar pendukung *Total Productive Maintenance* (TPM), yaitu menyediakan check sheet untuk kegiatan pemeliharaan rutin pada mesin *stone crusher*, melakukan pengecekan stok cadangan untuk komponen dan bahan bakar genset, memberikan pelatihan secara berkala kepada operator dan teknisi untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilannya, dan menghimbau seluruh karyawan untuk berperan aktif dalam menerapkan metode TPM. Pendekatan TPM disimpulkan dapat meningkatkan nilai OEE pada mesin *stone crusher*. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya nilai OEE, yaitu menjadi 86% dan telah mencapai standar dunia (JIPM). Usulan strategi pemeliharaan yang diperoleh dengan menerapkan delapan pilar pendukung *Total Productive Maintenance* (TPM), yaitu menyediakan check sheet untuk kegiatan pemeliharaan rutin pada mesin *stone crusher*, melakukan pengecekan stok cadangan untuk komponen dan bahan bakar genset, memberikan pelatihan secara berkala kepada operator dan teknisi untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilannya, dan menghimbau seluruh karyawan untuk berperan aktif dalam menerapkan metode TPM. Pendekatan TPM disimpulkan dapat meningkatkan nilai OEE pada mesin *stone crusher*. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya nilai OEE, yaitu menjadi 86% dan telah mencapai standar dunia (JIPM).

Saran

Berikut saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan diharapkan dapat memastikan operator melakukan kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) secara rutin sebelum mesin *stone crusher* beroperasi dengan cara menyediakan *check sheet autonomous maintenance*.
2. Perusahaan dapat mengadakan program pelatihan yang dapat dilakukan setiap awal periode dan atau saat ada personel teknisi

maupun operator yang baru saja bekerja di Abipraya Beton. Setelah program pelatihan berjalan, perlu dilakukannya pengontrolan untuk melihat perkembangannya.

3. Perusahaan diharapkan dapat mulai menghimbau seluruh karyawan untuk dapat berperan aktif dalam menerapkan TPM.
4. Perusahaan dapat melakukan perhitungan efektifitas pada mesin lainnya dengan menggunakan metode OEE, sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap kegiatan produksi.

Adapun saran yang dapat disampaikan peneliti yang ditujukan kepada pembaca, khususnya yang akan melakukan penelitian dengan topik sejenis, yaitu:

1. Melakukan analisa faktor biaya, baik sebelum maupun setelah mesin produksi menerapkan metode *Total Productive Maintenance* (TPM).
2. Keterbatasan penelitian ini adalah data waktu *set-up* diperoleh dari asumsi perusahaan. Maka penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan data waktu *set-up* mesin aktual, sehingga dapat mengetahui kerugian yang disebabkan karena lama waktu *set-up*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrussalam, Santoso, P. B., & Tama, I. P. (2016). Pengukuran dan Perbaikan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Root Cause Failure Analysis (RCFA). *Journal of Engineering and Management Industrial System*, 4(2), 102–108. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2016.004.02.1>
- Cahyono, S. D., & Budiharti, N. (2020). Implementasi Total Productive Maintenance Pada Mesin Press Dryer di PT. Tri Tunggal Laksana. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 75–81. <https://doi.org/10.36040/industri.v10i2.2827>
- Campbell, J. D., Jardine, A. K. S., & McGlynn, J. (2011). *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*. <http://www.taylorandfrancis.com>
- Chikwendu, O. C., & Chima, A. S. (2018). Overall Equipment Effectiveness and the

- Six Big Losses in Total Productive Maintenance. *Journal of Scientific and Engineering Research, September*.
- Indriawanti, V., & Bernik, M. (2020). Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Kneader (Studi Kasus PT. XYZ). *Journal of Industrial and Engineering System, 10(1)*, 42–52. <https://doi.org/10.31599/jies.v1i1.167>
- Jasasila. (2017). Peningkatan Mutu Pemeliharaan Mesin Pengaruhnya Terhadap Proses Produksi Pada PT. Aneka Bumi Pratama (Abp) Di Kabupaten Batanghari. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 17(3)*, 96–102. <http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah/article/view/405>
- Juniardi, F., & Adiansyah, J. S. (2020). Target Produksi Agregat Batu Andesit Hasil Crushing Plant Untuk Kebutuhan Asphalt Mixing Plant (PT. Niat Karya). *Jurnal Ulul Albab, 24(1)*, 60–64.
- Munthe, D. J., & Yuliaty, P. (2021). Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (Oee) Untuk Meningkatkan Efektivitas Sistem Demineralisasi Air Di Steelmaking Plant PT. Krakatau Posco. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri, 11(1)*, 1–8. <https://doi.org/10.36040/industri.v11i1.3194>
- Onawoga, D. T., & Akinyemi, O. O. (2010). Development of Equipment Maintenance Strategy for Critical Equipment. *The Pacific Journal of Science and Technology, 11(1)*, 328–342. [https://www.researchgate.net/profile/Olasunkanmi_Akinyemi/publication/280804155_Development_of_Equipment_Maintenance_Strategy_for_Critical_Equipment/links/572342c008ae586b21d87fb8/Development-of-Equipment-](https://www.researchgate.net/profile/Olasunkanmi_Akinyemi/publication/280804155_Development_of_Equipment_Maintenance_Strategy_for_Critical_Equipment/links/572342c008ae586b21d87fb8/Development-of-Equipment-Maintenance-Strategy-for-Critical-Equipment.pdf)
- Maintenance-Strategy-for-Critical-Equipment.pdf
- Parikh, Y., & Mahamuni, P. (2015). Total Productive Maintenance: Need & Framework. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), 2(2)*, 126–130. <https://doi.org/10.4271/982092>
- Pratama, L. D. (2018). Analisis Penerapan Total Productive Maintenance dengan Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Sebagai Rekomendasi Perbaikan Maintenance (Studi Kasus: CV. Arsila Bakery). [Universitas Islam Indonesia].
- Raharja, I. P., Suardika, I. B., & Galuh, H. (2021). Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) di CV. Jaya Perkasa Teknik. *11(1)*, 39–48.
- Sethia, C. S., Shende, P. N., Dange, S. S., Tech, M., & Professor, A. (2014). Total Productive Maintenance-A Systematic Review. *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development, 2(08)*, 2321–0613. www.ijrsd.com
- Wahid, A. (2020). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Produksi Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Proses Produksi Botol (PT. XY Pandaan – Pasuruan). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri, 6(1)*, 12–16. <https://doi.org/10.36040/jtmi.v6i1.2624>
- Widiaswanti, E. (2014). Penggunaan Metode Statistical Quality Control (SQC) untuk Pengendalian Kualitas Produk. *Jurnal Industri Inovatif, 4(2)*, 6–12.
- Yanto, H., & Arief, D. S. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Stone Crusher dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada PT. Vira Jaya Riau Putra. *Jom FTEKNIK, 5(2)*, 2–6.