



The 5th Conference on Innovation and Application of Science and Technology
(CIASTECH)

Website Ciastech 2022 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>

Open Confrence Systems : <https://ocs.widyagama.ac.id>

Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

P-ISSN : 2622-1276

E-ISSN: 2622-1284

APLIKASI *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* MENGGUNAKAN METODE OEE DAN LTA PADA MESIN BOILER BHF 13-15 TON

Rohim Islahudin^{1*)}

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 29 Agustus 2022

Direvisi, 21 September 2022

Diterima, 8 Oktober 2022

Email Korespondensi :

rohimislahudin@gmail.com

ABSTRAK

Dalam mempertahankan mutu dan meningkatkan produktivitas, salah satu faktor penting yang harus diperhatikan adalah masalah perawatan mesin dan fasilitas produksi. PT. AAA adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang minuman dalam kemasan. Mesin *boiler* merupakan mesin utama untuk proses pengolahan/pemanasan teh dan kopi dalam proses produksi. Pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton sering terjadi kerusakan seperti bocor *gasket header*, air *feed tank* habis, pasir silica crinkle, bocor *gasket manhole*, bocor *gasket header*, rantai *screw feeding* putus, *Bearing motor id fan* aus, pasir silica crinkle dan *Water tube* pecah. Dalam analisis perhitungan OEE didapatkan nilai sebesar 82,91% yang artinya kinerja dari mesin *boiler* BHF 13-15 ton belum maksimal. Analisis *Six Big Losses* dengan kontribusi paling besar adalah faktor *Set Up and Ajustment Loss* sebesar 27,56%, *Reduced Speed Loss* sebesar 26,06% dan *Defect Loss* sebesar 21,86%. Sedangkan analisis LTA pada kategori A(*safety problem*) ada 3 masalah, kategori B(*outage problem*) ada 5 masalah, dan kategori C(*economic problem*) hanya 1 masalah.

Kata Kunci : Perawatan mesin boiler 1, Overall Equipment Effectiveness (OEE) 2, Logic Tree Analysis (LTA) 3

1. PENDAHULUAN

Perawatan mesin produksi dalam sebuah perusahaan merupakan bagian penting dalam keberhasilan suatu perusahaan. Dalam mempertahankan mutu dan meningkatkan produktivitas, salah satu faktor penting yang harus diperhatikan adalah masalah perawatan mesin (*maintenance*) dan fasilitas produksi. Berkaitan dengan hal tersebut, maka pihak yang menangani masalah perawatan harus mampu menemukan sistem perawatan yang paling baik untuk dapat meminimalisasi jumlah *breakdown* mesin dan biaya perbaikan atau perawatan mesin yang dikeluarkan (Pujotomo & Rama, 2007).

PT. AAA adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang minuman dalam kemasan, mulai dari air putih, teh, dan kopi. Hampir semua proses produksi dari bahan baku sampai bahan jadi menggunakan mesin. Pada departemen *Utility* terdapat beberapa mesin yang menunjang proses produksi di dalam perusahaan mulai dari *Chiller*, *Cooling Tower*, Kompresor dan Mesin *Boiler*. Mesin *Boiler* merupakan mesin utama untuk proses pengolahan/pemanasan teh dan kopi dalam proses produksi. PT AAA mempunyai 4 *boiler* gas dengan kapasitas 5 ton setiap *boiler* dan 2 *boiler* batu bara merek BHF 13-15 dengan kapasitas maksimal 15 ton setiap *boiler*. Pada *Boiler* BHF 13-15 ton dilakukan perawatan rutin dari perawatan harian hingga tahunan, untuk menekan kerugian akibat kerusakan alat dengan biaya yang lebih rendah dan mendapat hasil yang optimal.

Pada kesehariannya hanya 2 mesin *boiler* batu bara dengan merek BHF 13-15 ton tahun perakitan 2014 dan 2017 yang dipakai karena lebih hemat dibiaya operasional dan kapasitas *output* mesin yang lebih besar. Pada penelitian ini penulis berfokus pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton tahun perakitan 2017 karena meskipun tergolong lebih baru tetapi lebih sering terjadi kerusakan. Sebagai bahan perbandingan penulis melampirkan data kerusakan mesin *boiler* tahun perakitan 2014 dan 2017 dibawah ini:

Tabel 1. Data Kerusakan Mesin *Boiler* BHF 13-15 Ton Periode Januari 2021- September 2021

No	Bulan	<i>Boiler</i> Tahun Perakitan 2014	<i>Boiler</i> Tahun Perakitan 2017
1	Januari	Bocor <i>gasket steam trap</i>	Bocor <i>gasket header</i>
2	Februari	<i>Feed pump</i> 1 <i>bearing</i> pecah	Air <i>feed tank</i> habis
3	Maret	Pasir <i>silica crinkle</i>	Pasir <i>silica crinkle</i>
4	April	-----	Bocor <i>gasket manhole</i>
5	Mei	Ganti <i>bearing id fan</i>	Bocor <i>gasket header</i>
6	Juni	Bocor <i>gasket header</i>	Rantai <i>screw feeding</i> putus
7	Juli	-----	<i>Bearing motor id fan</i> aus
8	Agustus	Ganti <i>screw feeding</i> (keropos)	Pasir <i>silica crinkle</i>
9	September	-----	<i>Water tube</i> Pecah
Total kerusakan		6	9

Sumber : PT AAA

Dengan data dan jumlah kerusakan mesin *boiler* batu bara tahun perakitan 2017 yang hampir setiap bulan ada maka perlu dilakukan *Total Productive Maintenance* (TPM). Evaluasi TPM dilakukan dengan upaya perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Hal ini dikarenakan dengan menerapkan OEE maka kinerja mesin akan dinilai berdasarkan *availability*, *performance*, dan *quality* (Davis, 1995). Selanjutnya, untuk mengetahui faktor yang menjadi penyebab penurunan efektivitas suatu *equipment* atau *plant* secara keseluruhan dapat dilihat dari *Six Big Losses*. *Six Big Losses* sendiri adalah enam macam kerugian yang dapat mengurangi tingkat efektivitas suatu mesin yang harus dihindari oleh setiap perusahaan. Serta menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk memberikan prioritas pada setiap kerusakan, dan mengategorikan bahaya atau tidaknya kerusakan pada mesin *boiler*. Mengingat *boiler* adalah mesin bertekanan tinggi dengan suhu ruang bakar 700-900°C yang bisa meledak jika terjadi *problem* dan salah pengoperasian (kesalahan manusia atau sensor mesin *error*).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perusahaan PT. AAA pada salah satu kabupaten di Jawa Timur. Perusahaan ini bergerak dalam bidang minuman, berbagai produk yang dihasilkan pada perusahaan ini adalah minuman dalam kemasan teh, kopi dan air mineral. Objek penelitian dilakukan pada mesin *boiler* batu bara dengan merek BHF 13-15 ton. Permasalahan yang telah dihadapi oleh PT.

AAA diketahui bahwa kemampuan mesin *boiler* BHF kapasitas 13-15 ton dalam proses produksinya meskipun sudah melakukan perawatan yang terjadwal tetapi masih sering terjadi *downtime*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengumpulkan dan menganalisis data pemeliharaan (*historical data maintenance*) pada mesin *boiler*. Mengetahui berapa besarnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton dan menentukan klasifikasi akar penyebab kegagalan mesin dengan menggunakan metode *Logic Tree Analysis* (LTA). Adapun langkah-langkah penelitiannya adalah sbb:

- 1) Pengumpulan data yaitu observasi dan wawancara sebagai data primer dan data maupun laporan sebagai data sekunder
- 2) Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*(OEE) (*Availability Ratio*, *Performance Ratio*, *Quality Ratio*, dan OEE)
- 3) Perhitungan Kerugian *Six Big Losses* (*Downtime*, *Speed Losses* dan *Defects*)
- 4) Penyusunan *Logic Tree Analysis*(LTA)
- 5) Analisa pembahasan
- 6) Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness*(OEE)

Efikasi mesin *boiler* BHF 13-15 ton diukur dalam penelitian ini. Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) digunakan untuk menghitung efektivitas mesin, yang menggunakan tiga indikator dalam perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*.

1) Perhitungan *Availability Ratio*

Menghitung *availability*, yang pertama adalah menghitung *loading time*. *Loading Time* adalah waktu yang tersedia dalam menjalankan proses produksi. Diketahui dengan cara *Running Time* dikurangi *Planned Downtime*. Setelah didapatkan nilai *loading Time* setiap bulannya, kemudian dihitung *operation Time* yang dibutuhkan untuk menghitung *availability*. *Loading Time* adalah *Running Time* dikurangi *Planned Downtime*, dan *breakdown time*.

Tabel 2. Perhitungan *Loading Time* dan *downtime* periode Januari 2021 September 2021

No	Bulan	<i>Running Time</i> (Jam)	<i>Loading time</i> (Jam)	<i>Operation Time</i> (Jam)
1	Januari	696	673	649
2	Februari	432	398	395
3	Maret	576	526	502
4	April	720	683	659
5	Mei	600	559	539
6	Juni	720	680	677
7	Juli	696	623	587
8	Agustus	696	654	630
9	September	648	579	555

Setelah didapatkan nilai *operation Time* setiap bulan, kemudian dapat dilakukan perhitungan *availability*. *Availability Ratio* adalah rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk melakukan kegiatan produksi. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *Availability Ratio* adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (1)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin boiler BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{649}{673} \times 100\% = 96,43\%$$

2) Perhitungan Performance Ratio

Performance Ratio merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan suatu produk. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai Performance Ratio adalah sebagai berikut:

$$Performance\ Ratio = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (2)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin boiler BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$Performance\ Ratio = \frac{7905 \times 0,0769}{649} \times 100\% = 93,69\%$$

3) Perhitungan Quality rate

Quality Ratio merupakan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk sesuai dengan standar. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai quality Ratio adalah sebagai berikut:

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ amount - Defect\ Amount}{Processed\ amount} \times 100\% \quad (3)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin boiler BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$Quality\ rate = \frac{7905 - 170}{7905} \times 100\% = 98\%$$

4) Perhitungan Overall Equipment Effectiveness(OEE)

Setelah melakukan perhitungan availability Ratio, performance Ratio, dan quality Ratio, maka dapat diketahui nilai Overall Equipment Effectiveness(OEE) dengan rumus sebagai berikut:

$$OEE = Availability\ (\%) \times Performance\ (\%) \times Ratio\ \% \quad (4)$$

Hasil dari perhitungan mesin selama 9 bulan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness(OEE)

No	Bulan	Availability Rate	Performance Rate	Quality rate	OEE
1	Januari	96,43%	93,69%	97,85%	88,41%
2	Februari	99,25%	85,71%	94,39%	80,29%
3	Maret	95,44%	82,90%	89,85%	71,09%
4	April	96,49%	91,27%	93,12%	82,00%
5	Mei	96,42%	95,59%	93,45%	86,13%
6	Juni	99,56%	98,77%	97,15%	95,53%
7	Juli	94,22%	92,02%	90,63%	78,58%
8	Agustus	96,33%	94,15%	91,70%	83,17%
9	September	95,85%	94,55%	89,33%	80,96%

Dari data pada tabel di atas, menunjukkan bahwa dari 9 bulan mesin boiler BHF 13-15 ton, terdapat 3 bulan yang telah sesuai dengan standart dunia yaitu pada bulan Januari dan Juni dengan

nilai standart yaitu $\geq 85\%$. Perhitungan selanjutnya dilanjutkan dengan perhitungan *Six Big Losses* pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton.

3.2 Perhitungan *Six Big Loss*

Perhitungan *Six Big Losses* ini dilakukan untuk mencari tahu faktor apa saja yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE mesin *boiler* BHF 13-15 ton pada PT.AAA. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

1) Perhitungan *Downtime Loss*

Downtime Loss adalah ketika seharusnya proses produksi berjalan tapi terhenti karena kerusakan pada mesin. Contoh perhitungan *downtime loss* untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut:

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (5)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Downtime loss} = \frac{24}{673} \times 100\% = 3,57\%$$

2) Perhitungan *Setup and Adjustment Loss*

Setup and Adjustment Loss adalah kerugian waktu untuk menyiapkan dan menyesuaikan mesin sebelum digunakan untuk beraktivitas serta waktu yang diperlukan mesin setelah selesai beroperasi. Contoh perhitungan *setup and adjustment loss* untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut:

$$\text{Set Up and Adjustment Loss} = \frac{\text{Total Set Up and Adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (6)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Setup and Adjustment Loss} = \frac{23}{673} \times 100\% = 3,42\%$$

3) Perhitungan *Reduced Speed Loss*

Reduces speed loss adalah kerugian waktu akibat penurunan kecepatan produksi. Contoh perhitungan *Reduced Speed Loss* untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut:

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{\text{Operation time} - (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Tot.Product})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (7)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{649(0,0769 \times 7950)}{673} \times 100\% = 6,08\%$$

4) Perhitungan *Defect Loss*

Defect Loss adalah produk cacat yang dihasilkan yang akan mengakibatkan kerugian material dan waktu untuk memproses ulang. Contoh perhitungan *Defect Loss* untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut

$$\text{Defect Loss} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Tot.Product Defect}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (8)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Defect Loss} = \frac{0,0769 \times 170}{673} \times 100\% = 1,94\%$$

5) Idle and Minor Stoppages

Idle and minor stoppages disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan idle Time dari mesin. Contoh perhitungan Idle and minor stoppages untuk mesin boiler BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut:

$$\text{Idling and Minor stoppages} = \frac{\text{Non Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \quad (9)$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin boiler BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Idle and minor stoppages} = \frac{24}{673} \times 100\% = 3,57 \%$$

6) Reduce Yield Loss

Reduce yield loss kerugian yang disebabkan karena adanya sampah bahan baku(scrap) ataupun jumlah sisa produk yang tidak terpakai. Contoh perhitungan Reduce yield loss untuk mesin boiler BHF 13-15 ton bulan Januari adalah sebagai berikut;

$$\text{Reduced Yield Loss} = \frac{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (10)$$

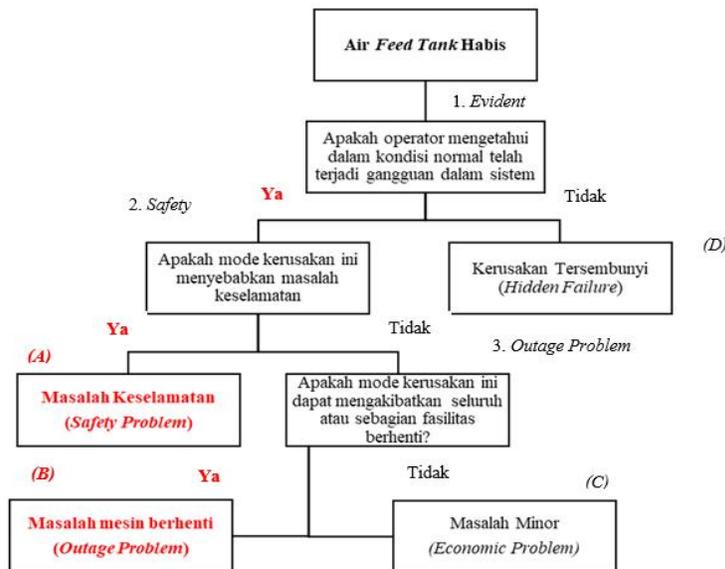
Contoh perhitungan pada bulan Januari untuk mesin boiler BHF 13-15 ton adalah sebagai berikut:

$$\text{Reduce Yield Loss} = \frac{0,0769 \times 0}{673} \times 100\% = 0,00 \%$$

3.3 Logic Tree Analysis(LTA)

Penyusunan Logic Tree Analysis (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing failure mode. Berikut adalah flowchart dari setiap Failure Mode yang ada pada mesin boiler BHF 13-15 ton beserta keterangan serta pengkategorianya.

- Flowchart Failure Mode Bocor Gasket header



Gambar 1. Flowchart Failure Mode bocor Gasket header

Berdasarkan flowchart Failure Mode “bocor Gasket header” dari mesin boiler BHF 13-15 ton setelah dilakukan analisis dengan menjawab 3 pertanyaan dalam Logic Tree Analysis(LTA) maka Failure Mode ini termasuk dalam 2 kategori yaitu safety problem(A) mengakibatkan gangguan keselamatan terhadap operator maupun lingkungan dan outage problem(B) mengakibatkan kegagalan pada sebagian/seluruh sistem yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan.

3.4 Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Berdasarkan pada pengolahan data yang telah dilakukan, didapatkan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin boiler BHF 13-15 ton selama bulan Januari 2021- September 2021 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Perhitungan Nilai OEE

No	Bulan	Availability Rate	Performance Rate	Quality rate	OEE
1	Januari	96,43%	93,69%	97,85%	88,41%
2	Februari	99,25%	85,71%	94,39%	80,29%
3	Maret	95,44%	82,90%	89,85%	71,09%
4	April	96,49%	91,27%	93,12%	82,00%
5	Mei	96,42%	95,59%	93,45%	86,13%
6	Juni	99,56%	98,77%	97,15%	95,53%
7	Juli	94,22%	92,02%	90,63%	78,58%
8	Agustus	96,33%	94,15%	91,70%	83,17%
9	September	95,85%	94,55%	89,33%	80,96%
	Rata-rata	96,67%	92,07%	93,05%	82,91%

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa rata-rata nilai OEE dari ketiga faktor utama *availability*, *performance*, dan *quality* masih belum memenuhi standart dari target acuan world class. Rata-rata nilai OEE pada bulan Januari 2021 – September 2021 mencapai 82,91% termasuk dalam kategori SEDANG, diperlukan adanya perbaikan pada sistem agar nilai OEE naik menjadi di atas 85% sehingga perusahaan akan bergerak menuju kelas dunia. Kategori ini dapat menimbulkan sedikit kerugian ekonomi dan daya saing sedikit rendah. Untuk nilai rata-rata yang didapat *availability* sebesar 96,67%, *performance* sebesar 92,07%, dan *quality* sebesar 93,05%. Sedangkan untuk standart acuan world class *availability* 90%, *performance* 95%, *quality* 99% dan OEE 85%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat suatu permasalahan pada mesin boiler BHF 13-15 ton, sehingga menyebabkan pencapaian nilai OEE masih belum mencapai standar.

Permasalahan yang menyebabkan nilai OEE belum mencapai standar adalah faktor dari *performance rate* dan *quality rate*. Dengan kata lain, kinerja peralatan mesin yang dimiliki PT. AAA belum mampu beroperasi secara maksimal, untuk meningkatkan nilai OEE agar kinerja mesin boiler BHF 13-15 ton dapat semakin baik, maka diperlukan perbaikan terhadap seluruh indikator OEE.

3.5 Analisis Perhitungan Six Big Losses

Analisis terhadap hasil perhitungan *Six Big Losses* dilakukan agar perusahaan mengetahui besarnya kontribusi dari masing-masing faktor dalam *Six Big Losses* yang mempengaruhi tingkat efektivitas penggunaan mesin. Analisis ini bertujuan agar diketahui *losses* manakah yang paling dominan menyebabkan rendahnya nilai OEE. Adapun perhitungan rata-rata setiap *losses* untuk bulan Januari 2021- September 2021 bisa di lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Perhitungan Six Big Losses

No	Losses	Total Time Loss (Jam)	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Downtime Loss	182	12,26%	12,26%
2	Set Up And Adjustment Loss	409	27,56%	39,82%
3	Reduced Speed Loss	387	26,06%	65,88%
4	Defect Loss	324	21,86%	87,74%
5	Idling And Minor Stoppages	182	12,26%	100,00%
6	Reduce Yield Loss	0	0,00%	100,00%
	Total	1484	100,00%	

Dari hasil perhitungan persentase faktor *losses* yang telah dilakukan, maka dapat diketahui faktor yang memiliki kontribusi paling besar terhadap rendahnya nilai efektivitas mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah faktor *Set Up and Ajustment Loss* sebesar 27,56% dengan total *Time loss* pada *Set Up and Ajustment Loss* sebesar 409 jam. Yang kedua yaitu *Redused Speed loss* sebesar 26,06% dengan total *Time loss* pada *Redused Speed loss* sebesar 387 jam. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua faktor tersebut merupakan faktor yang memiliki kontribusi besar terhadap rendahnya nilai efektivitas mesin *boiler* BHF 13-15 ton dan merupakan akar permasalahan. Dengan memfokuskan perbaikan terhadap kedua faktor tersebut maka nilai OEE akan meningkat dan berpengaruh terhadap *output* mesin yang dihasilkan, selain itu kinerja mesin *boiler* BHF 13-15 ton akan semakin baik.

3.6 Analisis Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis ini dilakukan karena *boiler* adalah mesin bertekanan tinggi dengan suhu ruang bakar antara 700-900°C dan beroperasi dengan *pressure steam* 9 - 11,9 bar yang dapat membahayakan karena bisa mengakibatkan kebakaran atau terjadi ledakan jika terjadi *problem* dan salah pengoperasian (kesalahan manusia atau sensor mesin *error*). Berdasarkan pada tabel hasil analisis LTA 4.1 diperoleh kategori dari masing-masing *Failure Mode* pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton.

Tabel 6. Hasil analisis LTA

<i>Failure Mode</i>	Evident	Safety	Outage	Kategori	Keterangan
Bocor <i>Gasket header</i>	Ya	Ya	Ya	A/B	<i>Safety problem/ Outage problem</i>
Air <i>Feed tank</i> Habis	Ya	Ya	Ya	A/B	<i>Safety problem/Outage problem</i>
Pasir <i>Silica Crinkle</i>	Ya	Tidak	Ya	B	<i>Outage problem</i>
Bocor <i>Gasket manhole</i>	Ya	Ya	Ya	A/B	<i>Safety problem/ Outage problem</i>
Bocor <i>Gasket header</i>	Ya	Ya	Ya	A/B	<i>Safety problem/Outage problem</i>
Rantai <i>Screw feeding</i> Putus	Ya	Tidak	Ya	B	<i>Outage problem</i>
<i>Bearing motor id fan</i> Aus	Ya	Tidak	Tidak	C	<i>Economic problem</i>
Pasir <i>Silica Crinkle</i>	Ya	Tidak	Ya	B	<i>Outage problem</i>
<i>Water tube</i> Pecah	Ya	Tidak	Ya	B	<i>Outage problem</i>

Berdasarkan tabel diatas setelah menjawab 3 pertanyaan dalam *Logic tree analisis* di dapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) *Failure Mode* yang termasuk kategori A yaitu *safety problem*.
Dalam kondisi normal saat mesin *boiler* beroperasi operator mengetahui kerusakan yang terjadi pada mesin. Kerusakan dalam kategori ini dapat mengancam keselamatan operator dan lingkungan kerja. *Failure Mode* yang termasuk kategori ini yaitu bocor *Gasket header*, Air *feed tank* habis, bocor *gasket manhole*.
- 2) *Failure Mode* yang termasuk ke kategori B yakni *outage problem*.
Dalam kondisi normal ketika mesin *boiler* beroperasi, operator mengetahui terjadi kerusakan pada mesin sehingga menyebabkan mesin berhenti beroperasi yang mengganggu proses produksi. *Failure Mode* yang termasuk ke kategori ini yaitu bocor *Gasket header*, Air *feed tank* habis, Pasir *silica crinkle*, Rantai *screw feeding* putus dan *Water tube* Pecah.
- 3) *Failure Mode* yang termasuk ke kategori C yaitu *economic problem*.
Dalam kondisi normal ketika mesin *boiler* beroperasi, operator mengetahui terjadi kerusakan pada mesin. *Failure Mode* yang termasuk dalam kategori ini adalah *Bearing motor id fan* aus.

3.7 Usulan Perbaikan Berdasarkan *Logic Tree Analysis*

Usulan perbaikan yang bisa dilakukan untuk meningkatkan nilai OEE pada mesin *boiler* BHF 13-15 ton setelah melakukan perhitungan nilai *Six Big Loss* adalah pada faktor yang memiliki kontribusi paling besar yaitu *Set Up and Adjustment Loss* dan *Reduced Speed loss*. Dimana *Setup and Adjustment Loss* adalah kerugian waktu untuk menyiapkan dan menyesuaikan mesin sebelum digunakan untuk beraktivitas serta waktu yang diperlukan mesin setelah selesai beroperasi termasuk juga waktu yang dijadwalkan untuk mesin berhenti beroperasi untuk melakukan perawatan. *Reduced Speed Loss* adalah kerugian waktu akibat penurunan kecepatan produksi yang disebabkan oleh *downtime* atau waktu mesin berhenti baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan. seperti listrik mati, kegagalan fungsi mesin, dan lain sebagainya.

Tabel 7. Usulan Perbaikan

<i>Failure Mode</i>	Kategori LTA	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
Bocor <i>gasket header</i>	A dan B	1. Ada air terjebak di jalur steam 2. <i>Pressure</i> terlalu besar 3. <i>Water Hammer</i>	Melakukan perbaikan dengan membuang air di jalur <i>steam</i> dan mengoperasikan <i>boiler</i> sesuai kebutuhan yang diminta oleh produksi (tidak <i>over pressure</i>)
Air <i>feed tank</i> habis	A dan B	1. Air dari wtp <i>off</i> 2. Kurangnya komunikasi antara operator <i>boiler</i> dan wtp 3. Sensor alarm <i>low error</i>	Membuat grup diskusi antara operator <i>boiler</i> dan wtp untuk memudahkan operator memantau kebutuhan air <i>boiler</i> , serta melakukan <i>cleaning</i> jalur sensor <i>feed tank</i> .
Pasir <i>silica crinkle</i>	B	1. Cara operasional yang salah 2. Sensor <i>temp</i> pembacaannya lambat	Mengadakan pelatihan dan <i>monitoring</i> operator saat awal <i>start</i> mesin
Bocor <i>gasket manhole</i>	A dan B	1. <i>Water hammer</i> 2. <i>Pressure</i> terlalu besar	Mengoperasikan <i>boiler</i> sesuai kebutuhan yang diminta oleh produksi, membuka jalur <i>steam</i> secara perlahan agar tidak terjadi <i>water hammer</i>
Rantai <i>screw feeding</i> putus	B	1. Rantai <i>screw</i> kendur 2. <i>Screw overload</i> terkena material asing	Melakukan perawatan dan pengecekan mesin secara berkala
<i>Bearing motor id fan</i> aus	C	1. <i>Life time</i> 2. Kurangnya pelumasan pada <i>bearing</i>	Melakukan perawatan dan dilakukan pelumasan secara berkala agar <i>life Time</i> sesuai yang di inginkan
<i>Water tube</i> pecah	B	1. Terjadi penyumbatan pada pipa air 2. Kualitas air dari wtp tidak sesuai standart 3. Kurangnya campuran <i>chemical</i>	Memastikan kualitas air yang di kirim ke mesin <i>boiler</i> sudah sesuai dengan melakukan pengecekan air secara berkala dan menambah campuran <i>chemical</i>

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan hasil penelitian serta analisis dan pembahasannya, maka didapatkan kesimpulan dari penelitian ini adalah

- 1) Dari analisis perhitungan OEE tingkat efektivitas mesin *boiler* BHF 13-15 ton diperoleh nilai OEE sebesar 82,91%. Sedangkan *standart word class* bisa dianggap efektif apabila diatas 85%. Artinya kinerja dari mesin *boiler* BHF 13-15 ton pada bulan januari 2021-september 2021 belum maksimal.
- 2) Hasil perhitungan *Six Big Losses* diketahui faktor yang memiliki kontribusi paling besar terhadap rendahnya nilai efektivitas mesin *boiler* BHF 13-15 ton adalah faktor *Set Up and Adjustment Loss* sebesar 27,56%. Yang kedua yaitu *Reduced Speed loss* sebesar 26,06%.
- 3) Analisis LTA di ketahui terdapat *Failure Mode* yang termasuk kategori A *safety problem* yaitu bocor *Gasket header*, *Air feed tank* habis, bocor *gasket manhole*. *Failure Mode* yang termasuk ke

kategori B *outage problem* yaitu bocor *Gasket header*, *Air feed tank* habis, Pasir *silica crinkle*, Rantai *screw feeding* putus dan *Water tube* Pecah. *Failure Mode* yang termasuk ke kategori C *economic problem* yaitu *Bearing motor id fan* aus.

- 4) Usulan perbaikan berdasarkan *Logic Tree Analysis*
 - a. Kategori A *safety problem*, mengoperasikan *boiler* sesuai kebutuhan produksi atau sesuai dengan SOP.
 - b. kategori B *outage problem* Mengadakan pelatihan dan *monitoring* serta melakukan perawatan dan pengecekan mesin secara berkala.
 - c. kategori C *economic problem* Melakukan perawatan dan dilakukan pelumasan secara berkala agar *life Time* sesuai yang diinginkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT.AAA yang telah memberikan kesempatan untuk diteliti sebagai studi kasus penelitian dan Bapak Kuntoyo selaku *supervisor utility* membantu dalam proses pengambilan data dan memberikan informasi sebagai narasumber pada wawancara.

6. REFERENSI

- [1] S. A. Wulandari, Analisis Proses Perawatan Mesin Giling Tebu Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Dan Logic Tree Analysis (Lta). YOGYAKARTA, 2018.
- [2] A. Sofyan, In Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2004.
- [3] M. I. Rozaq, Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) Studi Kasus Di PT. Adi Satria Abadi Kalasan. YOGYAKARTA, 2015.
- [4] S. Nakajima, Introduction to Total Productive Maintenance. Productivity Press, Inc., 1988.
- [5] A. W. I. Kartika, Analisis Total Productive Maintenance Mesin Injection Molding dengan Metode OEE dan Fuzzy FMEA (Studi Kasus Divisi Injection PT. Malindo Intitama Raya). Malang, 2019.
- [6] V. Indriawanti, "Analisis Penerapan TPM dengan menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Printing," vol. 10, 2020, [Online]. Available: <https://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/tekin/article/view/8388/6009>
- [7] Hermanto, "Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Divisi Painting di PT. AIM," vol. 17, pp. 97-106, 2016.
- [8] Davis R. K., Productivity Improvements Through TPM The Philosophy & Application of Total Productive Maintenance. Prentice Hall, 1995.
- [9] A. Daryus, Diklat Manajemen Pemeliharaan Mesin. Jakarta: Universitas Darma Persada, 2008.
- [10] A. Corder, Teknik Manajemen Pemeliharaan. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [11] A. Arifianto, Penerapan TPM dengan menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (studi kasus PT. Triangle Motorindo). YOGYAKARTA, 2018.
- [12] J. B. P. Angin, "Penerapan TPM dengan menggunakan Metode OEE pada turbin uap Type C5 DS II - GVS," vol. 10, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/view/37263/22555>