

**SKRIPSI-AE1F146**

**ANALISIS KONTRIBUSI KERUSAKAN *BOILER* TERHADAP KEGAGALAN PROSES PRODUKSI DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO MENGGUNAKAN *FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FISHBONE DIAGRAM***

**ORPA YAKARIMILENA**

**2041510029**

**DOSEN PEMBIMBING**

**AZMI ALVIAN GABRIEL, S.TP., M.P.**

**PROGRAM SARJANA**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA**

**GRESIK**

**2019**



**SKRIPSI-AE1F146**

**ANALISIS KONTRIBUSI KERUSAKAN *BOILER* TERHADAP KEGAGALAN PROSES PRODUKSI DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO MENGGUNAKAN *FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FISHBONE DIAGRAM***

**ORPA YAKARIMILENA**

**2041510029**

**DOSEN PEMBIMBING**

**AZMI ALVIAN GABRIEL, S.TP., M.P.**

**PROGRAM SARJANA**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA**

**GRESIK**

**2019**

# 

# HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Internasional Semen Indonesia, saya  
yang bertanda tangan di bawah ini:

|  |  |
| --- | --- |
| Nama | : Orpa Yakarimilena |
| NIM | : 2041510029 |
| Departemen | : Teknologi Agroindustri |
| Jenis karya | : Skripsi |

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Internasional Semen Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive RoyaltyFree Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Analisis Kontribusi Kerusakan *Boiler* Terhadap Kegagalan Proses Produksi Di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso Menggunakan *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) Dan *Fishbone* *Diagram*.” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Internasional Semen Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Gresik  
Pada tanggal : 26 Juli 2019  
Yang menyatakan

  
(Orpa Yakarimilena)

# HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan  
semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

|  |  |
| --- | --- |
| Nama | : Orpa Yakarimilena |
| NIM | : 2041510029 |

TandaTangan :   
 

Tanggal : 26 Juli 2019

**ANALISIS KONTRIBUSI KERUSAKAN BOILER TERHADAP KEGAGALAN PROSES PRODUKSI DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO MENGGUNAKAN *FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FISHBONE DIAGRAM*.**

|  |  |
| --- | --- |
| Nama Mahasiswa | : Orpa Yakarimilena |
| NIM | : 2041510029 |
| Pembimbing | : Azmi Alvian Gabriel, S.TP., M.P. |

# ABSTRAK

Pabrik kelapa sawit (PKS) PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso adalah suatu unit produksi yang membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakan mesin-mesin dan peralatan yang membutuhkan energi dalam jumlah besar. *Boiler*  merupakan mesin yang berperan penting dalam keberlangsungan kinerja pabrik kelapa sawit yang berfungsi untuk menghasilkan dan menyuplai uap untuk memenuhi kebutuhan proses pabrik dan perumahan karyawan di sekitar pabrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *boiler* yang sering mengalami kerusakan serta frekuensi kerusakan yang terjadi dan berdampak pada stagnasi proses produksi di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso dengan menggunakan metode *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan dengan menggunakan *fishbone diagram* serta memberikan alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan kerusakan *boiler* yang terjadi. Hasil penelitian diperoleh stasiun *boiler* merupakan penyumbang tertinggi *down time* pada proses produksi di PT. PN II Kebun Arso dengan nilai presentase 66,83% dan lama *down time* 577,33 jam dalam kurun waktu satu tahun. Komponen *boiler* yang mengalami kerusakan adalah pipa *boiler* bocor dengan presentase 72,52% dan lama *down time* sebesar 445,17 jam. Berdasarkan analisis *fishbone* *diagram* diperoleh 5 faktor penyebab kerusakan pada pipa *boiler* bocor terdiri dari manusia, metode, mesin, lingkungan dan sistem. Alternatif solusi yang diusulkan berupa perawatan preventif, prediktif dan korektif.

Kata Kunci : Stagnasi , *Boiler*, *Fishbone diagram*, FMEA.

***ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF BOILER D AMAGE TO THE FAILURE OF PRODUCTION PROCESS IN PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO USING FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) AND FISHBONE DIAGRAM*.**

|  |  |
| --- | --- |
| *Author* | : Orpa Yakarimilena |
| *Student Identitiy Number* | : 2041510029 |
| *Suvervisor* | : Azmi Alvian Gabriel, S.TP., M.P. |

# ABSTRACT

*Palm oil mill (PKS) of PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso is a production unit that needs it a very large source of energy that is used for moving machines and equipment that need it large amounts of energy. A boiler is a machine an important role in the sustainability of factory performance palm oil which functions to produce and steam supply to meet the needs of the plant process and employee housing around the factory. This research aims to evaluate boiler performance frequently suffered damage and the frequency of damage that occurred and impact on the stagnation of the production process at PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso by using Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) methods as well identify the factors causing damage with use fishbone diagrams and provide alternatives solutions to overcome the problems of boiler damage happen. The results obtained by the boiler station is the highest contributor to down time in the production process at PT. PN II Kebun Arso with a percentage of 66.83% and duration down time 577.33 hours in one year.Boiler component that suffered damage is a pipe boiler leak with a percentage of 72.52% and long down time in the amount of 445.17 hours. Based on fishbone diagram analysis obtained 5 factors causing damage to the boiler pipe leak consists of humans, methods, machines, environment and system. Alternative solutions proposed in the form of treatment preventive, predictive and corrective.*

*Keywords: Stagnation, Boiler, F ishbone diagram, FMEA*.

# KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya ucapkan kehadirat Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**ANALISIS KONTRIBUSI KERUSAKAN *BOILER* TERHADAP KEGAGALAN PROSES PRODUKSI DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO MENGGUNAKAN *FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FISHBONE DIAGRAM”***. Penulisan laporan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknologi Industri Pertanian Universitas Internasional Semen Indonesia. Tak lupa saya berterimakasih atas seluruh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Azmi Alvian G., S.TP.,M.P. Selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Program Study Teknologi Industri Pertanian yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Irvan Adhin C., S. TP., M.P. dan Ibu Dyah Satiti, S.TP.,M.T. Selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah Bersedia Meluangkan Waktu Untuk Dapat Menguji
3. Segenap Dosen Departemen Teknologi Industri Pertanian
4. Orang Tua Penulis dan keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan doa, motivasi;
5. Bapak Baringin D Simanjuntak S.T. yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.
6. Sahabat terkasih Funsarey, Fawuni, Katrin, David dan Matius yang telah memberikan semangat selama penulisan skripsi ini.
7. Teman–teman seperjuangan Teknologi Industri Pertanian (2015).

Akhir kata, harapan penulis semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Gresik, Juli 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PENGESAHAN i](#_Toc16318836)

[HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ii](#_Toc16318837)

[HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii](#_Toc16318838)

[ABSTRAK iv](#_Toc16318839)

[ABSTRACT v](#_Toc16318840)

[KATA PENGANTAR vi](#_Toc16318841)

[DAFTAR ISI vii](#_Toc16318842)

[DAFTAR TABEL x](#_Toc16318843)

[DAFTAR GAMBAR xi](#_Toc16318844)

[DAFTAR LAMPIRAN xiii](#_Toc16318845)

[BAB 1](#_Toc16318846) [PENDAHULUAN 1](#_Toc16318847)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc16318848)

[1.2 Rumusan Masalah 3](#_Toc16318849)

[1.3 Tujuan Penelitian 3](#_Toc16318850)

[1.4 Manfaat Penelitian 3](#_Toc16318851)

[1.5 Luaran Penelitian 4](#_Toc16318852)

[1.6 Batasan Penelitian 4](#_Toc16318853)

[1.7 Kerangka Penelitian 5](#_Toc16318854)

[BAB](#_Toc16318855) 2 [TINJAUAN PUSTAKA 7](#_Toc16318856)

[2.1 Boiler (Ketel uap) 7](#_Toc16318857)

[2.1.1 Sistem *Boiler* 8](#_Toc16318858)

[2.1.2 Komponen Utama *Boiler* 11](#_Toc16318859)

[2.1.3 Prinsip /Cara Kerja *Boiler* (Ketel Uap) 12](#_Toc16318860)

[2.1.4 Operasional Boiler (ketel uap) 12](#_Toc16318861)

[2.1.5 Perawatan Boiler ( *Maintenance Boiler* ) 15](#_Toc16318862)

[2.2 Kegagalan Proses Produksi Pabrik Kelapa Sawit 20](#_Toc16318863)

[2.3 Pemeliharaan (*Maintenance*) 22](#_Toc16318864)

[2.3.1 Tujuan Perawatan 23](#_Toc16318865)

[2.3.2 Konsep dasar perawatan 23](#_Toc16318866)

[2.4 *Total Productive Maintenance* 25](#_Toc16318867)

[2.4.1 Pengertian *Total Productive* *Maintenance*......... 25](#_Toc16318868)

[2.4.2 Tujuan *Total Productive Maintenance................* 27](#_Toc16318869)

[2.4.3 Konsep dan Prinsip- prinsip *Total Productive Maintenance* 27](#_Toc16318870)

[2.5 *Failure Modes Effect Analysis* (FMEA) 28](#_Toc16318871)

[2.5.1.Tujuan FMEA 33](#_Toc16318872)

[2.5.2. Proses FMEA 33](#_Toc16318873)

[2.5.3. Prosedur FMEA 34](#_Toc16318874)

[2.6 Diagram sebab akibat *Fishbone diagram* 36](#_Toc16318875)

[2.7 Penelitian Terdahulu 38](#_Toc16318876)

[BAB 3](#_Toc16318877) [METODOLOGI 43](#_Toc16318878)

[3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian 43](#_Toc16318879)

[3.2 Objek Penelitian 43](#_Toc16318880)

[3.3 Tahapan Penelitian 44](#_Toc16318881)

[3.4 Pendekatan Penelitian 45](#_Toc16318882)

[3.5 Prosedur Penelitian 45](#_Toc16318883)

BAB 4 [HASIL DAN PEMBAHASAN 47](#_Toc16318885)

[4.1 Gambaran Umum Perusahaan 47](#_Toc16318886)

[4.2 Identifikasi Kegagalan Proses Produksi Pada Stasiun Kerja 57](#_Toc16318887)

[4.3 Identifikasi Kegagalan Proses Produksi Pada Stasiun *Boiler* 59](#_Toc16318888)

[4.4 Analisis Data Kerusakan *Boiler* Berdasarkan Lama Waktu *Down Time* 65](#_Toc16318889)

[4.5 Analisis Data FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) 69](#_Toc16318890)

[4.5.1 Identifikasi Resiko pada jenis kerusakan di stasiun *boiler* 69](#_Toc16318891)

[4.5.2 Penentuan Nilai *Detection* 72](#_Toc16318892)

[4.5.3 Penentuan Nilai *Severity*,*Occurence*, *Detection* dan Nilai RPN. 74](#_Toc16318893)

[4.6 Analisis Data Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Pada Boiler 85](#_Toc16318894)

[4.7 Alternatif Solusi Perbaikan Kinerja Mesin Boiler 89](#_Toc16318895)

BAB 5 [PENUTUP 95](#_Toc16318897)

[5.1 Kesimpulan 95](#_Toc16318898)

[5.2 Saran 97](#_Toc16318899)

[DAFTAR PUSTAKA 99](#_Toc16318900)

[LAMPIRAN 101](#_Toc16318901)

[BIODATA PENULIS 108](#_Toc16318902)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2.1 Perawatan Harian *Boiler* 17](#_Toc16169538)

[Tabel 2.2 Perawatan Mingguan *Boiler* 18](#_Toc16169539)

[Tabel 2.3 Perawatan Bulanan *Boiler* 18](#_Toc16169540)

[Tabel 2.4 Perawatan Quartal (6 bulanan) 19](#_Toc16169541)

[Tabel 2.5 Perawatan tahunan *Boiler* 20](#_Toc16169542)

[Tabel 3.1 Rencana Penelitian 43](#_Toc16169543)

[Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin *Boiler* 61](#_Toc16169544)

[Tabel 4.2 Data kerusakan *boiler* berdasarkan lama waktu *down time* 66](#_Toc16169545)

[Tabel 4..3 Daftar resiko penyebab dan efek dari resiko kegagalan 70](#_Toc16169546)

[Tabel 4.4 Rekapitulasi penilaian *detection* untuk jenis kerusakan di stasiun *boiler* 73](#_Toc16169547)

[Tabel 4.5 Nilai *Severity*, *Occurence*, *Detection* dan RPN. 76](#_Toc16169548)

[Tabel 4.6 Daftar Resiko Kritis 84](#_Toc16169549)

[Tabel 4.7 Daftar alternatif solusi 91](#_Toc16169550)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2. 1 Diagram Sebab Akibat 37](#_Toc16327244)

[Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian 44](#_Toc16327252)

[Gambar 4. 1 *Pareto Chart* Data *Down Time* Semua Stasiun Selama Satu Tahun 58](#_Toc16327264)

[Gambar 4. 2 Gambar *Boiler* 60](#_Toc16327265)

[Gambar 4. 3 Pareto chart data *down time* stasiun *boiler* selama satu tahun 62](#_Toc16327266)

[Gambar 4.4 Identifikasi faktor penyebab kerusakan pipa *boiler*  86](#_Toc16327267)

# DAFTAR LAMPIRAN

[Lampiran 1. Kuisioner Penelitian 98](#_Toc16107636)

[Lampiran 2. Data Jenis Kerusakan frekuensi kerusakan *down time /* stasiun.. 102](#_Toc16107637)

[Lampiran 3. Tabel Standar Penentuan Nilai Detection 104](#_Toc16107638)

# BAB I

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Pabrik kelapa sawit (PKS) adalah suatu unit produksi yang membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakan mesin-mesin dan peralatan yang membutuhkan energi dalam jumlah besar. Kebutuhan energi tersebut di penuhi dan dipasok dari *boiler* (ketel uap) dan generator (genset). *Boiler* atau ketel uap merupakan mesin yang memiliki perananan penting bagi kelangsungan kinerja dari suatu pabrik kelapa sawit dengan kata lain *boiler* berperan sebagai jantung dari pabrik kelapa sawit. *Boiler* berfungsi untuk menghasilkan dan menyuplai uap untuk memenuhi kebutuhan proses pabrik dan juga perumahan karyawan di sekitar area pabrik.

*Boiler* (ketel uap) merupakan bejana uap bertekanan yang berfungsi untuk memanaskan air dan menghasilkan *steam* (uap) yang akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin, kemudian *steam* (uap) hasil keluaran dari turbin akan ditampung pada sebuah bejana yaitu *Back pressure vassel* (BPV). Kemudian nantinya uap sisa dari BPV akan dialirkan ke beberapa stasiun proses produksi yang membutuhkan uap dalam proses produksi yaitu, stasiun *sterilizer*, *digester*, pemurnian dan stasiun pabrik biji. Karena pabrik kelapa sawit membutuhkan *boiler* sebagai sumber penghasil energi yang dibutuhkan, *boiler* mempunyai peran yang sangat vital dan penting. Apabila terjadi gangguan kerusakan pada *boiler* akan memicu terjadinya kegagalan pada pabrik kelapa sawit.

Pada umumnya mesin *boiler* yang digunakan oleh pabrik kelapa sawit adalah *boiler* jenis pipa air (*water tube boiler*). *Steam* (uap) yang diperoleh dari hasil proses pemanasan air didalam pipa-pipa *boiler*, dengan menggunakan cangkang (*shell*) dan serabut (*fibre*) kelapa sawit sebagai bahan bakar dan air merupakan media yang digunakan untuk mengalirkan aliran panas ke setiap proses. Umumnya permasalahan yang sering muncul pada sistem *boiler* disebabkan oleh perlakuan air umpan, bahan bakar serta udara yang tidak memenuhi persyaratan yang dapat mengakibatkan kerusakan. Kerusakan yang sering terjadi pada *boiler* diantaranya yaitu terjadinya kebocoran pada pipa-pipa boiler, korosi, kerak/deposit pada pipa-pipa *boiler*, *bulging* serta pecahnya pipa-pipa *boiler*.

Adanya permasalahan–permasalahan tersebut dapat dianalisa untuk mencari tau penyebab kegagalan *boiler* menggunakan metode *failure modes effect analysis* (FMEA). Menurut Yumaida (2011) didalam Merpaung (2017) FMEA yang merupakan metode atau prosedur terstruktur yang digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan-kemungkinan terjadinya kegagalan dari suatu sistem, desain, proses atau servis untuk diputuskan langkah penangananya. Diagram sebab akibat atau *fishbone* *diagram* adalah salah satu metode untuk menganalisa penyebab dari sebuah masalah atau kondisi dan faktor kuncinya. Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari suatu permasalahan, mendapatkan gagasan yang dapat menjadi solusi untuk pemecahan masalah.

PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso merupakan salah satu perusahaan yang bergerak disektor pengolahan kelapa sawit dan sering mengalami permasalahan stagnasi (*breakdown*) pabrik yang disebabkan oleh kerusakan pada mesin *boiler*. Kerusakan yang terjadi pada mesin *boiler* disebabkan oleh pecahnya pipa-pipa pada *boiler* tersebut. Hal ini dapat menghambat proses produksi yang berdampak pada penurunan produktivitas. Namun faktor kunci penyebab spesifik dari kerusakan tersebut belum diketahui sehingga tindakan penanganan yang selama ini dilakukan yaitu dengan melakukan perbaikan setelah adanya kerusakan. Untuk menyelesaikan permasalahan *boiler* tersebut, maka penelitian yang akan dilakukan adalah Analisa Kontribusi Kerusakan Boiler Terhadap Kegagalan Proses Produksi Di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso Menggunakan *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fishbone* *Diagram*. *Fishbone diagram* untuk mengetahui faktor kunci penyebab kerusakan , FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui frekuensi kerusakan pada komponen *boiler* dan menganalisa permasalahan dan memunculkan alternatif solusi yang tepat dan sesuai dengan masalah yang terjadi.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas diketahui bahwa pada PT.PN II Kebun Arso sering terjadi stagnasi pabrik yang dipicu oleh kerusakan yang terjadi pada mesin *boiler*, oleh karena itu permasalahan yang ingin diteliti pada penelitian ini yaitu :

1. Apa saja faktor penyebab kegagalan, kerusakan dan penurunan kinerja *boiler*?
2. Berapa frekuensi tiap faktor-faktor penyebab kegagalan, kerusakan dan penurunan kinerja *boiler* ?
3. Apa saja alternatif solusi yang tepat dalam menangani kerusakan tersebut ?

## Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui faktor penyebab kegagalan, kerusakan dan penurunan kinerja pada *boiler*
2. Mengetahui Frekuensi kegagalan, kerusakan dan penurunan kinerja mesin *boiler*.
3. Memberikan masukan alternatif solusi berupa jenis perawatan/ *maintenance* apa saja yang tepat dalam mengatasi permasalaahan tersebut.

## Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso, diantaranya sebagai berikut:

1. Sebagai masukan bagi PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso dan dapat diaplikasikan sebagai langkah pencegahan terhadap mesin dan peralatan pabrik.
2. Dapat menjadi bahan evaluasi kinerja perusahaan PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso.
3. Bagi kalangan akademisi penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan tambahan informasi dan referensi untuk menyusun penelitian-penelitian selanjutnya ataupun penelitian sejenis.

## Luaran Penelitian

Luaran yang diharapkan dapat tercapai dari penelitian ini yaitu:

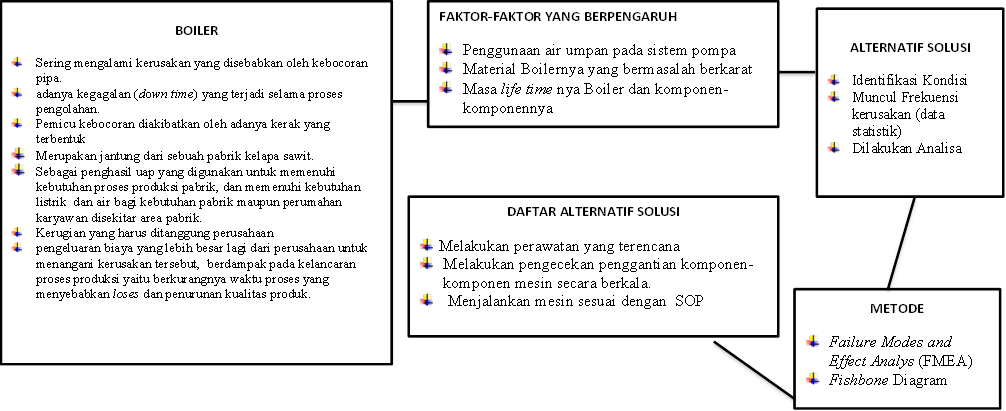
1. Memperoleh data komponen–komponen mesin *boiler* yang sering mengalami kerusakan yang terjadi berulang-ulang kali sehingga menyebabkan tingginya jam stagnasi pabrik dan jenis kerusakannya.
2. Dapat memberikan informasi pada perusahaan PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso tentang hasil analisa dan alternatif-alternatif solusi untuk menangani kerusakan dalam meningkatkan efektivitas dan mengurangi nilai RPN (*Risk Priority Number*).

## Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso dengan unit mesin yang diteliti yaitu boiler.
2. Penelitian dilakukan dengan menganalisa data stagnasi pabrik selama setahun, periode januari sampai desember tahun 2018 menggunakan metode *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) , *Fish Bone Diagram* .

## Kerangka Penelitian



Gambar 1. 1 Kerangka Penelitian

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

### Boiler (Ketel uap)

*Boiler* merupakan sebuah bejana bertekanan yang berfungsi untuk memanaskan air guna menghasilkan uap (*steam*) yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin. Kemudian uap sisa keluaran dari turbin akan ditampung disebuah bejana yaitu *Back Pressure Vasle* (BPV) yang nantinya *steam* sisa akan disalurkan kebeberapa stasiun yang membutuhkan, diantaranya adalah stasiun rebusan, stasiun minyakan, dan stasiun pengolahan biji (Pahan, 2008).

Ketel uap (*boiler*) merupakan bejana tertutup yang dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas ataupun uap (*steam*). Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian dipakai untuk megalirkan panas menuju ke suatu proses.  *Boiler* yang digunakan pada industri kelapa sawit pada umumnya adalah *boiler* pipa air (*water tube boiler*). Uap yang diperoleh dari hasil pemanasan air didalam pipa-pipa *boiler* yang berjumlah ratusan dengan memanfaatkan cangkang (*shell*) dan serabut (*fibre*) kelapa sawit sebagai bahan bakar. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses (Panjaitan, 2018).

Air merupakan media yang murah dan berfungsi untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air yang didihkan hingga berubah menjadi uap (*steam*), maka akan terjadi peningkatan volume sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang sama dengan bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelolah dan dirawat dengan baik (Fahrizal, 2014) .

#### Sistem *Boiler*

1. Sistem Air Umpan

Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai *valve* disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari sistem air umpan :

* *Steam Drum*

Steam drum adalah suatu alat yang digunakan untuk menampung air yang berasal dari *economizer* untuk dipanaskan dengan metode siklus air natural yaitu air akan bersirkulasi akibat adanya perbedaan berat jenis (sirkulasi alamiah) dimana air yang temperaturnya lebih rendah akan turun dan air yang temperaturnya tinggi akan naik ke drum sambil melepaskan uapnya untuk dipisahkan antara uap dan airnya pada peralatan *separator* dan *dryer*.

* *Superheater*

*Superheater* adalah suatu alat yang digunakan untuk memanaskan lanjut uap *saturated* (uap jenuh) sampai dihasilkan uap yang benar-benar kering (*steam super heat*). Adapun maksud dari dibuatkannya uap kering adalah supaya sudu-sudu turbin tidak terkikis oleh butiran-butiran air (sudu turbin rusak).

* *Reheater*

Re*heater* adalah suatu alat yang digunakan untuk memanaskan (menaikkan) kembali *temperature* uap super *heater* setelah melakukan kerja memutar sudu turbin sisi tekanan tinggi *(turbin high pressure)*. Uap super heat yang bertekanan 166 Kg/cm2 dan bertemperatur 535oC ini, setelah memutar sudu turbin HP maka tekanannya hanya tinggal 31 Kg/cm2 dan temperaturnya 314oC. Uap bekas turbin HP tersebut telah kehilangan energi panasnya, untuk memperoleh panasnya kembali (temperatur : 536oC dan tekanan : 31 Kg/cm2) untuk memutar sudu turbin IP yang kemudian diteruskan ke sudu turbin LP.

* *Economizer*

*Economizer* adalah alat yang berfungi untuk memanaskan air setelah melewati *High Pressure Heater*. Pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan panas dari *flue gas* yang merupakan sisa dari pembakaran dalam *furnace*. Temperatur air yang keluar dari *economizer* harus dibawah temperatur jenuhnya untuk mencegah terjadinya *boiling* dalam *economizer*. Karena perpindahan panas yang terjadi dalam *economizer* merupakan konveksi, maka menaikkan luas permukaan akan mempermudah perpindahan panas ke air. Inilah sebabnya mengapa desain pipa dibuat bertingkat.

* *Downcomer*

Merupakann saluran air dari *steam drum* ke *header* yang berada dibawah ruang bakar dimana *header*, butir-butir air panas akan dipanaskan melalui pipa-pipa yang tersusun di dinding *furnace*. Aliran tersebut dapat dialirkan secara alami atau paksa (bantuan pompa) tergantung konstruksi *boiler*.

* *Wall Tube Riser* (Pipa-pipa Air)

*Wall tube* merupakan susunan pipa-pipa yang berada pada sisi dinding sepanjang *furnace*. Bertujuan agar terjadi perpindahan panas dari ruang bakar ke *water*. Dimana dalam *wall tube*, sebagian *water* akan berubah menjadi *steam*. Pipa-pipa air memperoleh air dari *header* bagian bawah ruang bakar. Pipa-pipa *header* tersebut diisi oleh *downcomer* yang mengalirkan air dari *drum*, turun ke bawah melalui bagian luar dari ketel dan mengisi *header* bawah. Karena itu selama adanya pembakaran, air dari pipa-pipa naik ke dalam *drum* melalui *wall tube* dan air yang lebih dingin dari *drum* turun ke bawah melalui *downcomer*, mengisi pipa-pipa air.

* *Boiler Circulating Pump*

*Boiler Circulating Pump* berfungsi untuk membantu mengalirkan air dari *downcomer* menuju *wall tube*. Pompa ini merupakan jenis sentrifugal yang dirgerakkan oleh motor listrik. Pompa menggunakan *water* sebagai media pendingin.

1. Sistem udara dan gas

Air dan gas sistem menyediakan udara sebagai suplai untuk pembakaran serta membuang gas hasil pembakaran.

* *FD Fan*

*FD Fan* atau yang disebut juga dengan kipas tekan paksa adalah suatu alat yang digunakan untuk memasok udara bakar yang akan digunakan untuk proses pembakaran pada ruang bakar. Kipas ini terdiri dari sebuah *fan* dan digerakkan oleh motor, dan untuk setiap unit biasannya terdiri dari dua buah fan dan termasuk jenis aksial *fan*. FD *Fan* mensupply 50% kebutuhan udara pembakaran.

* *PA Fan*

*PA* *Fan* hanya digunakan pada *boiler* yang menggunakan bahan bakar batubara. Berfungsi sebagai penghasil udara primer yang digunakan sebagai pengangkut serbuk batubara dari *Pulverizer*/*Mill* menuju *Burner* untuk dibakar di *furnace*. PA Fan adalah *hot air* yang didapatkan dari udara yang sebelumnya telah dipanaskan di *air heater*. Berfungsi untuk mengeringkan batubara sehingga lebih mudah terbakar.

* *Air Heater (*Pemanas Udara*)*

*Air Heater* adalah alat yang berfungsi untuk pemanas udara *primary* dan *secondary* di *boiler*. *Air heater* merupakan tempat perpindahan panas yang besar didalam jlur udara dan gas buang dari *boiler*. Media pemanas yang digunakan adalah gas buang (*flue gas*) hasil pembakaran di *boiler* sebelum dibuang ke *stack* melalui *Induced Draft Fan*. Gas buang hasil pembakaran di *boiler* masih memiliki panas yang cukup tinggi (sekitas 380oC) sehingga panasnya dapat dimanfaatkan sebagai pemanas udara. Dengan digunakannya gas buang sebagai pemanas di *air heater* maka efisiensi unit bertambah baik karena tidak membutuhkan tambahan bahan bakar untuk memanaskan *air heater*. Selain itu juga temperatur gas buang yang dikeluarkan oleh *stack* menjadi rendah.

* *Gas ReCirculating Fan*

*Gas ReCirculating Fan* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengontrol suhu re*heater*. Dilakukan dengan cara menginjeksikan gas panas kedalam udara bakar sehingga udara bakar dan gas panas tersebut bercampur. Adapun dengan pencampuran ini dapat meningkatkan efisiensi. Namun dengan penggunaan gas *reCirculating fan* akan menambah biaya pemasangan dan perawatan.

1. Sistem bahan bakar

Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk *boiler*.

#### Komponen Utama *Boiler*

Komponen utama *boiler* (ketel uap) menurut Fahrizal (2014) adalah sebagai berikut :

1. Drum Ketel digunakan sebagai *steam separators* dan *purificators* , selain itu drum ketel juga berfungsi sebagai tempat pencampuran air agar homogen .
2. *Superheater* digunakan untuk memanaskan *steam* jenuh secara terpisah di dalam drum uap.
3. *Economizer* digunakan untuk pemanasan awal air umpan sebelum uap dipindahkan melalui *superheater* atau *steam outlet* dan air keluar melalui *blowdown*.
4. *Evaporator* merupakan bagian yang berfungsi untuk menaikkan temperatur air mencapai titik didih. Pada evaporator terjadi peristiwa perubahan fase dari fase cair menjadi Gas (uap).

#### Prinsip / Cara Kerja *Boiler* (Ketel Uap)

Pada prinsipnya *boiler* dibagi menjadi dua yaitu *boiler* pipa api (*Fire tube boiler* ) dan *boiler* pipa air (*Water tube boiler* ). Prinsip kerja  *boiler* pipa api yaitu gas panas akan dilewatkan pada pipa-pipa dan air umpan (*feed water*) *boiler* yang berada di dalam shell untuk dirubah menjadi *steam* (uap). *Boiler* jenis ini biasanya digunakan pada pabrik yang membutuhkan energi uap dengan kapasitas kecil sekitar 12 ton/jam dengan tekanan uap rendah sampai sedang (s.d 18 Kg/cm2F = atau sekitar 250 psi). Nyala api dan gas panas pada *boiler* jenis pipa api ini diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar. Gas panas dilewatkan melalui pipa – pipa disekitar dinding luar yang dikelilingi oleh air atau uap yang telah terbentuk (Sugiharto, 2016).

*Boiler* pipa air (*water tube boiler*) merupakan *boiler* yang biasanya digunakan pada pabrik yang membutuhkan energi uap tekanan dan kapasitas yang besar. *Boiler* jenis ini memiliki tekanan kerja diatas 18 Kg/cm2F atau sekitar 250 psi dan kapasitas lebih dari 12 ton/jam. *Boiler* jenis pipa air ini merupakan boiler yang memiiki siklus peredaran air yang terjadi didalam pipa-pipa yang dikelilingi oleh nyala api dan gas panas dari luar susunan pipa. Konstruksi pipa – pipa yang dipasang didalam *boiler* dapat berbentuk lurus (*Straight tube*) dan juga berbentuk pipa bengkok (*Bend tube*) tergantung dari jenis *boiler*nya (Sugiharto, 2016).

#### Operasional Boiler (ketel uap)

Berikut penjelasan tentang cara pengoperasian *boiler* menurut Buku Panduan PT. Perkebunan Nusantara II

1. *Feed Water Tank*

* pH air dari *Feed water tank*/*Deaerator* harus dinaikkan menjadi 7,5 - 9,5 dengan menambahkan bahan kimia internal.
* Sebelum dijalankan, pastikan tangki sudah diisi penuh.
* Pastikan suplai air mencukupi dari *Demin plant* ke tangki *Feed water tank*.
* Air pada *Feed water tank* harus dipanasi sampai temperatur 70°C.
* Panaskan air di *deaerator* hingga temperatur mencapai 100-115°C.
* Pertahankan posisi air pada *Feed water tank* selalu maksimum dilihat dari pelampung.

1. *Deaerator*

* Kran uap masuk ke *deaerator* dibuka untuk memasukkan uap.
* Periksa dan pastikan level air pada d*eaerator* pada ¾ penuh selama beroperasi.
* Kandungan oksigen dalam air sebelum masuk ke boiler <1 ppm.

1. *Turbin pump* (Pompa Turbin)

* Pompa turbin harus dipanaskan dan semua kondensat harus dibuang.
* Secara perlahan pompa turbin dijalankan. Kemudian buka kran air yang ke *boiler* dan buka krangan air yang dari deaerator secara perlahanlahan. Setelah tidak ada getaran, kran air dibuka penuh.
* Pastikan krangan kondensat pada turbin selalu terbuka.
* Periksa dan pastikan pompa mampu menjaga level air pada *boiler*.

1. *Boiler*

Untuk *boiler* yang tidak dioperasikan ≥ 1 minggu

* Periksa bagian dalam dapur *boiler* (roaster, *fire grate*, lorong api, batu api) dengan menggunakan senter untuk memastikan *boiler* telah dibersihkan.
* Periksa kran *blowdown* telah tertutup pada bawah *plateform*.
* Periksa ketinggian air dalam gelas penduga, minimal ¾ penuh dengan cara membuka krangan gelas penduga.
* Periksa dan pastikan *blower* IDF dan FDF dalam keadaan baik.
* Masukkan bahan bakar secara merata pada roaster. Nyalakan api dan setelah api menyala, hidupkan FDF dengan pintu Damper ¼ terbuka.
* Setelah tekanan uap mencapai 5 kg/cm2, *blower* IDF dioperasikan hingga mencapai tekanan kerja (20-21 kg/cm2).

Untuk boiler yang berhenti semalaman dan masih ada tekanan uap pada alat penunjuk tekanan, maka lakukan langkah berikut:

* Buka kran *blowdown* dan lakukan 2 sampai 3 kali penyemburan pendek.
* Periksa ketinggian air dalam gelas penduga. minimal ½ penuh
* Masukkan bahan bakar secara merata pada roaster. Nyalakan api dan pada saat api menyala, hidupkan IDF dengan pintu Damper 1/4 terbuka
* Perlahan-lahan tekanan uap akan naik sampai dicapai tekanan kerja *boiler*. Ketinggian air pada gelas penduga tidak melebihi *upper* atau dibawah *lower control level*.
* Jika tidak ada uap yang terlihat pada pengukur tekanan *boiler*, maka penyalaan harus dilakukan secara perlahan-lahan sehingga diperoleh panas yang merata di dalam *boiler*.
* Pastikan persediaan bahan bakar dan air yang cukup sepanjang waktu
* Abu *boiler* di bawah roaster dan kerak *boiler* yang berada diatas *roaster* harus dikeluarkan secara bertahap setiap 3-4 jam.
* Lakukan pembersihan jelaga pada pipa (*soot blowing*) jika temperatur gas buang di cerobong asap (*Chimney*) > 350°C.
* Bila boiler tidak memiliki sistem *blowdown* secara otomatis, maka *blowdown* secara manual harus dilakukan. *Blowdown* dilakukan bila *Total Disolved Solid* (TDS) telah mencapal > 1.500 ppm. Contoh perhitungan jumlah air yang di-*blowdown*:

E = A (B-D)/(B-C) = 20 (1.800-1.500) / (1.800-100) = 3,53 m3 A = Kapasitas *Boiler* (m3) B = TDS air *boiler* (ppm) C = TDS air umpan (ppm) D = TDS air yang diinginkan (ppm)

Tujuan *blowdown* adalah untuk menjaga agar proporsi dari bahan yang larut maupun tidak larut dalam air umpan dalam *boiler* tetap berada dalam batas yang direkomendasikan.

* Contoh diambil pada kran pengambilan contoh di *boiler* sebanyak 300 ml setiap jam dari setiap boiler untuk analisa pH, TDS dan *silica*
* Seperempat sampai setengah jam sebelum *boiler* dihentikan, pengisian bahan bakar harus dihentikan.
* Pompakan air ke dalam drum sampai gelas pengukur menunjukkan ¾ penuh.
* Korek/tarik/keluarkan semua abu dan kerak *boiler* dari ruang bakar (dapur). Setelah bersih, pintu dapur harus ditutup.

1. Pengawasan Operasional

* Tekanan kerja 20-21 kg/cm2.
* Temperatur Chimney ≤ 350°C.
* Asap hasil pembakaran tidak berwarna hitam.
* Posisi air di drum (dilihat di gelas penduga) konstan (tidak dibawah *lower* dan tidak diatas *upper*).
* Efisiensi pemakaian bahan bakar.
* Terjadinya uap basah yang masuk ke turbin (*carry over*).

#### Perawatan Boiler ( *Maintenance Boiler* )

Perawatan *boiler* merupakan suatu kegiatan untuk memelihara dan merawat *boiler* serta melakukan perbaikan atau penggantian komponen peralatan yang diperlukan agar *boiler* dapat dioperasikan kembali sesuai dengan yang *schedule* yang telah direncanakan. Perawatan atau pemeliharaan peralatan dalam dalam operasional proses produksi bertujuan untuk menekan biaya kerugian dari kerusakan mesin dan peralatan produksi, dengan pengeluaran biaya yang rendah diharapkaan mendapat hasil yang tinggi. Untuk penjabaran lebih lanjut mengenai tujuan, maka perawatan yang paling efektif dan optimal bertujuan untuk tercapainya keadaan– keadaan sebagai berikut :

* Meningkatkan kemampuan produksi.
* Menjaga kualitas produksi tanpa mengganggu kelancaran produksi.
* Menjaga agar *boiler* dapat bekerja dengan aman.
* Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
* Agar komponen – komponen dapat mencapai umur yang panjang sesuai dengan umur/*life time* peralatan tersebut.
* Menekan biaya *maintenance* atau perawatan dengan cara melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif.

Langkah- langkah yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan perawatan seperti di atas antara lain :

* Peningkatan hasil kerja (*performance*) dari personil/operator, serta proses *maintenance* yang dilakukan secara menyeluruh.
* Pemanfaatan suku cadang secara efisien.
* Pengembangan teknik modifikasi dalam penggantian peralatan yang dilakukan selama proses operasi.

1. Jenis Perawatan *Boiler*

Menurut Sugiarto (2016) jenis perawatan pada *boiler* secara umum ada 2 jenis yaitu :

1. Perawatan Pada Saat *Boiler* Beroperasi.

* Memeriksa dan mengontrol seluruh bagian *boiler* setiap hari, mengisi air umpan pada *boiler* sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, karena dengan air umpan (*feed water*) pada *boiler* sesuai dengan syarat yang ditentukan akan mengurangi endapan dan kerak, jika terdapat endapan dan kerak yang terlalu tebal dapat mengganggu proses distribusi energi panas dari dinding pemanas menuju air serta mengurangi efisiensi *boiler*.
* Melakukan pemeriksaan terhadap pompa pengisi air umpan (*Boiler feed water pump*), apakah pompa tersebut bekerja dengan baik atau tidak, serta mengontrol air umpan *boiler* dijaga agar sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan.
* Memeriksa saluran air umpan (*feed water*) dari adanya penyumbatan berupa kotoran dan lain-lain yang akan menghalangi jalannya aliran air umpan (*feed water*).
* Menggunakan bahan bakar yang berkualitas baik, sehingga proses pembakaran yang terbentuk akan berlangsung dengan baik dan sempurna.
* Menjaga dan mengatur *Safety Valve* (Katup Pengaman) sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perawatan *boiler* yang dilakukan pada saat *boiler* beroperasi ini digolongkan menjadi perawatan harian, mingguan dan bulanan. Perawatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa boiler dapat berjalan dengan aman dan efisien.

1. Perawatan pada masa *boiler* ( ketel uap) tidak beroperasi.

Perawatan *boiler* ini merupakan perawatan yang dilakukan pada saat boiler tidak beroperasi. Perawatan yang biasanya dilakukan berupa *Minor Overhaul* ataupun *Major Overhaul* yang merupakan perawatan tahunan.

1. Perawatan Berkala pada *Boiler*

Sistem perawatan berkala ini terdiri dari perawatan harian, perawatan mingguan, perawatan bulanan, perawatan tahunan yang dilakukan pada unit *boiler*.

1. Perawatan Harian

Perawatan harian merupakan perawatan yang dilakukan setiap hari pada saat *boiler* beroperasi. Adapun perawatan harian yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini :

Tabel 2.1 Perawatan harian *Boiler*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Peralatan/ Komponen yang diperiksa** | **Cara Pemeriksaan** |
| 1.  2.  3.  4.  5. | Air Umpan Boiler  *Blow Down Valve*  Bahan Bakar  Alat bantu boiler  (*Appendages*, pompa, kompressor dan lain– lain)  Kandungan O2 dan CO2 | Periksa secara visual jumlah air yang masuk ke dalam *boiler* dan catat kedalam *log sheet*  Lakukan *Blow Down* Setiap 2 Jam sekali/sesuai aturan  Memeriksa pemakaian bahan bakar.  Lakukan pemeriksaan secara visual terhadap peralatan bantu *boiler* dan catat kedalam log sheet  Memeriksa O2 dan CO2 yang terkandung dalam gas asap dan catat kedalam *log sheet* |

Sumber : Sugiharto (2016).

1. Perawatan Mingguan

Perawatan mingguan merupakan perawatan yang dilakukan setiap

seminggu sekali hari pada saat *boiler* beroperasi. Adapun perawatan mingguan yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Perawatan Mingguan *Boiler*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Peralatan/ Komponen yang diperiksa** | **Cara Pemeriksaan** |
| 1.  2.  3.  4. | Gelas Penduga (*sight glass*)  *Safety Valve* (Katup Pengaman)  *Feed water control levels*  Saluran air umpan *boiler* | Membuka *Valve* pembersih pada gelas penduga.  Lakukan pengujian *Safety Valve* (Katup Pengaman) *boiler*  Melakukan pengujian *Feed water control levels*  Lakukan pengecekan penyumbatan pada Saluran air umpan *boiler* |

Sumber : Sugiharto (2016).

1. Perawatan Bulanan

Perawatan bulanan merupakan perawatanyang dilakukan setiap satu bulan sekali pada saat *boiler* beroperasi. Adapun perawatan bulanan yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Perawatan Bulanan *Boiler*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Peralatan/ Komponen yang diperiksa** | **Cara Pemeriksaan** |
| 1.  2.  3.  4.  5. | Saringan pompa isap  Alat bantu *boiler* (*Appendages*) *boiler*  Pompa  *Header*/*Steam Accumulator*  Cerobong asap | Memeriksa kerapatan pintu ruang asap (*smoke box doors*).  Periksa semua *Appendages* pada *boiler* apakah perlu ada perbaikan.  Lakukan pengecekan kepada semua pompa antara lain, pelumasan pada *coupling*, motor penggerak, dan sistem kelistrikannya.  Lakukan *blow down* pada *Header*/*Steam Accumulator*  Bersihkan cerobong asap dan keluarkan abu dari dalam *boiler* |

Sumber : Sugiharto (2016).

1. Perawatan *Quarterly* (6 bulanan)

Perawatan *Quarterly* merupakan perawatan yang dilakukan 6 bulan sekali dengan memeriksa komponen mesinnya, listrikannya dan perlengkapan pembakaran. Adapun perawatan *quartely* (6 bulanan) yang harus dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 2. 4**

Tabel 2.4 Perawatan Quartal (6 bulanan)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Peralatan/ Komponen yang diperiksa** | **Cara Pemeriksaan** |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9. | Pintu ruang asap  *Man Hole*  *Safety Valve*  Gelas penduga (*sight glass*)  Peralatan Elektrikal  *Pressure Controller*  Kipas (*fan*)  Cerobong asap  *safety valve flanges* dan *modulating valve flange.* | Memeriksa kerapatan pintu ruang asap (*smoke box doors*).  Memeriksa kerapatan *man hole*.  Memeriksa *safety valve* dan memasang kembali.  Memeriksa tingkat ketinggian air pada gelas penduga (*sight glass*) dan memastikan tidak ada kebocoran.  Periksa semua saklar, tombol, panel dan *power connection*, dan pastikan semua pada kondisi masih baik dan siap beroperasi.  Periksa semua panel yang berhubungan dengan *Pressure Controller*.  Periksa keamanan tinggi rendahnya CO2 dan semua sambungan/*flanges* pada kondisi baik.  Periksa keamanan tinggi rendahnya CO2 dan semua sambungan/flanges pada kondisi baik.  Memeriksa kerapatan *safety valve flanges* dan *modulating valve flange*. |

Sumber : Sugiharto (2016).

1. Perawatan Tahunan

Perawatan tahunan merupakan perawatan yang dilakukan setiap satu tahun sekali dan dilakukan pemeriksaan tahunan oleh Departemen Tenaga Kerja untuk memperoleh surat ijin operasi *boiler*. Adapun langkah–langkah yang dilakukan dalam perawatan tahunan dapat dilihat pada **Tabel 2. 5**

Tabel 2.5 Perawatan tahunan *Boiler*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Peralatan/ Komponen yang diperiksa** | **Cara Pemeriksaan** |
| 1.  2.  3 | *Cleaning Boiler*  *Minor Overhaul*  *Mayor Overhaul* | * Lakukan semua prosedur *cleaning* *boiler*, mulai dari pembongkaran, pembersihan, hidrostatis Test dan lain – lain. * Berkoordinasi dengan Departemen Tenaga Kerja untuk dilakukan pemeriksaan sampai didapatkannya surat ijin operasi.   Lakukan semua prosedur *Minor Overhaul* *boiler* sesuai dengan standar yang telah dibuat, mulai dari pembongkaran, pembersihan, penggantian peralatan bila ada dan penyelesaian pekerjaan  Lakukan semua prosedur *Mayor Overhaul* *boiler* sesuai dengan standar yang telah dibuat, mulai dari pembongkaran, pembersihan, penggantian peralatan bila ada dan penyelesaian pekerjaan |

Sumber : Sugiharto (2016).

Dengan diterapkannya semua kegiatan perawatan *boiler* sesuai dengan yang telah diuraikan di atas maka harapannya keamanan peralatan dan keselamatan operator dapat terjamin serta dapat meningkatkan efisiensi *boiler* secara umum dan menambah umur (*life time*) pemakaian *boiler*.

### Kegagalan Proses Produksi Pabrik Kelapa Sawit

Menurut kamus Besar Bahasa Indonesia Kegagalan berasal dari kata dasar gagal yang artinya keadaan tidak berhasil atau tidak tercapainya suatu tujuan yang ingin dicapai. Kegagalan Pabrik adalah keadaan dimana pabrik terhenti dan tidak dapat beroperasi/melakukan proses produksi. Jam stagnasi merupakan jumlah jam kerusakan setiap mesin dan kurangnya ketersediaan bahan baku yang akan diolah menyebabkan berhentinya proses pengolahan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Kerusakan mesin karena kurangnya perawatan yang diberikan dan masa pakai mesin sudah melebihi *lifetime* dari mesin tersebut merupakan penyebab yang paling signifikan terhadap stagnasi pabrik .

Adanya stagnasi pabrik disebabkan oleh tingginya down time pada mesin dan peralatan proses produksi di setiap stasiun kerja. *Down time* mesin adalah lama waktu dimana mesin tidak dapat beroperasi untuk menjalankan fungsinya atau lama waktu mesin menganggur. Penyebab timbulnya *down time* pada suatu unit produksi disebabkan oleh adanya kerusakan *sparepart* mesin–mesin yang mengganggu kinerja mesin dan kualitas produk sehingga membutuhkan waktu untuk melakukan perbaikan terhadap mesin-mesin yang rusak tersebut. Adanya *down time* pada suatu unit pabrik tentunya memiliki dampak bagi kelangsungan operasional pabrik seperti terhambatnya proses produksi, berkurangnya jam efektif produksi, berkurangnya kapasitas produksi, biaya operasional semakin tinggi, tidak adanya profit bagi perusahaan, pendapatan karyawan berkurang dan lain-lain. Terjadinya *down time* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sumber daya manusia, metode, mesin, lingkungan dan sistem (S., 2010)

Adanya kegagalan proses produksi pabrik mengakibatkan kerugian yang besar bagi perusahaan, hal ini ditunjukkan dengan pabrik kekurangan jam produksi, produktivitas menurun dan bahkan pabrik tidak dapat beroperasi sama sekali. Menurut teori *maintenance* stagnasi tidak memiliki standart atau norma namun di dalam proses pengolahan standart norma kegagalan adalah sebesar 5 % yang dipicuh oleh adanya kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba dan tak terduga. Kegagalan proses produksi pabrik berdampak juga pada penurunan rendemen yang diproduksi dan standart mutu CPO (*Crude Palm Oil*) yang di produksi. Kerusakan mesin dan peralatan pabrik dapat dihindari dengan pemeliharaan (*maintenance*) yang dilakukan secara berkala dan terencana (Marpaung, 2017).

### Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan atau Perawatan (*maintenance*) merupakan pengertian dari seluruh kegiatan yang dibutuhkan untuk mempertahankan atau menjaga kualitas fasilitas/ mesin dan peralatan yang dimiliki sehingga tetap berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya (Sihombing, 2018). Pengertian tentang pemeliharaan lebih lanjut disampaikan oleh Ebeling (1997) di dalam Sihombing (2018) menyatakan bahwa perawatan merupakan suatu bentuk kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang mampu mempertahankan mengembalikannya seperti kondisi awal yang selalu dapat berfungsi sesuai dengan apa yang direncanakan. Pemeliharaan juga dapat diartikan sebagai suatu bentuk kegiatan untuk menjaga dan memelihara fasilitas atau asset yaang dimiliki dengan melakukan perbaikan atau penyesuaian penggantian yang diperlukan agar tercapai suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Pada dasarnya terdapat dua prinsip utama dalam sistem perawatan yaitu :

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*break down* period) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.

2. Menghindari kerusakan (*break down*) tidak terencana, kerusakan tiba – tiba.

Menurut Sihombing (2018) Beberapa tindakan/aktivitas perawatan yang dapat dilakukan berupa:

1. *Inspection* (Pemeriksaan), adalah tindakan yang bertujuan untuk mengetahui kesiapan sistem/ mesin dan peralatan apakah mesin dan peralatan atau sistem tersebut berada pada kondisi yang siap digunakan.
2. *Service,* merupakan suatu tindakan yang berfungsi untuk menjaga mesin dan peralatan/ sistem yang pada umumunya telah ditetapkan dalam buku petnjuk penggunaan mesin.
3. *Replacement* (Penggantian Komponen) adalah kegiatan penggantian yang dilakukan terhadap komponen-komponen mesin dan peralatan yang mengalami kerusakan. Tindakan ini dapat dilakukan secara mendadak atau tidak terencana maupun dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu.
4. *Repairement* (Perbaikan) adalah suatu tindakan korektif yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin dan peralatan.
5. *Overhaul* merupakan bentuk tindakan perawatan yang umumnya dilakukan pada akhir periode tertentu.

##### Tujuan Perawatan

Umumnya kegiatan perawatan atau pemeliharaan memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Memungkinkan tercapainya keandalan kualitas dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
3. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan
4. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan service dan perbaikan
5. Memaksimalkan produksi dari sumber – sumber sistem yang ada.
6. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan terhadap proses operasi.
7. Menyiapkan personel, fasilitas dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas –tugas perawatan.

##### Konsep dasar perawatan

Menurut Fahrizal (2014) Pemeliharaan atau perawatan merupakan suatu bentuk kegiatan yang bertujuan agar fasilitas atau asset berupa mesin dan peralatan yang dimiliki selalu berada dalam keadaan yang baik dan selalu siap untuk digunakan. Klasifikasi penerapan teknik pemeliharaan secara garis besar dibagi menjadi empat kelompok yaitu perawatan reaktif (*breakdown maintenance*), perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), perawatan deteksi dini (*predictive maintenance*) dan perawatan proaktif (*proactive maintenance*).

1. Perawatan Preventiv (*Preventive Maintenance*)

Kegiatan perawatan ini bertujuan untuk menjaga keadaan mesin dan peralatan sebelum messin dan peralatan itu mengalami kerusakan. Pada dasarnya aktivitas yang dilakukan adalah pemeliharaan untuk mencegah timbulnya kerusakan - kerusakan yang tak terduga dan menjadi penyebab kerusakan fasilitas produksi pada saat digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian Kelancaran kerja dari semua mesin dan peralatan produksi yang telah mendapatkan perawatan preventif akan terjamin dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap digunakan dalam kegiatan proses produksi setiap saat. Hal ini membutuhkan adanya jadwal perawatan yang terencana dengan baik.

1. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Tujuan dari perawatan ini yaitu untuk memperbaiki perawatan sebelumnya yang masih menyebabkan kerusakan pada mesin. Pada dasarnya kegiatan perawatan yang dilakukan merupakan perawatan dan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan atau kelainan pada mesin dan peralatan. Kegiatan perawatan ini sering disebut sebagai kegiatan reparasi (perbaikan). Perawatan korektif juga dapat diartikan sebagai perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukanya perawatan preventif maupun telah dilakukan perawatan preventif tapi sampai pada suatu waktu tertentu mesin dan peralatan tersebut tetap rusak. Sehingga dalam hal ini, kegiatan perawatan ini sifatnya hanya menunggu sampai terjadi kerusakan, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan.

1. Perawatan Reaktif ( *Reactive Maintenance*)

Perawatan ini merupakan perawatan atau pemeliharaan yang tidak terencana sehingga tidak ada jadwal perawatan atau pemeriksaan ynag rinci terhadap mesin dan peralatan serta tidak adanya upaya yang dilakukan untuk mengantisipasi atau mencegah terjadinya kerusakan, mesin diperbaiki hanya bila terjadi kerusakan.

1. Perawatan Deteksi Dini ( *Predictive Maintenance*)

Perawatan ini adalah jenis perawatan pengembangan lanjutan dari perawatan pencegahan. Sehingga kegagalan fungsi mesin dapat diketahui lebih awal dengan cara memeriksa serta menetukan kondisi mesin tersebut pada saat beroperasi sehingga dapat memperkirakan atau menjadwalkan perbaikan secara efisien dan efektif, juga memungkinkan untuk memperbaiki penyebab kerusakan mesin serta mencegah *problem* yang sama terulang sebelum terjadi kerusakan. Kerugian yang ditimbulkan oleh perawatan deteksi dini adalah upah pekerja dan biaya penggantian suku cadang harus dikeluarkan setiap saat bila diperlukan.

1. Perawatan Proaktif (*Proactive Maintenance* )

Perawatan ini merupakan pengembangan lanjutan dari perawatan deteksi dini, dimana data data kegagalan fungsi yang terekam pada mesin dianalisa dan diambil tindakan untuk perbaikan kondisi operasi mesin sehingga dapat memaksimalkan produktifitas, efisiensi dan umur mesin. Pada perawatan proaktif ini walaupun initial cost nya tinggi tapi biaya perawatan dan operasi (*through life cost*) rendah.

### Total Productive Maintenance

*Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* atau perawatan dengan cara mengoptimasi keefektifan peralatan serta mengurangi/ menghilangkan kerusakan mendadak (*breakdown*) dengan melakukan identifikasi terlebih dahulu ( Siiichi Nakajima, 1988 di dalam Marpaung , 2017).

###### Pengertian *Total Productive* Maintenance

Definisi TPM menurut Merpaung (2017) TPM terdiri dari 3 kata yaitu :

1. Total

Hal ini menunjukkan bahwa TPM mempertimbangkan berbagai aspek dan melibatkan seluruh personil yang ada, mulai dari tingkatan atas hingga tingkatan bawah. Kata total dalam *total productive maintenance* mempunyai 3 pengertian yang dikaitkan pada tiga hal penting dari TPM :

1. *Total Effectiveness*, menunjukkan bahwa TPM bertujuan untuk efisiensi ekonomi- efektifitas dari perlatan/ mesin secara keseluruhan dan mencapai keuntungan.
2. *Total Participation*, semua orang ikut terlibat, bertangung jawab dan menjaga semua fasilitas yang ada dalam pelaksanaan TPM dari operator sampai *top management*.
3. *Total Maintenance System*, pelaksanaan perawatan dan peningkatan efektifitas dari fasilitas dan kesatuan operasi produksi. Meliputi *maintenance prevention*, *maintability improvement*, dan *preventive maintenance*.
4. *Productive*

Menitik beratkan pada segala usaha untuk mencoba melakukan pemeliharaan dengan kondisi produksi tetap berjalan dan meminimalkan masalah-masalah yang terjadi diproduksi saat pemeliharaan dilakukan.

1. *Maintenance*

Berarti memelihara dan menjaga peralatan secara mandiri yang dilakukan oleh operator produksi agar kondisi peralatan tetap bagus dan terpelihara dengan cara membersihkannya, memberi pelumasan dan memperhatikannya. Dengan kata lain *Total Productive Maintenance* sering didefinisikan sebagai *Productive Maintenance* yang dilaksanakan oleh seluruh karyawan, didasarkan pada prinsip bahwa peningkatan kemampuan peralatan harus melibatkan setiap orang didalam organisasi, dari lapisan bawah sampai manajemen puncak.

TPM merupakan bentuk kerjasama yang baik antara bagian pemeliharaan dan produksi dalam organisasi untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi pemborosan (*waste*), mengurangi biaya manufaktur, meningkatkan ketersediaan peralatan serta meningkatkan kondisi pemeliharaan perusahaan (Nakajima, 1998 di dalam Marpaung, 2017). TPM dapat dimanfaatkan dengan efektif oleh organisasi untuk mengembangkan keterlibatan pekerja pada setiap langkah proses manufaktur dan pemeliharaan fasilitas untuk lebih mengefektifkan aliran produksi (*production flow*), meningkatkan kualitas produk dan mengurangi biaya operasi.

###### Tujuan *Total Productive Maintenance*

Tujuan TPM (*Total Productive Maintenance*) adalah mempertinggi efektifitas peralatan dan memaksimalkan keluaran peralatan produksi, kualitas, biaya, penyerahan, keselamatan dan moral dengan berusaha mempertahankan dan memelihara kondisi optimal dengan maksud untuk menghindari kerusakan mesin, kerugian kecepatan, kerusakan barang dalam proses. Semua efisiensi termasuk efisiensi ekonomis dicapai dengan meminimalisasi biaya pemeliharaan, memelihara konsidi peralatan yang optimal selama umur pakainya atau dengan kata lain, meminimalisasikan biaya daur hidup peralatan.Sasaran TPM adalah Zero ABCD, yaitu antara lain :

1. *Accident*, yang artinya dengan penerapan TPM yang baik maka diharapkan dapat meminimalisasi adanya kecelakaan kerja.
2. *Breakdown*, artinya TPM mempunyai sasaran agar tidak terjadi adanya kerusakan (*breakdown*), sebab dengan adanya *breakdown* dapat mengganggu aktivitas proses produksi
3. *Crisis*, yaitu TPM bertujuan untuk mengurangi semua krisis yang terjadi yang jelas-jelas sangat merugikan perusahaan.
4. *Defect*, yang artinya TPM juga mempunyai sasaran untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan segala cacat produk yang terjadi sehingga produk yang dinikmati oleh konsumen sangat terjamin kualitasnya (Nakajima, 1988 didalam Marpaung, 2017).

###### Konsep dan Prinsip- prinsip *Total Productive Maintenance*

Adapun konsep dari *Total Productive Maintenance* (TPM) menurut Marpaung (2017) adalah :

1. Memaksimalkan penggunaan peralatan secara efektif.
2. Perawatan secara otomatis oleh operator.
3. Kelompok aktivitas kecil.

Sedangkan Konsep-Konsep dari *Total Productive Maintenance* Menurut Marpaung (2017) adalah :

1. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi peralatan secara menyeluruh.
2. Memperbaiki sistem perawatan secara terencana.
3. Mengungsikan operator sebagai pemantau yang baik
4. Melaksanakan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan operasional kualitas maintenance.
5. Membangun keterlibatan setiap orang dan menggunakan kerjasama lintas fungsi.

### *Failure Modes Effect Analysis* (FMEA)

*Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi kegagalan potensial, error, dan masalah yang diketahui dari sistem, desain, proses, atau jasa sebelum hal tersebut sampai ke konsumen. FMEA disini adalah FMEA Process untuk mendeteksi risiko yang teridentifikasi pada saat proses. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang masuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditentukan atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.(Chrvsler, 1995 di dalam Panjaitan, 2018).

Setiap sistem/ proses dan potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses. Metode ini membantu merancang proses yang bebas waste dan meminimalisir kesalahan serta kegagalan. Aplikasi FMEA terutama dimaksudkan untuk mencegah cacat, meningkatkan keselamatan. Implementasi FMEA dilaksanakan pada tahap desain produk atau pada tahap pengembangan proses. FMEA pada produk atau proses yang telah ada juga membawa manfaat yang besar.

FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis* ) adalah sistematis, metode proaktif untuk mengevaluasi proses untuk mengidentifikasi dimana dan bagaimana mungkin gagal dan untuk menilai dampak relatif dari kegagalan yang berbeda. Dalam melakukan analisis FMEA beberapa hal harus diperhatikan, yaitu:

1. Setiap permasalahan berbeda dengan yang lainnya. Tidak semua permasalahan mempunyai tingkat kepentingan yang sama. Tanpa melakukan prioritas permasalahan yang mungkin terjadi, perusahaan sering terjebak kepada permasalahan yang mungkin terjadi saat ini juga tanpa melihat kepentingannya. FMEA dibuat untuk menentukan prioritas dari masalah yang mungkin terjadi. Dengan memprioritaskan permasalahan, maka kita akan dapat lebih efektif dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.
2. Tentukan Fungsi dan tujuan dari analisis yang akan dilakukan harus terlebih dahulu. FMEA menganalisis tiap proses dari sisi tujuan dan fungsi. Keadaan kegagalan yang dibuat adalah kegagalan jika proses tidak mencapai tujuan atau tidak berjalan sesuai dengan fungsinya. Untuk itu dibutuhkan identifikasi dari tujuan dan fungsi dari proses yang akan dianalisa.
3. Orientasinya adalah pencegahan peningkatan yang berkelanjutan harus menjadi motor pelaksanaan FMEA, jika tidak maka analisis yang dilakukan adalah statis. FMEA sebaiknya dilakukan untuk tujuan memperbaiki kinerja dan bukan hanya karena kebutuhan dokumentasi semata. Jadi tujuan pokok dari FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut.

Dalam pengunaan metode FMEA (*Failure Modes and Effect* *Analysis* ) ada 3 hal yang membantu menentukan dari gangguan antara lain :

1. *Severity*

*Severity* adalah penilaian terhadap keparahan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besarkah tingkat keparahannya. Terdapat hubungan secara langsung antara efek yang kritis, maka nilai *severity*. Sebagai contoh, apakah efek yang terjadi adalah efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan tinggi. Dengan Demikian, apabila efek yang terjadi bukan merupakan efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan sangat rendah. Skala yang digunakan mulai dari rating 1-10, yang mana semakin tinggi skala maka semakin parah efek yang ditimbulkan, tabel dapat dilihat pada **Tabel 2.6** :

Tabel 2.6 Skala Penilaian untuk *Severity*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kuantitas** | **Keparahan** | **Kualitas** |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10. | Tidak ada efek  Sangat Kecil  Kecil  Sangat rendah  Rendah  Sedang  Tinggi  Sangat Tinggi  Berbahaya dengan peringatan  Berbahaya tanpa peringatan. | Tidak ada efek.  Efek yang diabaikan pada kinerja sistem.  Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem.  Efek yang kecil pada performa sistem.  Mengalami penurunan kinerja secara bertahap.  Beroperasi dan aman tetapi mengalami Penurunan performa sehingga mempengaruhi.  Sistem beroperasi tetapi tidak dapat Dijalankan secara penuh.  Sistem tidak beroperasi.  Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya.  Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya. |

Sumber : Peter S. Pande, (2000) di dalam Merpaung (2017).

1. *Occurrence* (Frekuensi)

*Occurrence* adalah seberapa sering kemungkinan penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. *Occurrence* merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi. Skala yang digunakan mulai dari rentang 1-10. Skala 1 menyatakan kekerapan terjadinya risiko sangat rendah sementara skala 10 menyatakan kekerapan terjadinya risiko sangat tinggi, dapat dilihat pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Skala Penilaian Untuk *Occurence*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kuantitas** | **Keparahan** | **Kualitas** | **Tingkat kejadian kegagalan** |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10 | Hampir tidak pernah  Remote  Sangat sedikit  Sedikit  Rendah  Medium  Agak Tinggi  Tinggi  Sangat Tinggi  Hampir selalu | Kerusakan hampir tidak pernah terjadi  Kerusakan jarang terjadi  Kerusakan yang terjadi sangat sedikit  Kerusakan yang terjadi sedikit  Kerusakan yang terjadi pada tingkat masalah  Kerusakan yang terjadi pada tingkat Medium  Kerusakan yang terjadi agak tinggi  Kerusakan yang terjadi tinggi  Kerusakan yang terjadi sangat tinggi  Kerusakan selalu terjadi | Proses berada dalam kendali tanpa melakukan penyesuaian  Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian.  Proses telah berada diluar kendali, beberapa penyesuaian diperlukan.  Kurang dari 30 menit *downtime*/ tidak *downtime* sama sekali  30-60 menit *down time*  1-2 jam *down time*  2-4 jam *down time*  4-8 jam *down time*  Lebih dari 8 jam *down time*  Lebih dri 100 kali |

Sumber : Peter S. Pande, (2000) di dalam Merpaung (2017).

1. *Detection*

Tingkat deteksi dapat ditentukan berdasarkan kemampuan bagaimana mendeteksi/ memprediksi kegagalan sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya sistem penanganan operasional dengan menggunakan skala yang dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Skala Penilaian Untuk *Detection*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kuantitas** | **Deteksi** | **Kualitas** |
| 1.  2.  3  4  5  6  7  8  9  10 | Hampir Pasti    Sangat Tinggi  Tinggi  *Moderately High*  *Moderate*  Rendah  Sangat rendah  Kecil  Sangat kecil  Tidak  Pasti | Perawatan *Preventive* akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan “ *Moderately High*/ menengah keatas” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan “ *Moderately*/ sedang” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan *remote* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan *very remote* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.  Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan *Non Detectable* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan. |

Sumber : Peter S. Pande, (2000) di dalam Merpaung (2017).

1. Tujuan FMEA

Terdapat banyak variasi didalam rincian FMEA, tetapi semua itu memiliki tujuan untuk mencapai :

1. Mengenal dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.
2. Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sisitem yang ada.
3. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.
4. Mengidentifikasi dan membangun tidakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
5. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.
6. Proses FMEA

Proses FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa suatu kegagalan dan akibatnya untuk menghindari kegagalan pada proses produksi tersebut. Masing- masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem dan semua komponen harus dievaluasi. Secara sistematik pendekatan dilakukan secara parallel, formal dan semua dokumen yang terkait dengan para engineering yang melalui beberapa desain proses. Proses FMEA berguna untuk :

1. Mengidentifikasi fungsi dari suatu proses atau *requirement*.
2. Mengidentifikasi potensial produk dan hubungan antara proses dengan modus kegagalan.
3. Menafsirkan efek kegagalan pada konsumen.
4. Mengidentifikasi potensial dari proses produksi atau perakitan penyebab dan mengidentifkasi variabel proses yang berfokus pada mengurangi tingkat occurrence atau deteksi kondisi gagal
5. Mengidentifikasi variabel proses yang mana berfokus pada proses kontrol.
6. Mengembangkan rangking dari modus kegagalan potensial yang didapat dari prioritas dari sistem untuk pencegahan pertumbangan aksi yang diambil.
7. Prosedur FMEA

Bentuk kegiatan FMEA tidaklah baku. Setiap perusahaan memiliki bentuknya masing-masing untuk mencerminkan kepentingan organisasi dan permasalahan pada pelanggan. Arahan kriteria nilai setiap perusahaan mencerminkan kepentingan organisasi, proses, produk dan kebutuhan pelanggan.

Menurut Robin, Raymond dan Michael (1996) dalam Merpaung (2017) langkah- langkah dalam pembuatan FMEA adalah sebagai berikut :

1. Mereview proses

Mereview proses atau merancang nama atau kode proses yang sesuai suatu proses dapat memiliki lebih dari satu fungsi. Fungsi dapat digolongkan menjadi dua kategori, yaitu fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer adalah fungsi utama yang diinginkan dari suatu proses. Fungsi ini antara lain meliputi kecepatan proses, *output* dan kualitas hasil proses. Sedangkan fungsi sekunder adalah fungsi tambahan yang diharapkan ketika fungsi primer telah terpenuhi. Fungsi sekunder antara lain meliputi : faktor keamanan, kenyamanan dan ekonomi.

1. *Brainstorm* Resiko Potensial

Melakukan *brainstorming* resiko potensial dengan bagian *maintenance* dengan tujuan mengetahui kegagalan yang terjadi pada perusahaan tersebut. Kegagalan yang dimaksud adalah ketidakmampuan sistem dari suatu produk atau proses untuk menjalankan fungsinya sesuai dengan standart kinerja yang diinginkan pemakai. Moda kegagalan adalah kejadian yang menyebabkan suatu kegagalan fungsi. Moda kegagalan proses adalah suatu komponen ditolak karena karakteristik komponen yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis nya.

1. Membuat daftar resiko, penyebab dan efek potensial Membuat daftar resiko yang didapat dari perusahaan dan apa penyebabnya beserta efek potensialnya, yang mana efek potensial dari suatu kegagalan adalah konsekuensi kegagalannya untuk proses, operasi produk, pelanggan atau aturan pemerintah dimasa mendatang.
2. Menentukan tingkat severity Menentukan tingkat *severity* dari setiap resiko, yang mana *severity* adalah sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu komponen yang berpengaruh pada suatu hasil kerja mesin yang dianalisa atau diperiksa.
3. Menentukan tingkat *occurrence*

Menentukan tingkat *occurrence* dari setiap resiko, yang mana occurrence adalah sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada mesin tersebut. Dari angka/ tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan mesin.

1. Menentukan tingkat *detection*

Menentukan tingkat *detection*  dari setiap resiko, yang mana detection merupakan suatu pembobotan kemungkinan bahwa *curret process control* yang diusulkan akan mampu mendeteksi moda kegagalan potensial sebelum bagian atau komponen meninggalkan area operasi manufaktur atau lokasi perakitan

1. Menghitung RPN Menghitung RPN yang mana RPN merupakan hasil perkalian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detectin* (D). Dimana persamaan matematisnya dapat dinyatakan sebagai berikut :
2. Membuat prioritas resiko untuk ditindaklanjuti

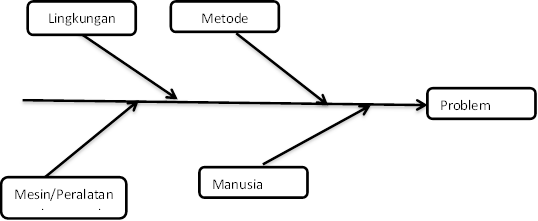
Membuat prioritas resiko untuk ditindaklanjuti apabila nilai RPN nya tinggi, maka resiko tersebut harus ditindaklanjuti, agar resiko tersebut tidak terulang lagi, tetapi dalam tahap ini ada kemungkinan resiko yang memiliki risk risiko dan RPN diatas nilai kritis memiliki prioritas untuk ditindaklanjuti, yang mana nilai kritis tersebut didapatkan dari meriview RPN pareto. Ada resiko yang memiliki risk risiko yang tinggi tetapi karena dapat diantisipasi terlebih dahulu maka nilai deteksi yang kecil sehingga nilai RPN menjadi rendah. Risk risiko dan RPN harus selalu dievaluasi kembali karena kedua hal tersebut memiliki tujuan yang berbeda.

1. Mengambil tindakan untuk mengurangi atau menghilangkan resiko tertinggi resiko kritis. Setelah mengidentifikasi resiko kritis, dalam langkah ini tim harus memikirkan mengenai strategi respon resiko seperti pencegahan, transfer. Mengurangi dan menerima serta dokumentasi tindakan yang akan diambil.
2. Menghitung hasil RPN sebagai resiko yang akan dikurangi atau dihilangkan. Langkah ini dilakukan apabila kegiatan untuk mengurangi resiko kritis.

### Diagram sebab akibat *Fishbone diagram*

*Fishbone diagram* (diagram tulang ikan , karena bentuknya seperti tulang ikan) sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau Ishikawa Diagram diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (7 *basic quality tools*). *Fishbone diagram* digunakan ketika kita ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah team cenderung jatuh berpikir pada rutinitas (Tague, 2015 didalam (Slameto & Susiyanto, 2015). Suatu tindakan dan langkah *improvement* akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan akar penyebab masalah sudah ditemukan. Manfaat *fishbone diagram* ini dapat menolong kita untuk menemukan akar penyebab masalah secara user *friendly*, *tools* yang *user friendly* disukai orang-orang di industri manufaktur di mana proses di sana terkenal memiliki banyak ragam variabel yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan (Purba, 2008 di dalam (Slameto & Susiyanto, 2015).

*Fishbone diagram* akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*. Untuk lebih jelasnya, saya akan menguraikan prosedur atau langkah-langkah pembuatan *fishbone diagram* di bawah ini. Dari sumber-sumber penyebab diatas dapat diturunkan menjadi beberapa sumber yang lebih kecil dan mendetail, misalnya dari metode kerja dapat diturunkan pelatihan, pengetahuan kemampuan, karakteristik fisik dan sebagainya. Contoh Diagram Sebab Akibat seperti **Gambar 2.1**



Gambar 2. 1 Diagram Sebab Akibat

Dari gambar diatas seperti nampak tulang ikan sehingga sering disebut dengan Diagram Tulang Ikan (*Fishbone Diagram*) . Manfaat diagram sebab akibat antara lain:

1. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam menggunakan sumber daya dapat mengurangi biaya.
2. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
3. Dapat membuat suatu standarisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan
4. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

Selain digunakan untuk mencari penyebab utamaa suatu masalah. Diagram sebab akibat juga dapat digunakan untuk mencari penyebab minor yang merupakan penyebab dari bagian utamanya. Penerapan diagram sebab akibat lain misalnya dalam menghitung banyaknya penyebab kesalahan yang mengakibatkan terjadinya suatu masalah, menganalisa penyebaran pada masing-masing penyebab masalah, dan menganalisa proses. Untuk menghitung penyebab kesalahan dilakukan dengan mencari akibat terbesar dari suatu masalah (Nakajima, 1998 di dalam Marpaung, 2017).

### Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini penulis gunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu penulis menemukan satu penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian terdahulu, namun penelitian tersebut dilakukan di Perusahaan yang berbeda yaitu salah satu Pabrik Kelapa sawit swasta di daerah Sumatera Utara dan objek mesin yang diteliti pun beda yaitu mesin *sterilizer*, sehingga penulis mengambil beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis. Daftar Penelitian Terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nama Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
| Agustina Rosa Indah Marpaung. | 2017 | Analisa Kontribusi Kegagalan *Sterilizer* Terhadap Stagnasi di Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 45 ton Menggunakan *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA). | Penelitian ini membahas penyebab yang mengakibatkan pabrik berhenti mengolah. Menganalisa suatu unit yang sangat berkontribusi untuk mengetahui bagian yang mengalami kerusakan dan jenis kerusakannya. Untuk mendapatkan hasil analisa yang baik dibutuhkan suatu konsep yang baik. Diagram Pareto merupakan metode standart dalam pengendalian mutu untuk mendapatkan hasil maksimal dalam memilih masalah- masalah yang utama dan dianggap paling berpengaruh terhadap suatu akibat. Selain itu penelitian ini juga menganalisa jenis kerusakan dan resiko kritis dari unit tersebut menggunakan metode *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA). dengan menggunakan data stagnasi selama satu tahun. Sehingga nantinya akan diketahui resiko kritis yang menjadi prioritas utama saat melakukan *maintenance*. FMEA merupakan metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari suatu proses.  Hasil penelitian ditemukan *sterilizer* menjadi penyumbang tertinggi stagnasi dengan lama stagnasi 76.72 jam dalam kurun waktu satu tahun. Bagian yang mengalami kerusakan adalah lori dengan lama stagnasi 17.05 jam yang disebabkan karena lori anjlok di dalam rebusan dengan lama stagnasi 13.37 jam. Dan daftar resiko kritis dari metode FMEA ditemukan resiko kritis yang menjadi prioritas dalam *maintenance* yaitu Lori. |
| Suherman Andri Panjaitan | 2018 | Analisa Boiler Takuma N 600 SA dengan Metode *Overallequipment Efectivenees* (OEE), *Failure Modes And Effect*  Analysis (FMEA), dan Realibility Block Diagram untuk Memetakan Efektivitas Produksi di PT. Perkebunan Nusantara IV- Adolina. | Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai dari produktivitas dari produksi uap yang di hasilkan pada mesin ketel uap dengan menggunnakan metode *Overall Equipment and* *Effectiveness* (OEE) dan untuk mengetahui komponen-komponen krisis pada ketel uap dengan menggunakan metode *Faiulre Mode and Effect Analysis* (FMEA) , dan menetukan nilai keandalan dari mesin menggunakan metode Reability Block Diagram (RBD) . Dari hasil pengolahan data yang di peroleh dari perusahaan nilai OEE yang tertinggi terdapat di bulan januari dengan nilai 71,11% dan nilai OEE yang terendah terdapat pada bulan agustus dengan nilai 59.62% , pada metode Failure Mode And Effect Analysis di dapat nilai Gelas penduga 196, Dust Collector 168,Pipa Air 105, Pipa Superheater 105,Soot Blower 80, Safety Valve 64. Dari hasil perhitungan keandalan dengan menggunakan metode Reability Block Diagram , di daoat nilai keandalan dari mesin ketel uap secara real adalah sebesar 80,04% pada 50 jam, dan pada pada 1000 jam dapat nilai 0.74 % . |
| Fahrizal | 2014 | Analisa Availibility Kinerja Boiler Pada PT. Rohul Sawit Indah. | Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *Availability* pada kinerja boiler yang dioperasikan agar dapat mengurangi komponen fisik tidak rusak selama operasi normal dan kasus kegiatan perawatan tak terencana. Hal ini sangat penting dalam rangka mencapai lebih efisien dan ekonomis pabrik dan operasi peralatan. Metode analisis matematis digunakan untuk mengukur kinerja mesin dan mengevaluasi tingkat ketersediaan. Mesin yang terlibat dalam penelitian ini adalah Boiler. Analisis matematika dilakukan untuk menghitung nilai ketersediaan, tingkat kegagalan, berarti waktu antara kegagalan (MTBF), dan waktu untuk perbaikan (MTTR). |
| Agus Sugiharto | 2016 | Tinjauan Teknis Pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler | Tinjauan teknis pengoperasian dan pemeliharaan untuk mengetahui prosedur dan penjadwalan dari operasi boiler, sehingga keamanan dan kehandalannya dapat terjamin. Sekaligus bagaimana cara mempertahankan kondisi boiler agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat dicegah terjadinya gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan boiler. |

Sumber : Kajian Penulis

# 

# BAB III

# METODOLOGI PENELITIAN

1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso yang berlokasi di Kab. Keerom, Provinsi Papua. PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso merupakan anak perusahaan dari PT. Perkebunan Nusantara II Tanjung Morawa Medan Sumatera Utara yang bergerak dibidang perkebunan khususnya Kelapa sawit dengan produk yang diproduksi yaitu *Crude palm Oil* (CPO) dan Kernel. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan dan pengambilan data dilakukan pada tanggal 10 juni 2019 – 21 juni 2019.

1. Objek Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini, objek yang diteliti dan dianalisa adalah stasiun produksi di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso memiliki 12 stasiun kerja.

Tabel 3.1 Rencana Penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kegiatan/ Minggu** | **1** | | | | **2** | | | | **3** | | | | | **4** | | | | **5** | | | | **6** | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| 1. | Pengajuan Judul |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. | Study Literatur |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3. | Pembuatan Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4. | Pengambilan Data |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5. | Analisa Data |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6. | Penyusunan Skripsi |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan dilakukan, yaitu start, penentuan topik, studi literatur pengambilan data yang terdiri dari dua data yaitu data primer yang diperoleh dengan cara (observasi,wawancara, dan kuisioner dapat dilihat pada lampiran) dan sekunder (sejarah perusahaan, data stagnasi dan lama waktu perbaikan ), kemudian pengolahan data, analisis data dan kesimpulan, tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**

Penentuan Topik

Studi Literatur

Pengambilan Data

Pengolahan Data

Analisa Data

Kesimpulan

Data Sekunder

* Sejarah Perusahan
* Stagnasi Pabrik
* Maintenance dan lama waktu perbaikan

Data Primer

* Observasi
* Wawancara
* Kuisioner

Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Studi kasus di lakukan dengan pengamatan, mencatat dan mengevaluasi rangkuman stagnasi perusahaan berdasarkan data periode Januari hingga Desember 2018 terhadap keseluruhan mesin atau stasiun kerja.

1. Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan mengamati atau mengevaluasi *down time* mesin atau peralatan produksi di keseluruhan stasiun kerja yang terdapat di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso untuk mengetahui mesin atau stasiun manakah yang memberikan pengaruh terbesar terhadap stanansi perusahaan.

1. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari dua data yaitu data primer dan data sekunder.

1. Teknik Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara observasi atau mengamati objek penelitian secara langsung, wawancara, serta kuisioner berupa pertanyaan terbuka yang dapat dilihat pada **Lampiran no 1** dan semua data yang diperoleh dari pabrik .

* Data Hasil Wawancara

Data jenis kerusakan yang diperoleh kemudian dilakukan justifikasi dengan cara mewawancarai pihak-pihak yang dianggap berpengaruh pada divisi Operasional dan *Maintenance* di pabrik PT. PN II Kebun Arso mengenai jenis kerusakan yang terjadi selama 1 tahun. Dan bagaimana tanggapan pihak-pihak terkait mengenai kemampuan dalam mendeteksi kegagalan tersebut. Pihak- pihak yang menjadi responden dalam wawancara ini adalah Masinis Kepala, Asisten *Maintenance* dan Asisten Pengolahan serta operator stasiun *boiler*.

1. Teknik Pengumpulan Data Sekunder

Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dari sumber penelitian berupa study literatur yang berasal dari buku- buku ilmiah, artikel dan data yang diperoleh dari perusahaan seperti data sejarah perusahaan, struktur organisasi perusahaan, data stagnasi proses produksi pabrik, data *maintenance* dan waktu perbaikan mesin dan peralatan pabrik tersebut. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan data stagnasi proses produksi pada periode Januari - Desember 2018.

1. Pengolahan Data Penelitian

Pada penelitian ini data yang diperoleh akan di analisa dengan beberapa tahapan meliputi :

1. *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengkaji tingkat risiko kegagalan pada komponen mesin boiler yang sering mengalami kerusakan dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut apakah berdampak terhadap sistem proses produksi di pabrik. Data hasil analisis FMEA berupa prioritas resiko yang akan memunculkan beberapa solusi atau strategy yang akan dilakukan analisa untuk menentukan prioritas pemecahan masalah.
2. *Fishbone diagram* yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci penyebab kerusakan yang terjadi pada komponen- komponen boiler yang mengalami kerusakan.

# BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Perusahaan

PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso merupakan salah satu pabrik kelapa sawit yang berlokasi di Desa Baburia, Kecamatan Arso Kabupaten Keerom, Provinsi Papua. Pabrik kelapa sawit ini merupakan anak perusahaan dari PT. Perkebunan Nusantara II Tanjung Morawa Medan Sumatera Utara yang memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan Kernel sebagai produk utama dengan kapasitas produksi sebesar 30 ton TBS/ jam. Adapun jumlah kapasitas produksi per jam sebesar 30 ton TBS/jam dan jumlah produksi selama satu minggu sebesar 3600 ton TBS/Jam. PT. PN II Kebun Arso memiliki 2 shift kerja dalam melakukan aktivitas produksi selama 5 hari kerja yaitu hari Senin hingga Jumat dengan jam kerja selama 24 jam yang terdiri dari shift 1 dimulai dari jam dari jam 07.00 WIT hingga jam 19.00 WIT shift 2 dimulai dari jam 19.00 sampai jam 07.00 WIT, kemudian pada hari sabtu dan minggu dilakukan perawatan terhadap mesin-mesin. Tingginya angka stagnasi pabrik salah satunya disebabkan oleh 80% instalasi peralatan merupakan peralatan *single run* dan diantaranya tergolong dalam kategori kritis dengan potensi kerusakan tinggi. Kendala lain adalah keberadaan sparepart yang harus didatangkan dari luar wilayah Papua. PKS PT.PN II Kebun Arso memiliki 12 stasiun kerja yang digunakan untuk melakukan proses produksi CPO dan kernel. Stasiun kerja yang terdapat pada PKS PT.PN II Kebun Arso yaitu, stasiun penerimaan, stasiun *loading ramp,* stasiun *sterilizer*, stasiun merantai, stasiun *thresher*/bantingan, stasiun kempa/pressan, stasiun pemurnian, stasiun pabrik biji/kernel, stasiun *water treatment*, stasiun *boiler*, stasiun pembangkit listrik, stasiun pengolahan limbah.

1. Stasiun Penerimaan

Stasiun penerimaan merupakan stasiun kerja pertama yang berfungsi sebagai tempat penerimaan dan penimbangan bahan baku pembuatan CPO dan kernel berupa Tandan Buah Segar (TBS) yang diangkut dari kebun. Stasiun ini memiliki satu jembatan timbang dengan kapasitas 50 ton yang digunakan untuk menimbang TBS, satu pos yang digunakan sebagai tempat kerja operator, dan peralatan pendukung lainnya yaitu dua buah meja kerja dan 2 unit komputer yang digunakan untuk memonitor dan mencatat hasil penimbangan TBS.

1. Stasiun *Loading Ramp*

Stasiun *loading ramp* yang terdapat di PT. PN II Kebun Arso merupakan stasiun kerja lanjutan dari stasiun penerimaan. Stasiun ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara dan tempat dilakukan sortasi TBS sebelum dilakukan pengolahan di stasiun *sterilizer*. Dalam stasiun ini terdapat Lantai *loading ramp* berkapasitas 10 ton TBS yang digunakan untuk menampung TBS, 1 unit  *loader* yang digunakan untuk mengatur TBS, 12 unit pintu *loading ramp* yang digunakan untuk memasukkan TBS ke dalam *lori,* serta 1 buku catatan yang digunakan untuk mencatat kebun asal TBS, nama pemiliknya serta no polisi truk pengangkutnya.

1. Stasiun *Sterilizer*

Stasiun *sterilizer* merupakan stasiun rebusan yang digunakan untuk merebus TBS menggunakan uap bertekanan dengan lama waktu perebusan 90-95 menit. Dalam stasiun ini terdapat 3 unit *sterilizer* (yang digunakan hanya 2 unit) dengan kapasitas tampung masing-masing *sterilizer* 10 *lori* yang digunakan sebagai wadah perebusan, 30 unit *lori* dengan daya tampung setiap lori sebesar 2,5 ton TBS, lori digunakan sebagai *material handling* / wadah penampung TBS saat akan direbus, 1 jembatan rebusan yang berfungsi untuk sarana yang menghubungkan antara line/rel *lori* dengan pintu *sterilizer*, sehingga lori dapat ditarik masuk ke dalam *sterilizer.* Cara memindahkan *lori* yang telah terisi dengan TBS dilakukan dengan menarik *lori* menggunakan *material handling* berupa tali dan capstand.

1. Stasiun Merantai

Stasiun merantai yang terdapat di PT. PN II Kebun Arso merupakan stasiun kerja lanjutan dari stasiun *sterilizer*. Aktivitas yang dilakukan pada stasiun merantai yaitu menarik *lori* keluar dari dalam *sterilizer* dengan menggunakan tali yang lingkar dan diikat pada *capstand*. Dalam stasiun ini terdapat 4 unit capstand dan tali kapal.

1. Stasiun *Thresher*

Stasiun *thresher* merupakan stasiun kerja lanjutan dari stasiun merantai aktivitas kerja yang dilakukan pada stasiun ini yaitu memisahkan berondolan buah kelapa sawit dan tandan kosong. Dalam stasiun ini terdapat 1 unit *hoisting crane* dengan daya angkat 5 ton/ unit yang berfungsi sebagai *material handling* untuk mengangkat *lori* yang berisi TBS yang telah matang dan menuangkannya ke *autofeeder*, 2 unit *autofeeder* dengan putaran 2 rpm berfungsi sebagai penampung TBS yang telah matang sebelum dilakukan proses pemisahan oleh *drum thresher,* 2 unitdrum *thresher* berkapasitas 30 ton TBS/ jam berbentuk silinder dengan diameter 2 meter berkisi-kisi dengan spasi 50 mm yang bergerak memutar dengan kecepatan putaran drum 22-24 rpm. digunakan untuk memisahkan antara tandan kosong dan berondolan buah kelapa sawit, 1 unit *empty bunch conveyor* horisontal dan vertikalyang digunakan untuk mengangkut tandan kosong ke tempat penampungan limbah padat, 1 unit *conveyor under thresher* yang berfungsi untuk mengangkut berondolan buah sawit menuju *bottom cross conveyor*, 1 unit *bottom cross conveyor* berfungsi untuk mengangkut berondolan buah kelapa sawit menuju *bucket elevator* dan 2 unit *bucket yang elevator* berfungsi mengangkut berondolan sawit menuju ke *top cross conveyor* pada stasiun kempa/pressan.Stasiun dilakukan proses pemisahan terhadap TBS yang telah matang, TBS di pisahkan menjadi dua bagian yaitu berondolan buah kelapa sawit dan tandan kosong

1. Stasiun Kempa / Pressan

Stasiun kempa/pressan merupakan stasiun kerja lanjutan dari stasiun thresher yang bertugas melakukan proses pencacahan dan pengempaan/pengepressan terhadap berondolan buah kelapa sawit untuk memperoleh minyak kasar (*Crude Oil*) produk yang dihasilkan pada stasiun ini yaitu minyak kasar dan ampas berupa cangkang dan serat kelapa sawit. Dalam stasiun ini terdapat 1 unit *top cross conveyor yang* digunakan untuk mengangkut berondolan buah sawit menuju *distributing conveyor*, 1 unit *distributing conveyor* digunakan untuk mendistribusikan berondolan buah sawit menuju *digester*, 2 unit *digester* yang merupakan tangki silinder tegak yang dilengkapi pisau-pisau pengaduk dengan kecepatan putaran 25-26 rpm, kapasitas volume *digester* 3,5 m3yang digunakan untuk melakukan proses pencacahan atau pengecilan ukuran terhadap berondolan sawit sebelum di press, kemudian terdapat pipa yang digunakan untuk *material handling* berondolan yang telah di hancurkan beserta minyak yang keluar saat proses penghancuran berondolan menuju *screw press*, 1 unit *return conveyor*, yang digunakan untuk mengangkut berondolan menuju bucket elevator untuk dikembalikan ke *bottom cross conveyor* jika digester telah terisi penuh, 2 unit *hydraulic* *screw press* dengan kapasitas pressan 12 ton TBS/jam digunakan sebagai alat untuk mengempa (*pressing*) berondolan yang telah melalui pengecilan ukuran di *digester* tadi guna memperoleh minyak yang akan diolah, kemudian hasil *pressan* berupa minyak kasar kelapa sawit akan dialirkan melalui pipa menuju *sand trap tank, 1* unit *sand trap tank*  yang di gunakan untuk melakukan penyaringan terhadap pasir-pasir yang terlarut dan ikut terbawa oleh minyak.

1. Stasiun Pemurnian/ Klarifikasi

Stasiun ini merupakan salah satu stasiun kerja lanjutan yang bertugas melakukan pemurnian minyak kasar hasil dari stasiun kempa/ pressan dengan menggunakan pemanasan menggunakan uap panas. Dalam stasiun ini terdapat 1 unit *vibrating screen* atau saringan bergetar yang dengan spesifikasi *double screen* dengan ukuran 30 dan 40 meshdigunakan untuk menyaring dan memisahkan berdasarkan massa antara minyak dan benda padat yang terbawa oleh minyak seperti serat yang berasal dari *sand trap tank* tadi yang dialirkan melalui pipa menuju *vibrating screen*, 1 unit bak penampung *crude oil* atau minyak kasar dengan kapasitas 12 m3 yang digunakan untuk menampung minyak kasar yang telah disaring di *vibrating screen* dan juga menaikkan suhu minyak, serta digunakan untuk mengendapkan pasir yang terlarut dalam minyak, 2 unit *oil pump* berkapasitas 20 ton/jam yang digunakan untuk memompa minyak yang telah diolah menuju tangki CPO, 2 buah *vertical settling tank* berkapasitas 90 ton yang digunakan untuk memisahkan antara minyak *sludge* dan NOS atau padatan bukan minyak yang terlarut dalam minyak, kemudian minyak akan dialirkan ke *oil tank,* 1 unit *oil tank* berkapasitas 10 m3yang digunakan untuk melakukan proses pemanasan lanjutan terhadap minyak dan *sludge* akan dialirkan ke *sludge tank,* 1 unit *sludge tank*  berkapasitas 17,5 m3 yang digunakan untuk mengolah *sludge* dengan cara pemanasan lebih lanjut, kemudian *sludge* akan diolah lebih lanjut pada *brush strainer,* 2 unit *brush strainer* yang berfungsi untuk memisahkan NOS yang terdapat pada *sludge*, 2 unit *desanding cyclone* yang digunakan untuk mengutip pasir dari *sludge*, dan 4 unit *sludge separator* dengan kapasitas 4,5 ton *sludge*/jam yang berfungsi untuk memisahkan minyak yang terbawa bersama *sludge* dengan menggunakan prinsip sentrifugasi. Minyak akan melalui proses pemurnian lanjutan di *oil purifier,* 3 unit *oil purifier* dengan kapasitas 4 ton minyak/jam yang berfungsi untuk mengurangi kadar kotoran dan kadar air pada minyak menggunakan sistem sentrifugasi yang dimana bahan di pisahkan berdasarkan berat jenisnya, setelah selesai melewati proses pemurnian di *oil purifier* minyak dialirkan menuju *vacuum dryer,* 2 unit *vacuum dryer* dengan kapasitas 10 ton CPO/jamyang berfungsi untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada minyak dengan sistem hampa udara atau *vacuum,* 2 unit tangki timbun CPO dengan kapasitas daya tampung 2000 ton CPO yang digunakan untuk menampung CPO sebelum dilakukan proses pengapalan untuk pengiriman CPO.

1. Stasiun Pabrik Biji / Kernel

Stasiun Ini merupakan stasiun lanjutan dari stasiun kempa/pressan yang bertugas mengolah hasil kempa berupa serat dan cangkang untuk memproduksi kernel atau inti sawit. Dalam stasiun ini terdapat 1 unit *cake breaker conveyor* dengan spesifikasi panjang minimal 24 meter, lebar 70 cm, menggunakan daun ularan berbentuk pedal-pedal/semi screw conveyor dengan kecepatan putaran 70-75 rpm yang digunakan untuk mengangkut sekaligus mengeringkan ampas kempa atau press berupa serat, dan inti kernel yang masih terbungkus cangkang maupun cangkang yang telah melalui proses pengepressan dari stasiun pressan menuju ke *depericarper*, 1 unit *depericarper* adalah alat yang terdiri dari *Separating column* (kolom pemisah) adalah alat untuk mengatur kecepatan udara dan tekanan statis yang dibutuhkan dengan sistem isapan *blower* untuk memisahkan ampas dan biji berdasarkan perbedaan berat jenis, drum pemolis (*Polishing Drum*) tromol berputar 25 rpm yang berfungsi untuk memolish/membersihkan sisa-sisa serabut yang masih lengket pada permukaan biji. dan *Fibre cyclone* yang dilengkapi *fan* (*blower*) adalah alat yang berbentuk *cyclone* tempat menghisap / menampung *fibre* yang terpisah dari biji akibat isapan *blower* di *Separating Column*, *Pneumatic Transport* adalah untuk menaikkan / mengangkat biji dengan sistem isap masuk ke dalam *Nut hopper* (Silo biji), pemisah batu-batuan, besi dan biji dura. Dilengkapi dengan *air lock* (pengunci udara), *Nut Grading Screen* adalah alat berbentuk tromol untuk memisahkan dan membagi biji yang sesuai dengan ukuran fraksinya, 1 unit *Nut Hopper* (Silo biji) adalah tempat penampungan dan pemeraman biji sebelum dipecah di *Ripple mill/Cracker*. 1 unit *Ripple Mill* adalah alat untuk memecahkan biji (*nut*) dengan cara digiling dalam putaran *rotor bar*, sehingga biji akan bergesek dengan *Ripple plate*. Magnit berfungsi sebagai alat untuk menangkap benda-benda logam dan *vibrator* berfungsi mengatur biji masuk ke *Ripple mill* agar merata dan tidak menumpuk.

Selain mesin-mesin diatas ada beberapa mesin yang digunakan dalam pengolahan di pabrik biji antara lain *Nut Conveyor* adalah alat *material handling* berbentuk *screw*/ulir yang berfungsi untuk membawa atau mengantar nut dan cangkang dari satu instalasi ke instalasi berikutnya, *Nut Elevator* merupakan alat *material handling* yang berbebntuk timba dan berfungsi untuk memindahkan material berupa *nut* dan cangkang dari satu instalasi ke instalasi berikutnya yang yang lebih tinggi, *Light Tenera Dust Separator* (LTDS I-II) adalah alat pemisah inti dan cangkang dalam craksel dengan sistem kering, *Hydrocyclone* adalah alat pemisah inti dan cangkang dalam craksel dari LTDS-II dengan media air, *Clay bath* adalah suatu alat berbentuk bak yang berungsi untuk memisahkan inti dan cangkang dalam craksel dengan menggunakan larutan kalsium karbonat /kaolin, *Silo* inti atau *Kernel dryer* adalah suatu tempat penampung dan pengeringan inti yang berasal dari LTDS maupun *Hydrocyclone/Clay bath* dengan tujuan menurunkan kadar air, *Blower Winnowing* adalah alat untuk memisahkan inti kering dari sampah dan cangkang halus yang keluar dari silo inti.

1. Stasiun *Boiler*

Stasiun ini bertugas untuk memproduksi dan menyuplai uap untuk menggerakkan turbin sehingga menghasilkan listrik bagi perusahaan dan uap bagi proses produksi ke stasiun-stasiun yang membutuhkan uap panas dalam melakukan proses produksi seperti stasiun sterilizer,stasiun kempa,stasiun pemurnian. Dalam stasiun ini terdpapat 1 unit konveyor bahan bakar merupakan alat untuk mengangkut bahan bakar *fibre* dan cangkang dari *Fibrecyclone*, LTDS maupun *Hydrocyclone* ke dapur *boiler,* 1 unit *Feed water tank* (tangki air umpan) dengan kapasitas 100 ton yang digunakan untuk menampung air dari *Demin plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boile*r, *Water meters* dan *flowmeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur aliran air ke pabrik dan dari pabrik , Deaerator adalah alat yang berfungsi untuk menaikkan temperatur dan mengurangi kadar oksigen dalam air umpan sehingga mengurangi proses oksidasi terhadap pipa-pipa *boiler*, *Turbine pump* dan *Electric pump* adalah pompa yang menggunakan tenaga listrik dan berfungsi untuk memompa air umpan *boiler* tenaga uap. 2 unit *boiler* dengan kapasitas uap 20.000 kg/jamyang digunakan untuk merubah energi air menjadi energi potensial uap dengan bantuan panas hasil pembakaran cangkang dan *fibre* untuk pembangkit tenaga listrik (melalui Turbin uap) serta menyuplai uap untuk keperluan proses di pabrik, *Testing of Gauge Glass* (Gelas Penduga) adalah alat yang digunakan untuk melihat ketinggian air dalam drum.

1. Stasiun *Water Treatment*

Stasiun ini bertugas untuk melakukan pengolahan terhadap air umpan yang akan digunakan sebagai air umpan boiler . pengolahan air umpan pada stasiun water treatment ini dilakukan dengan dua cara yaitu pengolahan air secara eksternal dan internal. Pada pengolahan secara eksternal dilakukan pemisahan kotoran seperti pasir, kotoran halus dan kasar. Dan pada internal dilakukan proses demineralisasi atau penghilangan anion dan kation. Pada tasiun ini terdapat 2 unit pompa air dengan kapasitas 45 ton air/jam adalah alat yang berfungsi untuk menghisap air dari sumber air (sungai, sumur,waduk dll) untuk dialirkan langsung ke bak penampung sementara (*Water basin*) atau waduk sebelum dijernihkan di *Water clarifier Tank*. Pompa air dari water basin ke *water clarifier* dan pompa air untuk menuju menara air, 1 unit *Water basin* berfungsi untuk mengendapkan lumpur, pasir atau kerikil sehingga proses penjernihan air di *Water clarifier* bisa lebih ringan, pemakaian tawas lebih hemat serta pompa tidak cepat aus dan kualitas air tetap konsisten, 1 unit *Water clarified tank* adalah alat yang berfungsi untuk melanjutkan proses penjernihan air dari *Water basin*. Pada unit ini ditambahkan bahan kimia yaitu: Tawas (Aluminium Sulfat) untuk menggumpalkan lumpur/ padatan yang tidak larut dengan cara membentuk *floc* sehingga cepat mengendap. Sedangkan Soda Ash berfungsi untuk menaikkan pH air yang mengalami penurunan pH akibat adanya penambahan Aluminium Sulfat. Alat ini berbentuk kerucut dengan aliran air membentuk gaya sentrifugal, Pompa Bahan Kimia ( *Chemical Pump*) untuk memompa cairan dari tangki yang mengandung Tawas dan tangki Soda Ash kedalam pipa air sebelum air masuk ke dalam unit *clarifier tank*, *Sand filter* adalah untuk menangkap/menyaring kotoran yang melayang yang lolos dari *clarifier tank* dengan menggunakan susunan pasir kwarsa yang diletakkan di bagian atas, batu kerikil kecil diletakkan di bagian tengah dan batu kerikil yang agak besar (bawah), *Water tower tank* (Menara Air) adalah : sebagai tempat penampungan air hasil penyaringan dari *Sand filter* agar tekanan air yang masuk ke *Demin plant* stabil dan dalam kondisi yang kontinyu, 1 unit *Demin plant* dengan kapasitas 25 m3/jam berfungsi untuk menangkap padatan terlarut dalam air yang berupa ion kation dan anion.

1. Stasiun Pembangkit Listrik

Stasiun ini bertugas untuk menerima uap dari stasiun *boiler* dan mengubah uap tersebut menjadi energi kinetik dan menghasilkan listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik dan air perusahaan dan perumahan karyawan. Dalam stasiun ini terdapat 2 unit Mesin diesel ( *genset*) dan alternator adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi kimia dari bahan bakar diesel menjadi energi listrik yang digunakan sebagai sumber energi bagi pembangkit dan kebutuhan listrik perusahaan dan perumahan karyawan. 1 unit turbin uap adalah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi potensial uap yang berasal dari boiler menjadi energi kinetik yang selanjutnya akan dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alternator, 1 unit *Back Pressure Vessel* (BPV) adalah bejana bertekanan untuk menyimpan dan mendistribusikan uap tekanan rendah ke instalasi pengolahan di pabrik, *Main switch board* adalah mesin yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik kesemua instalasi yang membutuhkan.

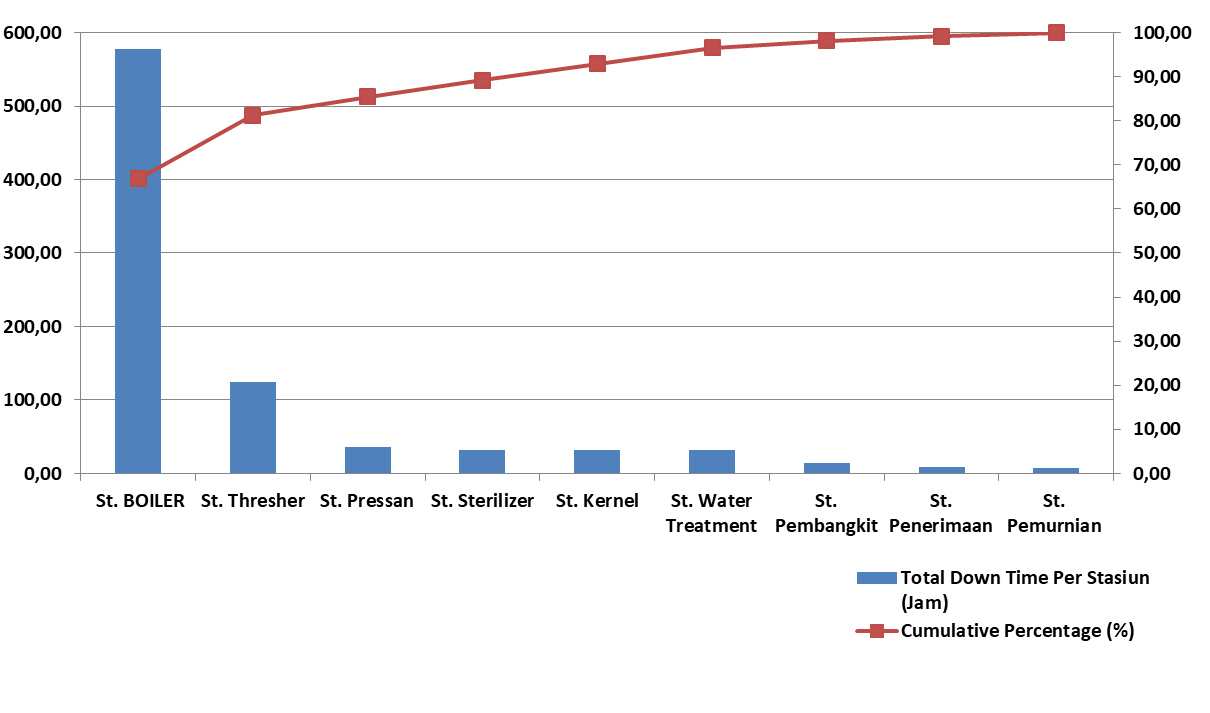
1. Stasiun Pengolahan Limbah

Stasiun ini bertugas untuk melakukan pengolahan limbah atau produk sampingan yang dihasilkan dari pengolahan CPO dan Kernel. Dalam stasiun ini terdapat 1 unit bak *fat pit* yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara limbah cair sebelum dialirkan ke kolam penampungan limbah melalui *cooling tower inlet* limbah. Pada umumnya temperatur *sludge* yang dihasilkan dari proses pabrik berkisar 60⁰C-70⁰C. 1 unit *Cooling Tower* berfungsi untuk menurunkan temperatur *sludge* menjadi 35⁰C - 40⁰C sehingga aktivitas mikroorganisme dalam mengurai senyawa-senyawa organik dapat beradaptasi dengan suhu limbah cair, selain 2 peralatan di atas ada juga alat V-*notch inlet* berfungsi untuk mengukur volume debit limbah cair yang masuk ke IPAL yang dilengkapi tabel konversi, 1 unit *Sending pond* yang merupakan kolam dengan kedalaman ± 3 m dengan retention time 4 hari yang berfungsi Untuk menampung sirkulasi dari An aerobic II sebagai bibit bakteri yang akan mendekomposisi senyawa-senyawa organik air limbah yang masuk dari V-notch. Dari kolam ini limbah cair mengalir ke *anaerobic pond* secara gravitasi, kolam anaerob 1 dan 2 berfungsi untuk menguraikan butiran-butiran minyak yang masih tersisa atau senyawa-senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme anaerob. Kolam Anaerob dapat menghasilkan CH4 (gas methan), CO2 dan endapan solid, Kolam Fakultatif 1 dan 2 memiliki kedalaman = 3 m dengan *retention time* 25 hari yang berfungsi untuk merombak senyawa organik yang masih tersisa dari kolam an-aerobic dengan bantuan bakteri aerob dan anaerob pH 7,6-7,8. Dari kolam ini limbah cair mengalir ke aerobic pond secara gravitasi, kolam aerobic berfungsi untuk proses degradasi limbah dengan bantuan bakteri aerob sehingga diperlukan injeksi udara (yang dibutuhkan O2-nya) ke dalam air limbah dengan bantuan aerator yang harus dioperasikan terus menerus, kolam sendimentasi berfungsi untuk untuk mengendapkan hasil penguraian butiran minyak dan padatan lain yang berasal dari kolam aerobic. Limbah cair yang terdapat di bagian atas kolam limbah ini mengalir menuju v-notch secara gravitasi, V-notch *outlet* yang dilengkapi dengan tabel konversi ini merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur volume limbah cair yang akan dibuang ke badan sungai.

1. **Identifikasi Kegagalan Proses Produksi Pada Stasiun Kerja**

Identifikasi mesin dan peralatan yang berpengaruh terhadap kegagalan proses produksi di PT.Perkebunan Nusantara II Kebun Arso dilakukan dengan menggunakan data stagnasi/*down time* kerusakan tiap mesin yang dimiliki oleh PT.PN II Kebun Arso yang dianalisis menggunakan diagram pareto. *Down time* mesin adalah keadaan stagnan atau tidak beroperasi yang dialami oleh pabrik yang disebabkan oleh kerusakan mesin dan peralatan produksi CPO dan kernel di setiap stasiun kerja dan membutuhkan waktu untuk dilakukan tindakan perbaikan.

Dalam pelaksanaan aktivitas kerja yang dilakukan di PT. PN II Kebun Arso setiap fasilitas atau stasiun kerja memiliki pengaruh terhadap *down time*. Adapun pengaruh setiap fasilitas atau stasiun kerja terhadap *down time* perusahaan meliputi kegagalan proses produksi, berkurangnya waktu efektif kerja mesin dan karyawan dll. *Down time* yang terdapat pada setiap fasilitas tersebut akan mempengaruhi tingkat stagnansi perusahaan sehingga berhubungan terhadap kinerja perusahaan baik pada ketercapaian kapasitas proses produksi, profit perusahaan, pendapatan karyawan dan lainnya. pengaruh *down time* terhadap tingkat kegagalan kerja stasiun produksi pada PT.PN II Kebun Arso dapat dilihat pada **Gambar 4.1.**



Gambar 4. 1 *Pareto Chart* Data *Down Time* Semua Stasiun Selama Satu Tahun

Stasiun *boiler* merupakan penyebab atau penyumbang kegagagalan pada proses produksi yang paling tinggi yaitu sebesar 66,83% dengan total *down time* sebesar 577,33 jam dalam periode satu tahun. *Boiler* merupakan jantung dari pabrik PT.PN II Kebun Arso yang merupakan mesin untuk memproduksi dan menyuplai uap kepada turbin dan mesin-mesin lain, uap yang diproduksi digunakan utuk menjalankan proses produksi CPO dan kernel. Stasiun *boiler* paling berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh tidak berjalannya fungsi mesin boiler atau tingginya kerusakan/ kegagalan mesin yang terjadi secara berulang-ulang di stasiun *boiler* ini sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk dilakukan perbaikan untuk detail pengaruh kerusakan mesin di stasiun *boiler* berpengaruh terhadap *down time* dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

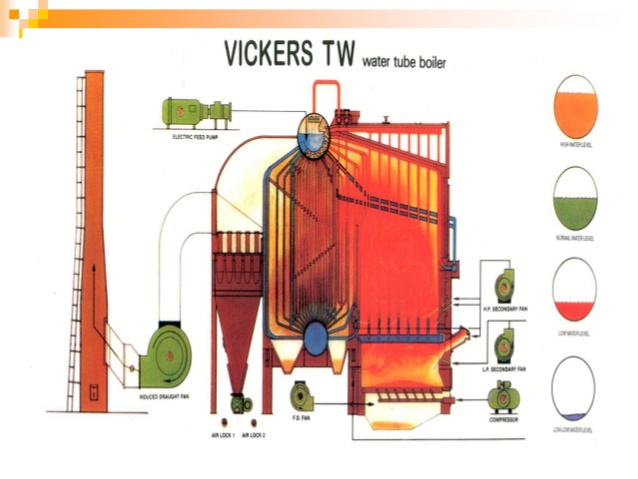
Kemudian stasiun *thresher* merupakan stasiun dengan *down time* terbesar kedua sebesar 14,41% total *down time* sebesar 124,50 jam dalam periode satu tahun. Penyebab stasiun *thresher* berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh adanya kerusakan/kegagalan yang terjadi pada mesin-mesin yang terdapat pada stasiun *theresher* ini seperti, *hoisting crane*, bantingan (drum *thresher*), *automatic feeder*, *conveyor under thresher*, *empty bunch conveyor* dll. Dan membutuhkan waktu perbaikan sehingga terhambatnya proses produksi.

Sedangkan stasiun pressan/kempa, stasiun *sterilizer*, stasiun kernel, stasiun *water treatment,* stasiun pembangkit, stasiun penerimaan dan pemurnian berada pada rentang 0 hingga 10 % dalam penyebab kegagalan yang ada pada perusahaan. Stasiun-stasiun tersebut memiliki waktu *down time* dalam rentang 7,00 jam hingga 36,17 jam. Kegagalan pada stasiun-stasiun tersebut disebabkan oleh kerusakan mesin dan peralatan yang terdapat pada masing-masing stasiun tersebut, namun pada stasiun penerimaan tidak terjadi kerusakan mesin adanya *down time* pada stasiun ini dikarenakan tidak adanya stok bahan baku berupa TBS yang menyebabkan pabrik tidak dapat mengolah dan terjadi *down time*. Data kerusakan mesin berdasarkan stasiun kerja, frekuensi kerusakan dan lama waktu *down time* dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

1. Identifikasi Kegagalan Proses Produksi Pada Stasiun *Boiler*

Sesuai dengan data hasil identifikasi *down time* berdasarkan stasiun kerja yang mana hasil yang diperoleh yaitu stasiun kerja penyumbang *down time* tertinggi pada pabrik PT PN II Kebun Arso ini yaitu stasiun *boiler* yang memiliki nilai persentase dan *down time* tertinggi dari ke 11 stasiun lainnya dalam kurun waktu selama satu tahun, sehingga perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai komponen-komponen mesin yang mengalami kerusakan dan mempengaruhi kegagalan proses produksi yang ditimbulkan oleh stasiun *boiler*. Mesin Boiler yang terdapat pada PT.Perkenunan Nusantara II Kebun Arso memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Dengan perlakuan perawatan yang dilakukan pada PT PN II Kebun Arso berupa tindakan preventif dan korektif. Tindakan preventif yang dilakukan yaitu melakukan *break down* mesin setahun sekali, melakukan perawatan harian dengan *water treatment* sebagai bahan baku *boiler* dan penggunaan SOP pengoperasian selama proses pengolahan, perawatan secara berkala setiap 1 kali seminggu dilakukan pembersihan terhadap *boiler*, dan melakukan c*leaning electrical and hydraulic instalation*. Adapun tindakan korektif yang telah dilakukan yaitu melakukan perbaikan setelah terjadi kerusakan atau *breakdown maintenance* yang mengakibatkan mesin/fasilitas pabrik berhenti beroperasi.



Gambar 4. 2 Gambar *Boiler*

Namun tidak dilakukan *predictive maintenance* atau pemeliharaan perkiraan terhadap mesin *boiler* dengan cara pendataan secara periodik atau saat terjadi gejala penyimpangan terhadap kerja mesin yang mengindikasikan adanya kerusakan yang dilanjutkan penjadwalan penggantian *equipment* dalam proses *maintanance* dan penanganan mesin yang rusak.

Hal ini dapat membuktikan bahwa perencanaan perawatan mesin pada perusahaan kurang baik. Pada saat ini PKS PT. PN II Kebun Arso mengalami penurunan kapasitas produksi yang diakibatkan oleh kerusakan-kerusakan yang terjadi secara tiba – tiba pada fasilitas/mesin yang terdapat pada PKS ini seperti mesin *boiler* yang berfungsi untuk memproduksi *steam* yang menggerakkan turbin sehingga menghasilkan listrik untuk proses produksi kelapa sawit.

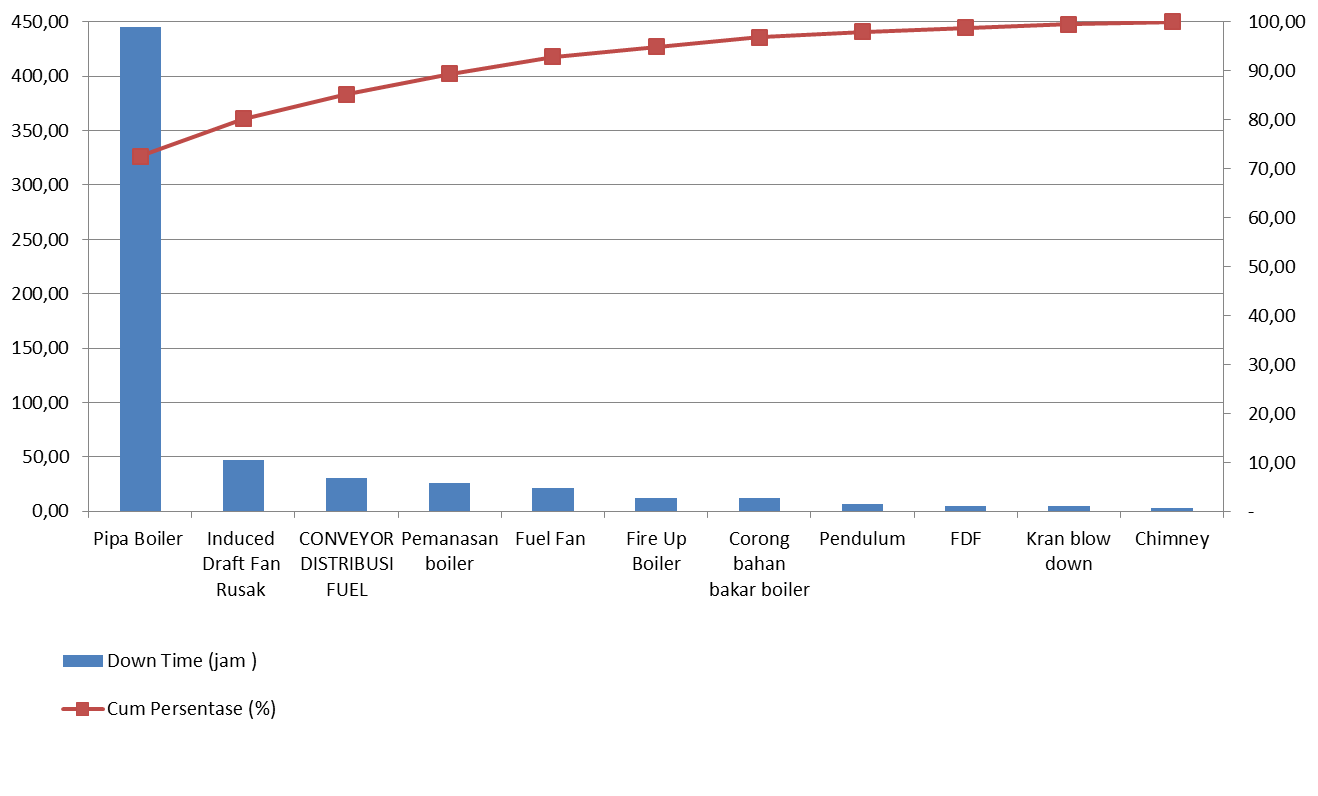
Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin Boiler

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kode Boiler | Uraian | Spesifikasi |
| Boiler 01 | *Name* | Vickers Hoskins |
|  | *Boiler type* | *Water Tube* |
|  | *Rated Capacity* | 20000 Kg/HR |
|  | *Year of manufacture* | 2001 |
|  | *Serial no* | 20366 |
|  | *Design Pressure* | 2,50 N/MM |
|  | *Hydrotest pressure* | 3,75 N/MM |
|  | *Hydrotest no* | KLR 0060346 |
|  | *Model* | TW 16/38-54 |
|  | *From & AT* | 100 °C |
|  | *Design code* | BS 113-1998 |
|  | *Working pressure* | 2,50 N/MM |
|  | *Inspection autority* | LLOYDS |
| Boiler 02 | *Name* | Vickers Hoskins |
|  | *Boiler type* | *Water Tube* |
|  | *Rated Capacity* | 20000 Kg/HR |
|  | *Year of manufacture* | 2001 |
|  | *Serial no* | 20367 |
|  | *Design Pressure* | 2,50 N/MM |
|  | *Hydrotest pressure* | 3,75 N/MM |
|  | *Hydrotest no* | KLR 0060347 |
|  | *Model* | TW 16/38-54 |
|  | *From & AT* | 100 °C |
|  | *Design code* | BS 113-1998 |
|  | *Working pressure* | 2,50 N/MM |
|  | *Inspection autority* | LLOYDS |

Sumber: PT. PN II Kebun Arso

Apabila terjadi kerusakan pada mesin *boiler* seluruh kegiatan proses produksi pada PKS dapat terganggu/berhenti beroperasi sehingga perlu dilakukan perawatan yang terencana berupa preventif *maintenance* dan prediktif *maintenance* berupa prediksi kegagalan dengan adanya proses deteksi kegagalan sehingga suatu kegiatan dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi serta menghindari konsekuensi kegagalan, yang selanjutnya dapat diambil suatu langkah korektif setelah mengetahui mode kegagalan yang terjadi untuk mencegah terjadinya kerusakan yang terjadi secara berulang sehingga berdampak pada *down time* bagi perusahaan (Susanto, 2017).

Berdasarkan hasil analisis data *down time* pada stasiun *boiler* diperoleh kegagalan proses produksi yang terjadi pada stasiun *boiler* disebabkan dengan adanya dua faktor yaitu kerusakan komponen dan aktivitas pengelolaan/ pemeliharaan. Kerusakan komponen terdiri dari 9 komponen yaitu Pipa *boiler*, *Induced Draft Fan*, Konveyor distribusi bahan bakar, *Fuel Fan*, Corong bahan bakar, pendulum *Force Draft Fan*, Keran *blow down* dan *Chimney*, yang mengalami kerusakan yang terjadi secara berulang kali, dalam aktivitas proses produksi yang dilakukan setiap komponen mesin memiliki pengaruh terhadap *down time* sehingga menyebabkan *boiler* berhenti beroperasi dan berdampak pada kegagalan proses produksi yang dialami oleh PT. PN II Kebun Arso. Faktor aktivitas penyebab *down time* pada stasiun *boiler* antara lain aktivitas pemanasan dan *fire up boiler*. Pengaruh kerusakan yang terjadi pada komponen-komponen mesin stasiun *boiler* terhadap *down time* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4. 3 Pareto chart data *down time* stasiun *boiler* selama satu tahun

Berdasarkan data pada **Gambar 4.3** tersebut menunjukkan bahwa pipa *boiler* merupakan komponen dengan persentase kerusakan paling tinggi sebesar 72,52% dengan total *down time* sebesar 445,17 jam, pipa *boiler* berpengaruh terhadap *down time* pabrik yang disebabkan oleh sering terjadinya kerusakan berupa kebocoran pipa yang disebabkan oleh endapan kerak yang muncul pada pipa-pipa *boiler* sehingga menyebabkan penyerapan panas yang tidak sempurna dan mengakibatkan *overheating* dan kebocoran pipa. Tingginya persentase kerusakan dan total *down time* menunjukkan perlu adanya identifikasi mengenai faktor-faktor penyebab kebocoran pipa *boiler*, sehingga dapat mengetahui cara penanganannya untuk mengatasi permasalahan kebocoran pipa tersebut.

Pipa-pipa yang mengalami kebocoran antara lain *generating tube* (*evaporator tube*) yang berfungsi untuk proses penguapan air atau mempercepat proses penguapan, *down comer tube* yang berfungsi untuk mengalirkan umpan *boiler* dari *upper* drum ke *header*, *upper drum* ke drum bawah, dan *upper drum* ke *header*, *super heater tube* pipa ini berfungsi sebagai pembentuk / penghasil uap kering, dengan jalan memanaskan kembali uap dari *upper drum*, *front hidder tube*, *sight header tube* dan *rear header tube* berfungsi sebagai pipa penguapan air, dimana pipa-pipa tersebut langsung berhubungan dengan api, *screen water tube*/ *stag screen* berfungsi sebagai pelindung atau tirai dari *super heater tube*.

*Induced Draft Fan* (ID *Fan*) merupakan penyebab kedua terhadapa kerusakan boiler dengan nilai presentase sebesar 7,63% dan total *down time* sebesar 46,83 jam. Mesin *Induced Draft Fan* berfungsi untuk menghisap udara dan sisa pembakaran dalam ruang dapur, ID *Fan* berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh kerusakan beberapa komponen mesin ini seperti elmot, *ducting blower*, *contaktor*, dan *blok bearing* *shaft* sehingga membuat ID *Fan* tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik dan membutuhkan perbaikan yang berdampak pada *down time* pabrik.

*Conveyor* *distributing fuel* merupakan penyebab ke tiga terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase sebesar 5,05% dan *down time* sebesar 31,00 jam. *Conveyor distributing fuel* berfungsi sebagai *material handling* yang mendistribusikan *fuel* atau bahan bakar yang diterima dari *conveyor* bahan bakar dan membagikannya pada *boiler* yang beroperasi. Mesin ini berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh kerusakan komponen dari mesin ini yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*. Aktivitas pemanasan *boiler* merupakan penyebab ke empat down time yang disebabkan oleh boiler dengan nilai persentase sebesar 4,28% dan *down time* sebesar 25,67 jam, pemanasan *boiler* disebabkan oleh adanya perbaikan/ *maintenance* terhadap mesin *boiler* sehingga untuk dapat digunakan lagi membutuhkan pemanasan terlebih dahulu sebelum digunakan kembali untuk proses produksi. Adanya aktivitas pemanasan *boiler* menyebabkan *down time* bagi pabrik PT.PN II Kebun Arso.

*Fuel fan* merupakan penyebab lima terhadap kerusakan yang ada pada stasiun boiler dengan nilai persentase sebesar 3,48% dan *down time* sebesar 21,33 jam. *Fuel fan* berfungi untuk /meratakan/ menyebar bahan bakar yang dibagikan oleh *fuel distributing conveyor*. Penyebaran bahan bakar yang merata pada *furnance /* ruang pembakaran pada *boiler* berfungsi untuk mempercepat proses pembakaran bahan bakar, sehingga tekanan *boiler* dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai dengan spesifikasi. *Fuel fan* berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh kerusakan yang terjadi pada beberapa komponen dar mesin ini seperti *bearing As*, *blower* dan corong, kerusakan beberapa komponen dari mesin ini yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler.* Aktivitas *Fire up boiler* merupakan penyebab ke enam terhadap down time yang disebabkan oleh stasiun boiler dengan nilai presentasi 2,01% dan *down time* sebesar 12,33 jam. Aktivitas *fire up boiler* merupakan kegiatan untuk menyalakan api / menyiapkan *boiler* untuk digunakan pada proses produksi, adanya kegiatan *fire up* disebabkan oleh adanya perbaikan /*maintenance* terhadap mesin *boiler* sehingga untuk dapat digunakan lagi membutuhkan *fire up boiler* sebelum digunakan kembali. Adanya aktivitas *fire up boiler* menyebabkan *down time* bagi pabrik PT.PN II Kebun Arso.

Corong bahan bakar *boiler* merupakan penyebab ke tujuh terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase sebesar 1,95% dan *down time* sebesar 12,00 jam. Corong bahan bakar berfungsi untuk inlet bahan bakar yang dibawa oleh *fuel distributing conveyor*, Corong bahan bakar berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh kerusakan komponen yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*. Pendulum *boiler* merupakan penyebab ke delapan terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase sebesar 1,11% dan *down time* sebesar 6,83 jam. Pendulum *boiler* berfungsi untuk membagi bahan bakar yang masuk melalui *shell elevator* bahan bakar/ *conveyor* bahan bakar kemudian dibagikan ke *furnace* /ruang pembakaran *boiler*, pendulum berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh adanya kerusakan beberapa komponen dari mesin ini seperti corong dan plat *inlet* bahan bakar yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*.

*Force draft fan* (FD *Fan*) merupakan penyebab ke sembilan terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase 0,81% dan *down time* 5,00 jam. *Force draft fan* (FD *Fan*) berfungsi untuk mencegah bahan bakar menumpuk pada *fire grate* yang dilakukandengan cara menghembuskan udara melalui lubang-lubang yangterdapat pada lantai *fire grate*, *Force draft fan* (FD *Fan*) berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh adanya kerusakan beberapa komponen dari mesin ini seperti *blower* dan *contektor* yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*. Keran *blow down* merupakan penyebab ke sepuluh terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase 0,79% dan *down time* sebesar 4,83 jam. Keran *blow down (Blow down valve)* berfungsi untukuntuk pembuangan kotoran (*deposit*) yang terdapat dalam air *boiler* untuk kontrol parameternya sehingga tidak terjadi kerak (*scaling*) dalam *boiler.* *Blowdown* seharusnya dilakukan pada kondisi level air normal, keran *blow down (Blow down valve)* berpengaruh terhadap *down time* disebabkan oleh kerusakan komponen yang berdampak pada tingginya *down time* pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*. Dan *Chimney* (Cerobong asap) merupakan penyebab ke sebelas terhadap kerusakan yang ada pada *boiler* dengan nilai persentase 0,46% dan *down time* 2,83 jam. *Chimney* (Cerobong asap) berfungsi sebagai pembuangan akhir dari gas sisa pembakaran dan menurunkan temperatur gas panas dari dapur (1000°C) dibuang ke udara (250° C – 300° C), *Chimney* (Cerobong asap) berpengaruh terhadap *down time* karena terjadi kerusakan pada peralatan tersebut sehingga membutuhkan perbaikan yang menyebabkan timbulnya *down time* pada pabrik yang disebabkan oleh stasiun *boiler*.

1. Analisis Data Kerusakan *Boiler* Berdasarkan Lama Waktu *Down Time*

Hasil identifikasi dan analisis data stagnasi jenis kerusakan boiler berdasarkan lama waktu *down time* dan frekuensi kejadian dari masing-masing jenis kerusakan yang telah diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 4.2.**

Berdasarkan data jenis kerusakan dan lama waktu *down time* dari masing-masing jenis kerusakan diperoleh pada **Tabel 4.2**, menunjukkan bahwa jenis kerusakan pipa *boiler* merupakan jenis kerusakan dengan lama waktu *down time* tertinggi pertama yaitu sebesar 445,17 jam. Tingginya *down time* disebabkan oleh kejadian kebocoran pipa yang memiliki frekuensi kejadian yang terjadi secara berulang-ulang selama periode tahun 2018 frekuensi kerusakan pipa *boiler* bocor dan waktu reparasi (perbaikan) terjadi sebanyak 68 kali. Penyebab kebocoran pipa dipicuh oleh adanya kerak pada pipa-pipa *boiler* ( *generating tube*, *down comer tube*, *super heater tube*, *front hidder tube*, *sight header tube* dan *rear header tube* ) sehingga membuat pipa-pipa tersebut mengalami *overheating* kemudian bocor.

Tabel 4.2 Data kerusakan *boiler* berdasarkan lama waktu *down time* selama tahun 2018 di bulan Januri - Desember

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nomor | Jenis Kerusakan | Frekuensi | Lama Waktu *Down Time* (jam) |
| 1 | Pipa *Boiler* bocor | 68 | 445,17 |
| 2 | *Fuel distributing conveyor* | 7 | 31,00 |
| 3 | Elmot IDF Terbakar | 4 | 26,00 |
| 4 | Corong bahan bakar *boiler* tersumbat | 4 | 12,00 |
| 5 | *Blower Fuel Fan* getar | 2 | 9,67 |
| 6 | *Ducting Blower* ID *Fan* Putus | 2 | 8,00 |
| 7 | Corong *Fuel Fan* rusak | 2 | 7,67 |
| 8 | *Blok Bearing Shaft* ID *Fan* rusak | 2 | 6,00 |
| 9 | Contactor IDF terbakar | 1 | 5,83 |
| 10 | Kran *blow down* rusak | 1 | 4,83 |
| 11 | Corong Pendulum *Boiler* rusak | 1 | 3,83 |
| 12 | *Contektor* FDF Kontak | 1 | 3,00 |
| 13 | Plat *inlet* Pendulum *Boiler* | 1 | 3,00 |
| 14 | *Chimney* no 2 roboh | 1 | 2,83 |
| 15 | Blower FD *Fan* rusak | 1 | 2,00 |
| 16 | Panel ID *Fan* rusak | 1 | 1,00 |
| 17 | *Bearing As Fuel Fan* Pecah | 1 | 1,00 |

Sumber : PT. PN II Kebun Arso

Timbulnya kerak disebabkan oleh kelalaian operator dalam melakukan *blow down*, kesalahan ukuran penggunaan bahan kimia yang tidak sesuai ketentuan dan penyebab kebocoran pipa lainnya seperti umur komponen pipa yang melebihi *life time* dll.

Jenis kerusakan yang memiliki lama waktu *down time* tertinggi kedua yaitu *Fuel distributing Conveyor* rusak sebesar 31,00 jam tingginya *down time* mesin ini disebabkan oleh kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 7 kali. Penyebab kerusakan yaitu. Jenis kerusakan yang memiliki *down time* terbesar ketiga yaitu Elmot ID *Fan* terbakar dengan *down time* sebesar 26,00 jam, tingginya *down time* komponen mesin ini disebabkan oleh kejadian kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 4 kali. Penyebab terbakarnya elmot ID *Fan* ini yaitu *overheating* (pemanasan berlebih) dan kondisi elmot yang kotor dan lembab. Jenis kerusakan keempat yaitu corong bahan bakar tersumbat dengan *down time* sebesar 12,00 jam, tingginya *down time* pada komponen mesin *boiler* ini dipengaruhi oleh kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 4 kali, dan penyebab kerusakan corong bahan bakar ini yaitu distribusi bahan bakar yang tidak kontinyu.

Jenis kerusakan kelima yaitu *blower fuel fan* getar dengan *down time* sebesar 9,67 jam, tingginya total *down time* pada salah saatu komponen mesin *Fuel Fan* ini dipengaruhi oleh kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 2 kali dan penyebab kerusakan dari komponen ini yaitu *Unbalance* /pergeseran titik, Variasi Beban (*Overload*), *Mechanical looseness*, Gesekan, Masalah pada kelistrikan, kerusakan pada *bearing*, Masalah pada kelistrikan, kerusakan pada roda gigi. Jenis kerusakan yang ke enam yaitu *Ducting Blower* ID *Fan* putus dengan *down time* sebesar 8,00 jam, tingginya *down time* pada salah satu komponen mesin ID *Fan* ini dipengaruhi oleh kejadian kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi sebanyak 2 kali dan penyebab kerusakan pada komponen mesin ini yaitu adanya kebocoran pada *ducting blower.* Jenis kerusakan ke tujuh yaituCorong *Fuel Fan* rusak dengan down time 7,67 jam, tingginya *down time* pada komponen mesin fuel fan ini disebabkan oleh kejadian kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 2 kali dan disebabkan oleh Corong yang melengkung. Jenis kerusakan yang ke delapan yaitu *Blok Bearing Shaft* ID *Fan* rusak dengan *down time* 6,00 jam ,tingginya nilai *down time* komponen mesin ID *Fan* ini dipengaruhi oleh kejadian kerusakan yang terjadi secara berulang dengan frekuensi kejadian sebanyak 2 kali dan disebabkan oleh korosi, *overload* dan peraatan yang tidak tepat.

Jenis kerusakan yang kesembilan yaitu Contaktor ID *Fan* terbakar dengan *down time* 5,83 jam dengan frekuensi kejadian kerusakan sebanyak 1 kali dan penyebab kerusakan yaitu *Overload* dan skun kabel yang terputus. Jenis kerusakan yang kesepuluh yaitu kran *blow down* rusak dengan *down time* 4,83 jam dan frekuensi kejadian kerusakan 1 kali serta penyebab kerusakan yaitu adanya *scalling*/ kerak yang muncul pada kran *blow down*. Jenis kerusakan yang ke sebelas yaitu corong pendulum *boiler* rusak dengan *down time* 3,83 jam dan frekuensi kejadian kerusakan terjadi 1 kali serta penyebab kerusakan yaitu pendulum yang mengalami kerusakan. Jenis kerusakan yang ke dua belas ada 2 jenis kerusakan yang masing-masing memiliki *down time* yang sama yaitu 3,00 jam , 2 jenis kerusakan yaitu contektor FD *Fan* kontak dengan frekuensi kejadian 1 kali kerusakan dan penyebab kerusakan yaitu *contektor* rusak, yang kedua adalah jenis kerusakan *plat inlet* pendulum *boiler* rusak dengan frekuensi kerusakan 1 kali dan penyebab kerusakan yaitu *overheating* dan korosi. Jenis kerusakan yang ke tiga belas yaitu *Chimney* no 2 roboh dengan *down time* 2,83 jam dan frekuensi kerusakan 1 kali serta penyebab kerusakan yaitu adanya korosi. Jenis kerusakan yang ke empat belas yaitu *blower* FD Fan rusak dengan *down time* 2,00 jam dan frekuensi kerusakan 1 kali kerusakan dan penyebab kerusakan yaitu adanya kotoran, perawatan yang tidak tepat, *start* berlebihan. Jenis kerusakan yang ke lima belas ada 2 jenis kerusakan yang masing-masing memiliki *down time* 1,00 jam , 2 jenis kerusakan yaitu panel ID Fan rusak dengan frekuensi 1 kali dan penyebab kerusakan yaitu contektor rusak dan jenis kerusakan yang ke dua yaitu *Bearing AS* *Fuel Fan* pecah dengan frekuensi kerusakan 1 kali dan penyebab kerusakan pelumasan yang kurang tepat, teknik pemasangan yang kurang benar, kontaminasi benda asing (debu dll) dan *overload*.

1. Analisis Data FMEA (Failure Modes and Effect Analysis)
2. Identifikasi Resiko pada jenis kerusakan di stasiun *boiler*

Berdasarkan data analisis daftar resiko penyebab dan efek dari resiko yang muncul diperoleh beberapa resiko memiliki penyebab dan efek yang sama terhadap *down time* serta ada juga resiko yang memiliki penyebab sama efek berbeda dan penyebab berbeda efek yang ditimbulkan sama. daftar resiko penyebab dan dampak yang timbul dari resiko dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Pada resiko pipa *boiler* bocor dan keran *blow down* rusak memiliki salah satu penyebab kerusakan yang sama yaitu munculnya kerak pada kedua komponen mesin *boiler* ini sehingga menyebabkan kerusakan dan efek yang ditimbulkan pada masing-masing komponen yaitu mesin mengalami *down time* selama 3-5 hari yang menyebabkan kegagalan proses produksi, menimbulkan dampak kerusakan bagi komponen mesin lainnya seperti keruskan keran *blow down* merupakan penyebab munculnya kerak pada pipa *boiler* sehingga berdampak pada kebocoran pipa *boiler*, berhentinya operasional pabrik. Kemudian selanjutnya resiko lain yang memiliki penyebab dan efek yang sama yaitu, *bearing As fuel fan* pecah, *blower fuel fan* getar, corong *fuel fan* rusak, yang disebabkan oleh *overload*, teknik pemasangan kurang tepat dll, efek yang ditimbulkan yaitu mesin tidak dapat beroperasi lagi, selain itu daftar resiko lainnya yang memiliki penyebab yang sama seperti *chimney* no 2 roboh, plat *inlet* pendulum *boiler* rusak penyebab kerusakannya disebabkan oleh adanya korosi dan efek yang ditimbulkan pada masing-masing resiko yaitu terhentinya proses kerja pada mesin dan menyebabkan dampak kerusakan pada mesin lainnya. Resiko yang memiliki penyebab berbeda dan efek yang sama yaitu Elmot ID *Fan* terbakar disebabkan oleh *overheating* dll, contektor ID Fan rusak disebabkan oleh *overload* dll, panel ID Fan rusak disebabkan oleh contektor yang rusak, *blok bearing shaft* ID Fan rusak disebabkan oleh *overload* dan korosi, efek yang ditimbulkan sama yaitu mesin ID Fan dan sistem tidak dapat beroperasi sehingga terjadi *down time* pada pabrik

Tabel 4.3 Daftar resiko penyebab dan efek dari resiko kegagalan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Daftar Resiko | Kemungkinan Penyebab | Efek |
| Pipa *boiler* bocor | * Umur Komponen yang sudah melewati *life time* * Kesalahan penggunaan bahan kimia pada *water treatment*. * Jarang dilakukan *blow down*, * *Over heating* * Timbulnya *Scalling/*Kerak | * Mesin tidak dapat beroperasi selama 3-5 hari . * Kegagalan Proses Produksi. * Biaya Operasional tinggi |
| *Fuel Distributing Conveyor* rusak | * Korosi * Distribusi bahan bakar yang tidak kontinyu | * Terhambatnya proses distribusi bahan bakar dan mesin berhenti beroperasi. |
| Elmot IDF Terbakar | * *Overheating*. * Kotor * Lembab | * Mesin tidak dapat beroperasi selama beberapa jam * Berkurangnya jam kerja efektif. |
| *Ducting Blower* IDF Putus | * Adanya Kebocoran pada *ducting blower* | * *Blower* IDF tidak dapat beroperasi |
| Contactor IDF terbakar | * Pembebanan Ampere yang lebih tinggi. * Skun kabel terputus | * Terputusnya suplai arus listrik. * Motor penggerak memiliki beban yang lebih saat running * Sistem tidak dapat beroperasi. |
| Panel IDF Rusak | * Kerusakan pada contactor IDF | * Mesin ID Fan dan semua sistem terhenti. |
| *Blok Bearing Shaft* IDF rusak | * Perawatan yang tidak tepat. * *Overload* . * Korosi | * Mesin ID Fan dan semua sistem terhenti |
| Corong bahan bakar boiler tersumbat | * Bahan bakar yang tidak kontinyu | * Proses suply bahan bakar akan terhenti dan mesin tidak dapat beroperasi. |
| Contektor FDF Kontak | * *Contektor* rusak | * FDF rusak. |
| Blower FDF rusak | * Star berlebihan . * Adanya kotoran. * Perawatan yang tidak tepat | * FDF rusak * T idak adanya suplai udara sekunder ke ruang *furnace* untuk pembakaran |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tabel 4. 3 Daftar resiko penyebab dan efek dari resiko kegagalan (lanjutan) | | |
| Daftar Resiko | **Kemungkinan Penyebab** | **Efek** |
| Bearing As Fuel Fan Pecah | * Pelumasan yang kurang tepat. * Kelebihan beban . * Teknik pemasangan yang kurang benar. * Kontaminasi benda asing | * *Fuel Fan* rusak dan tidak dapat beroperasi. * Penyebaran bahan bakar yang tidak merata * Proses pembakaran bahan bakar menjadi lama dan boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai, * Kerusakan *blower*,sistem berhenti beroperasi. |
| Corong Fuel Fan rusak | * Corong Melengkung | * Fuel Fan rusak dan tidak dapat beroperasi. * Penyebaran bahan bakar yang tidak merata * Proses pembakaran bahan bakar menjadi lama dan * Boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai,sistem berhenti beroperasi |
| Blower Fuel Fan getar | * *Unbalance* /pergeseran titik. * Variasi Beban (*Overload*). * *Mechanical looseness*. * Gesekan . * Masalah pada kelistrikan . * Kerusakan pada bearing . * Kerusakan pada roda gigi | * Fuel Fan rusak dan tidak dapat beroperasi. * Penyebaran bahan bakar yang tidak merata. * Proses pembakaran bahan bakar menjadi lama dan boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai,sistem berhenti beroperasi |
| Kran *Blowdown* rusak | * *Scalling* / adanya kerak yang muncul pada keran blow down | * Terbentuknya *scalling*/kerak pada pipa uap sehingga pipa akan mengalami *overheating* lalu bocor. |
| Plat *inlet* Pendulum Boiler rusak | * Overheating. * Korosi | * Bahan bakar tidak dapat terbagi dan terdistribusikan secara kontinyu. |
| Corong Pendulum Boiler tersumbat | * Pendulum rusak | * Bahan bakar tidak dapat terbagi dan terdistribusikan secara kontinyu. |
| Chimney no 2 roboh | * Korosi | * Berhentinya proses pembuangan gas sisa pembakaran * Temperatur pada *furnace boiler* tidak dapat diturunkan dan dapat memicu *overheating* dan kerusakan mesin lainnya. |

Sumber: Kajian Penulis

Selain beberapa resiko yang telah disebutkan di atas resiko lainnya yang memiliki penyebab berbeda dan efek yang sama yaitu blower FD Fan rusak disebabkan oleh start, berlebihan, kontaminasi benda asing (debu) dll, dan *Contektor* FD *Fan* kontak disebabkan oleh *contektor* yang rusak. Resiko lainnya yaitu corong bahan bakar tersumbat disebabkan oleh distribusi bahan bakar yang tidak kontinyu efek yang ditimbulkan dari resiko ini yaitu Proses *suply* bahan bakar akan terhenti dan mesin tidak dapat beroperasi dan dampak dari adanya resiko ini yaitu terjadi *down time* pada proses produksi.

1. Penentuan Nilai *Detection*

Penentuan nilai *detection* ini diperoleh berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pihak-pihak yang dianggap expert di divisi pengolahan dan *maintenance* pada pabrik PT.PN II Kebun Arso. Pihak yang menjadi responden adalah Asisten Pengolahan dan Asisten *Maintenance*. Pemberian penilaian pada detection ini berdasrkan skala tabel detection menurut metode FMEA , yang dinilai berdasarkan kemampuan karyawan dalam mendeteksi jenis kerusakan berdasarkan perlakuan perawatan preventif. Rekapitulasi hasil penilaian *detection* oleh karyawan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Rekapitulasi penilaian detection untuk jenis kerusakan di stasiun *boiler*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Jenis Kerusakan | Nilai *Detection* |
| 1 | Pipa boiler bocor | 4 |
| 2 | *Blok bearing shaft* IDF rusak | 4 |
| 3 | Kran *blow down* rusak | 4 |
| 4 | *Bearing As FueL Fan* pecah | 4 |
| 5 | *Conveyor* distribusi fuel rusak | 3 |
| 6 | Elmot IDF terbakar | 3 |
| 7 | Corong bahan bakar tersumbat | 3 |
| 8 | Blower Fuel Fan Getar | 3 |
| 9 | *Ducting blower* IDF putus | 3 |
| 10 | Corong *Fuel Fan* rusak | 3 |
| 11 | *Contactor* IDF terbakar | 3 |
| 12 | Corong pendulum *boiler* rusak | 3 |
| 13 | Contektor FDF kontak | 3 |
| 14 | *Plat inlet* pendulum rusak | 3 |
| 15 | Blower FDF rusak | 3 |
| 16 | Panel IDF rusak | 3 |
| 17 | *Chimney* no 2 roboh | 2 |

Sumber : Kajian penulis

Berdasarkan data hasil penilaian *detection* yang diperoleh jenis kerusakan yang memiliki nilai *detection* 4 ada empat jenis yaitu *pipa boiler* bocor, *bearing As fuel fan* pecah, *blok bearing shaft* ID *Fan* danKran *blow down* rusak, dengan nilai detection 4 menunjukkan bahwa dua jenis kerusakan ini memiliki tingkat deteksi yang *Moderately High* yang berarti Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan “ *Moderately High*/ menengah keatas” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan dan tingkat perlakuan perawatan preventif yang dilakukan semakin tinggi serta membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang lama .Kemudian jenis kerusakan yang memiliki nilai *detection* 3 ada dua belas jenis kerusakan yaitu *distributing fuel Conveyor* rusak, Elmot IDF terbakar, Corong bahan bakar tersumbat, *Contactor* IDF terbakar, Corong pendulum *boiler* rusak, *Contektor* FDF kontak, *Plat inlet* pendulum rusak, Blower FDF rusak, Panel IDF rusak, Blower Fuel Fan Getar, *Ducting blower* IDF putus , Corong *Fuel Fan* rusak, dengan nilai *detection* 3 menunjukkan bahwa tiga belas jenis kerusakan ini memiliki tingkat deteksi yang “Tinggi” yang berarti Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan. Dan jenis kerusakan yang memiliki nilai *detection* 2 ada satu jenis yaitu *Chimney* no 2 roboh dengan nilai *detection* 2 menunjukkan bahwa jenis kerusakan ini memiliki tingkat deteksi yang “Sangat Tinggi” yang berarti Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan. Kendala yang dihadapi selama proses *maintenance*/ perawatan yaitu terkendalanya pada saat pemesanan suku cadang/sparepart yang membutuhkan modal besar, dan ketersediaan suku cadang/sparepart yang jauh dari lokasi pabrik yang harus didatangkan dari luar wilayah papua sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan perbaikan maupun penggantian suku cadang/maupun sparepart. Alasan dalam penentuan nilai *detection* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

1. Penentuan Nilai *Severity*,*Occurence*, *Detection* dan Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Setelah mengetahui komponen yang rusak atau mengalami kegagalan dan langkah selanjutnya menentukan nilai *Severity*, *Occurence*, *Detection*. Penentuan masing-masing nilai dilakukan melalui cara pengisian kuisioner, *brainstorming*, wawancara, dan pengolahan data stagnasi yang telah diperoleh. Perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number* ) adalah salah satu bagian penting dalam tahapan pembuatan FMEA untuk menentukan nilai prioritas resiko yang kritis dan segera harus dilakukan tindakan perawatan atau perbaikan dan prioritas dalam pelaksanaan tindakan *preventive.* Nilai *severity*, *occurence* dan *detection* dan RPN dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Nilai RPN (*Risk Priority Number* ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaaan sebagai berikut:

Berdasarkan data yang diperoleh pada penentuan *Severity*, *occurence* dan *detection* serta perhitungan *risk priority number* (RPN) hasil yang diperoleh untuk penentuan nilai *severity* ditentukan berdasarkan tingkat keparahan mode kegagalan yang terjadi dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan tersebut , nilai *occurence* ditentukan berdasarkan lama waktu *down time* dari masing-masing mode kegagalan yang terjadi serta penentuan nilai *detection* didasarkan pada tingkat deteksi operator terhadap kerusakan yang terjadi dan tingkat perawatan yang dilakukan (Marpaung, 2017) . Mode-mode kegagalan memiliki beberapa nilai *severity* (7,8,9) *occurence* (10,9,8,7,6,5) dan *detection* (2,3,4) sebagai berikut :

1. *Severity*
   1. Nilai *severity* paling tinggi sebesar 9 ada satu mode kegagalan yaitu pipa *boiler* bocor, dengan nilai *severity* 9 menunjukkan bahwa mode kegagalan ini memiliki tingkat *severity*/ keparahan yang “Berbahaya dengan peringatan” yang artinya kualitas dari mode kegagalan tersebut merupakan kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya. Alasan pemberian nilai *severity* 9 pada kebocoran pipa *boiler* karena kebocoran pipa *boiler* dapat menyebabkan *boiler* meledak.
   2. Mode kegagalan yang memiliki nilai *severity* / keparahan 8 ada dua belas mode kegagalan yaitu Elmot IDF terbakar, *ducting blower* IDF putus, *contaktor* IDF terbakar, Panel IDF rusak, *blok bearing* IDF rusak, corong bahan bakar tersumbat contektor FDF kontak , *blower* FDF rusak, corong *fuel fan* rusak , *blower* fuel fan getar, keran *blow down* rusak, *chimney* no 2 roboh dan *fuel distributing conveyor* rusak, dengan nilai severity/ keparahan 8 menunjukkan bahwa mode-mode kegagalan tersebut memiliki tingkat severity/ keparahan yang “Sangat Tinggi” yang artinya kualitas dari mode kegagalan tersebut menyebabkan Sistem tidak beroperasi.
   3. Kemudian yang terakhir mode kegagalan dengan nilai *severity*/keparahan 7 ada 3 mode kegagalan yaitu plat *inlet* pendulum *boiler* rusak, *bearing As fuel fan* pecah, dan corong pendulum *boiler* rusak, dengan nilai severity 7 menunjukkan bahwa mode-mode kegagalan tersebut memiliki tingkat severity / keparahan yang “Tinggi” yang artinya kualitas dari mode-mode kegagalan tersebut menyebabkan Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh.
2. *Occurrence*
   1. Data hasil penentuan *Occurence* untuk masing-masing mode kegagalan diperoleh mode kegagalan dengan nilai tertinggi adalah mode kegagalan pipa *boiler* bocor dengan nilai *occurence* 10, dengan nilai *occurence* 10 menunjukkan bahwa mode kegagalan ini memiliki tingkat keparahan Hampir selalu yang artinya kualitas dari mode kegagalan tersebut menyebebakan kerusakan selalu terjadi dengan tingkat kejadian kegagalan lebih dri 100 kali.
   2. Kemudian ada empat mode kegagalan yang menempati nilai *occurence* terbesar kedua yaitu *blower fuel fan* getar, *fuel distributing conveyor*, corong bahan bakar tersumbat, *ducting blower* IDF putus dengan nilai *occurence* sebesar 9 yang menunjukkan bahwa mode kegagalan ini memiliki tingkat *occurence* yang “Sangat Tinggi” yang artinya kualitas dari mode-mode kegagalan tersebut menyebabkan kerusakan yang terjadi sangat tinggi dengan tingkat kejadian kegagalan Lebih dari 8 jam *down time*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabel 4.5 Nilai Severity, Occurence, Detection dan RPN | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  | | |  |
| Nomor | Nama Item  Tabel 4.5 Nilai *Severity*, *Occurence*, *Detection* dan RPN | Mode Kegagalan | Efek Kegagalan | Rating | | | RPN |
| **Severity** | **Occurence** | **Detection** |
| 1 | Pipa Boiler | Pipa boiler bocor | * Mesin tidak dapat beroperasi selama 3-5 hari . * KegagalanProses Produksi. * Biaya Operasional tinggi . * Dapat menyebabkan boiler meledak | 9 | 10 | 4 | 360 |
| 2 | Induced Draft Fan (ID Fan) | Elmot IDF Terbakar | * Mesin tidak dapat beroperasi selama beberapa jam. * Berkurangnya jam kerja efektif | 8 | 9 | 3 | 216 |
| Ducting Blower IDF Putus | Blower IDF tidak dapat beroperasi | 8 | 9 | 3 | 216 |
| Contactor IDF terbakar | * Terputusnya suplai arus. * Motor penggerak memiliki beban yang lebih saat running. * Sistem tidak dapat beroperasi | 8 | 8 | 3 | 192 |
| Panel IDF rusak | Mesin ID Fan dan semua sistem terhenti | 8 | 5 | 3 | 120 |
| Blok Bearing Shaft IDF rusak | Mesin ID Fan dan semua sistem terhenti | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 3 | Corong Bahan Bakar | Corong bahan bakar boiler tersumbat | Proses suply bahan bakar akan terhenti dan mesin tidak dapat beroperasi. | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 4 | Force Draft Fan (FD Fan) | Contektor FDF Kontak | FDF rusak | 8 | 7 | 3 | 168 |
| Blower FDF rusak | FDF rusak dan tidak adanya suplai udara sekunder ke ruang furnace untuk pembakaran | 8 | 6 | 3 | 144 |
| 5 | Fuel Fan | Bearing As Fuel Fan Pecah | * Fuel Fan rusak dan tidak dapat beroperasi. * Penyebaran bahan bakar yang tidak merata. * Proses pembakaran bahan bakar menjadi lama dan. * Boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai. * Kerusakan blower,sistem berhenti beroperasi. | 7 | 6 | 4 | 168 |
| Corong Fuel Fan rusak | * Fuel Fan rusak dan tidak dapat beroperasi. * Penyebaran bahan bakar yang tidak merata  proses pembakaran bahan bakar menjadi lama dan * Boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai,sistem berhenti beroperasi | 8 | 8 | 3 | 192 |
| Blower Fuel Fan getar | * Fuel Fan rusak dan tidak dapat beroperasi- penyebaran bahan bakar yang tidak merata . * Proses pembakaran bahan bakar menjadi lama. * Boiler tidak dapat mencapai tekanan kerja yang sesuai,sistem berhenti beroperasi. | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 6 | Kran Blow down | Kran Blow down rusak | Terbentuknya scalling/kerak pada pipa uap dan pipa akan mengalami overheating lalu bocor. | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 7 | Pendulum Boiler | Plat inlet Pendulum Boiler rusak | Bahan bakar tidak dapat terbagi dan terdistribusikan secara kontinyu. | 7 | 7 | 3 | 147 |
| Corong Pendulum Boiler rusak | Bahan bakar tidak dapat terbagi dan terdistribusikan secara kontinyu. | 7 | 7 | 3 | 147 |
| 8 | Chimney | Chimney no 2 roboh | Berhentinya proses pembuangan gas sisa pembakaran . Temperatur pada furnace boiler tidak dapat diturunkan dan dapat memicu overheating dan kerusakan mesin lain | 8 | 7 | 2 | 112 |
| 9 | Fuel Distributing Conveyor | Fuel Distributing Conveyor rusak | Terhambatnya proses distribusi bahan bakar dan mesin berhenti beroperasi. | 8 | 9 | 3 | 216 |
|  | **Total** |  |  |  |  |  | 3342,00 |

Sumber : Kajian Penulis

* 1. Dan mode kegagalan yang memiliki nilai *occurence* terbesar ketiga ada empat mode kegagalan yaitu Keran *blow down* rusak, corong *fuel fan* rusak, *blok bearing* IDF rusak, *contaktor* IDF terbakar, dengan nilai occurence 8 yang menunjukkan bahwa mode-mode kegagalan tersebut memiliki tingkat *occurence* yang “Tinggi” yang artinya kualitas dari mode-mode kegagalan tersebut menyebabkan kerusakan yang terjadi tinggi dengan tingkat kejadian kegagalan 4-8 jam *down time*.
  2. Mode kegagalan yang memiliki nilai occurence terbesar ke empat ada empat mode kegagalan yaitu corong pendulum *boiler* rusak, *chimney* no 2 roboh, plat inlet pendulum boiler rusak, dan *contektor* FDF kontak dengan nilai *occurence* 7 menunjukkan bahwa mode-mode kegagalan ini memiliki tingkat *occurence* yang Agak Tinggi yang artinya kualitas dari mode-mode kegagalan tersebut menyebabkan Kerusakan yang terjadi agak tinggi dengan tingkat kejadian kegagalan 2-4 jam *down time*.
  3. Mode-mode kegagalan yang memiliki nilai *occurence* terbesar ke lima ada dua yaitu *Bearing As fuel fan* pecah dan *blower* FDF rusak dengan nilai *occurence* 6 yang menunjukkan bahwa mode-mode kegagalan ini memiliki tingkat *occurence* Medium yang artinya kualitas dari mode-mode kegagalan tersebut menyebabkan Kerusakan yang terjadi pada tingkat Medium dengan tingkat kejadian kegagalan 1-2 jam *down time*.
  4. Dan mode kegagalan yang terakhir memiliki nilai occurence 5 yaitu panel IDF putus yang menunjukkan bahwa tingkat *occurence* dari mode kegagalan ini Rendah yang artinya kualitas dari mode kegagalan ini menyebabkan Kerusakan yang terjadi pada tingkat masalah dengan tingkat kejadian kegagalan 30-60 menit *down time.*

1. *Detection*
2. Data hasil penentuan *Detection* untuk masing-masing mode kegagalan diperoleh mode kegagalan dengan nilai tertinggi adalah diperoleh jenis kerusakan yang memiliki nilai *detection* 4 ada empat jenis yaitu *pipa boiler* bocor , *bearing As fuel fan* pecah, *blok bearing shaft* ID *Fan* danKran *blow down* rusak, dengan nilai detection 4 menunjukkan bahwa dua jenis kerusakan ini memiliki tingkat deteksi yang *Moderately High* yang berarti Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan “ *Moderately High*/ menengah keatas” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
3. Kemudian mode kegagalan yang memiliki nilai *detection* 3 ada dua belas mode kegagalan yaitu *distributing fuel Conveyor* rusak, Elmot IDF terbakar, Corong bahan bakar tersumbat, *Contactor* IDF terbakar, Corong pendulum *boiler* rusak, *Contektor* FDF kontak, *Plat inlet* pendulum rusak, Blower FDF rusak, Panel IDF rusak , *Blower Fuel Fan* Getar, *Ducting blower* IDF putus, Corong *Fuel Fan* rusak, dengan nilai detection 3 menunjukkan bahwa dua belas mode kegagalan ini memiliki tingkat deteksi yang “Tinggi” yang berarti perawatan *preventive* memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
4. Dan mode kegagalan yang memiliki nilai *detection* 2 ada satu jenis yaitu *Chimney* no 2 roboh dengan nilai *detection* 2 menunjukkan bahwa mode kegagalan ini memiliki tingkat deteksi yang “Sangat Tinggi” yang berarti Perawatan *Preventive* memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

Berdasarkan daftar resiko yang telah diidentifikasi dan diketahui nilai RPN nya masing-masing dapat menentukan resiko kritis yang akan dijadikan prioritas untuk dilakukan tindakan perbaikan. Resiko kritis tersebut akan dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi munculnya resiko-resiko tersebut dan alternatif solusi yang tepat dan sesuai untuk menangani resiko-resiko kegagalan tersebut. Suatu resiko dapat digolongkan sebagai resiko kritis jika resiko tersebut memiliki nilai RPN lebih besar dari batas titik kritis. Nilai batas titik kritis diperoleh dari rata-rata nilai RPN semua resiko.

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA diperoleh 8 resiko kritis. Nilai RPN dari ke 8 resiko kritis tersebut berada di atas 196,59 yang merupakan nilai kritis RPN.

Tabel 4.6 Daftar Resiko Kritis

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nomor | Daftar Resiko | S | O | D | RPN |
| 1 | Pipa *boiler* bocor | 9 | 10 | 4 | 360 |
| 2 | Keran *Blow down* rusak | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 3 | *Blok bearing shaft* IDF *rusak* | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 4 | *Ducting blower* IDF *putus* | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 5 | Corong bahan bakar *boiler* tersumbat | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 6 | *Blower Fuel Fan* getar | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 7 | Elmot IDF terbakar | 8 | 9 | 3 | 216 |
| 8 | *Fuel Distribution Conveyor* rusak | 8 | 9 | 3 | 216 |

Sumber : Kajian Penulis

Berdasarkan hasil perhitungan RPN yang terdapat pada **Tabel 4.6** menunjukkan bahwa yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu pipa *boiler* bocor dengan nilai RPN sebesar 360, yang artinya resiko pipa *boiler* bocor merupakan resiko kritis yang paling prioritas dan harus dilakukan tindakan perawatan atau pencegahan terhadap mode kegagalan tersebut. Jika tidak segera ditangani dengan melakukan perawatan preventif, korektif dan prediktif, akan berdampak pada kinerja perusahaan yang meliputi tingginya angka stagnasi perusahaan, berkurangnya profit perusahaan, tingginya biaya operasional, serta meningkatnya angka kecelakaan kerja yang terjadi. Resiko yang memiliki nilai RPN terbesar ke dua terdiri dari 2 resiko yaitu *Blok bearing* shaft ID Fan rusak dan Keran *blow down* rusak dengan nilai RPN sebesar 256, yang jika tidak di atasi akan berdampak pada kerusakan komponen mesin lainnya serta sistem secara keseluruhan tidak dapat beroperasi, seperti pipa *boiler* bocor disebabkan karena adanya kerak pada dinding pipa, adanya kerak merupakan dampak dari tidak dilakukan *blow down* yang teratur sehingga menyebabkan terjadi *down time*. Dan nilai RPN ketiga sebesar 216 diperoleh dari beberapa jenis resiko antara lain Elmot ID Fan terbakar, *Ducting Blower* ID *Fan* putus, Corong bahan bakar tersumbat, *Blower Fuel Fan* getar dan *Fuel distribution conveyor*. Berdasarkan **Tabel** **4.6** dapat disimpulkan bahwa yang memiliki nilai resiko prioritas dari RPN adalah pipa *boiler* bocor.

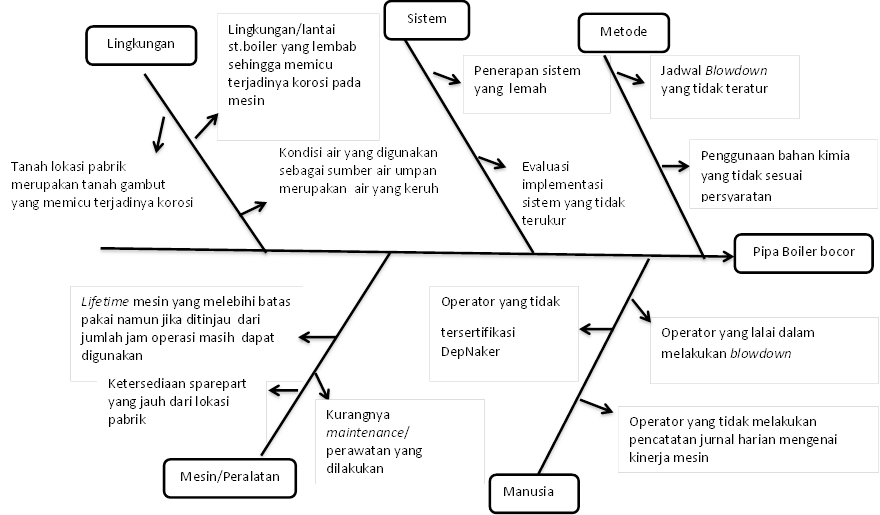
1. Analisis Data Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Pada Boiler

Berdasarkan data hasil pengamatan dilapangan dan hasil data **Tabel 4.6** menunjukkan bahwa pipa *boiler* bocor merupakan penyebab kerusakan paling signifikan berpengaruh pada kinerja *boiler*. Dengan mnggunakan analisis *fishbone diagram* diperoleh 5 faktor penyebab kerusakan pada pipa *boiler* bocor yang tejadi di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso. Faktor-faktor tersebut meliputi manusia, mesin, metode, lingkungan dan sistem. Analisis Faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan pada pipa *boiler* bocor dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

Faktor-faktor penyebab kerusakan pipa boiler bocor berdasarkan 5 kategori :

* + 1. **Manusia (*Man*)**

Penyebab kegagalan/kerusakan yang terjadi pada pipa boiler yang disebabkan oleh kesalahan manusia (*Human error*) yaitu ketidak disiplinan operator dalam melakukan pencatatan jurnal harian mengenai kinerja mesin, kelalaian operator dalam melakukan *blow down* terhadap *boiler*, dan operator yang tidak tersertifikasi DepNaker. Faktor ketidak disiplinan operator yang tidak melakukan pencatatan jurnal harian mengenai mesin *boiler* mengakibatkan tidak adanya evaluasi dari pihak karyawan pimpinan (Masinis Kepala/ Kepala Pabrik) terhadap kondisi dan kinerja mesin, sehingga tidak dilakukan perawatan prediktif terhadap mesin *boiler*. Selain itu faktor kelalaian operator yang tidak melakukan *blow down* sesuai ketentuan SOP saat *boiler* beroperasi mengakibatkan timbulnya kerak pada dinding pipa *boiler*  yang menyebabkan terjadi *overheating* sehingga berdampak pada kebocoran pipa *boiler*, faktor lainnya yaitu operator stasiun *boiler* yang belum mengikuti pelatihan sebagai operator *boiler* yang disertifikasi oleh Departemen Tenaga Kerja (Depnaker). Solusi alternatif yang diusulkan pada faktor penyebab kerusakan yang disebabkan oleh kelalaian operator yaitu membuat ketentuan punishment yang ditujukan bagi operator yang tidak melakukan pencatatan log sheet/jurnal harian kinerja mesin, dan membuat penjadwalan *blow down* yang teratur setiap 2 jam sekali atau sesuai ketentuan produsen pembuat mesin *boiler* yang digunakan, hal ini sesuai dengan Sugiarto (2016) yang menyatakan bahwa untuk langkah pengaturan dan pengoperasian *blow down* dilakukan sesuai dengan prosedur hasil pemeriksaan dari air umpan boiler di laboratorium. Bila hasil pemeriksaan air umpan menunjukkan bahwa total solid tinggi maka dilakukan *blow down* setiap 2 jam sekali (atau sesuai dengan aturan masing-masing pabrikan pembuat). Serta alternatif solusi lainnya yaitu memberikan pelatihan kepada operator *boiler* sesuai dengan kualifikasi kerja operator *boiler* menurut Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) No 248 tahun 2016 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Barang, Logam, Bukan Mesin dan Peralatannya Bidang Operasi Boiler.



Gambar 4. 4  *Fishbone diagram* identifikasi faktor penyebab kerusakan pipa *boiler* bocor

* + 1. **Metode (*Method*)**

Berdasarkan kategori metode faktor-faktor penyebab kerusakan yang disebabkan oleh metode yang digunakan terdiri dari penggunaan bahan kimia yang tidak sesuai dengan norma/ketentuan SOP yang telah ditetapkan. Adanya kesalahan dalam penggunaan bahan kimia menyebabkan munculnya kerak dan terjadi *overheating* sehingga terjadi kegagalan/kerusakan pada pipa *boiler*. Selain faktor kesalahan penggunaan bahan kimia terdapat faktor lainnya berupa jadwal *blow down* yang tidak teratur menyebabkan munculnya kerak dan terjadi *overheating* sehingga terjadi kegagalan/kerusakan pada pipa *boiler.* Alternatif solusi yang diusulkan pada faktor penyebab kerusakan yang disebabkan oleh metode yang digunakan yaitu membuat ketentuan dan melakukan standar takaran penggunaan bahan kimia sesuai dengan ketentuan penggunaan bahan kimia pada *water treatment* sesuai dengan ketentuan menurut buku panduan teknis pengolahan kelapa sawit PT.PN II yang dimana khusus untuk PT.PN II Kebun Arso Penggunaan *soda ash* 70-90 ppm untuk menurunkan pH dan jumlah penggunaannya tergantung hasil analisa dari laboratorium, untuk melakukan regenerasi menggunakan H2SO4 yang diberikan sekitar 20-40 gr/liter resin, sedangkan NaOH (caustic soda) digunakan sekitar 60-120 gr/ltr resin. Waktu yang dibutuhkan untuk regenerasi 3-4 jam (Buku saku Teknis Pengolahan Kelapa Sawit PT.PN II, 2012). Membuat jadwal *blow down* sesuai dengan hasil uji sampel air dari *water treatmen* pada laboratorium (Sugiharto, 2016).

* + 1. **Mesin *(Machine)***

Berdasarkan kategori mesin faktor-faktor penyebab kerusakan/kegagalan *boiler* yang disebabkan oleh mesin yaitu kurangnya *maintenance*/perawatan yang dilakukan terhadap mesin sehingga menimbulkan adanya kerusakan/kegagalan mesin yang berdampak pada *down time* pabrik, selain faktor tersebut terdapat faktor penyebab lainnya yaitu *life time* mesin yang melebihi batas pakai, namun jika ditinjau dari jumlah jam operasi mesin mesin tersebut masih dapat digunakan. Solusi alternatif yang diusulkan pada faktor penyebab kerusakan yang disebabkan oleh mesin yaitu melakukan perawatan preventif secara berkala mulai dari perawatan harian, mingguan, bulanan, quarterly dan tahunan, prediktif selama mesin beroperasi dan membuat log sheet/laporan harian mengenai kinerja mesin untuk dapat dilakukan evaluasi serta dapat memprediksi jenis kerusakan yang akan terjadi serta perencanaan penjadwalan perawatan. Melakukan perawatan korektif pada saat mesin beroperasi.

* + 1. **Lingkungan (*Environment*)**

Berdasarkan kategori lingkungan yang menjadi faktor penyebab kerusakan terdiri dari kondisi air yang digunakan sebagai sumber air umpan merupakan air sungai yang keruh dan berkualitas rendah sehingga adanya kotoran-kotoran terlarut yang mengendap pada pipa *boiler* dan membentuk endapan berupa kerak (*scalling*) dan memicuh terjadinya *overheating* yang berdampak pada kerusakan pipa *boiler* bocor. Selain faktor tersebut terdapat faktor lainnya yang memicuh kerusakan pipa *boiler* bocor yaitu lingkungan/lantai stasiun *boiler* yang lembab yang dapat memicu terjadinya korosi pada mesin sehinggga berdampak pada kerusakan mesin. Faktor penyebab kerusakan ke dua yaitu tanah yang digunakan untuk lokasi pendirian pabrik merupakan lokasi yang merupakan lahan tanah gambut yang dimana tanah gambut memiliki nilai derajat keasaman (pH) asam yang dapat memicu timbulnya korosi pada mesin dan peralatan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lestari *et al* (2018) bahwa tanah gambut merupakan tanah yang berasal dari dekomposisi bahan organik sehingga memiliki pH tanah yang asam sehingga dapat memicu korosi pada logam. Solusi alternatif yang ditawarkan pada faktor penyebab kerusakan ini yaitu menjaga kebersihan lantai stasiun kerja dari adanya genangan air, debu, melakukan pelapisan (*Coating*) dengan cara melapisi mesin dan peralatan menggunakan zat/bahan inhibitor korosi seperti oli/gemuk, cat yang mengandung seng dan timbel dll (Ir. Rus Indiyanto, 2012).

* + 1. **Sistem (*System*)**

Berdasarkan kategori sistem terdapat beberapa faktor penyebab seperti penerapan sistem yang lemah, hal ini ditunjukkan dengan operator lalai dalam menerapkan SOP yang telah ditetapkan seperti tidak melakukan pencatatan jurnal harian mengenai kinerja mesin saat mesin beroperasi. Dan faktor penyebab lainnya yaitu evaluasi implementasi sistem yang tidak terukur. Penyebab dari tidak adanya evaluasi terhadap implementasi sistem yang tidak terukur yaitu dengan adanya operator yang tidak melakukan pencatatan jurnal harian mengenai kinerja mesin sehingga tidak adanya evaluasi yang dilakukan oleh pihak karyawan pimpinan (Masinis kepala). Alternatif solusi yang diusulkan yaitu perlu adanya perbaikan dalam penerapan sistem berupa pelaksanaan operasional pabrik sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) dan mengukur implementasi sistem dengan melakukan evaluasi terhadap pelaksanaan proses produksi sesuai SOP.

Berdasarkan uraian faktor-faktor penyebab kerusakan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap kerusakan pipa *boiler* bocor yaitu Manusia yang disebabkan oleh kelalaian manusia dalam mengoperasikan mesin seperti lalai dalam melakukan *blow down*, basis penggunaan bahan kimia yang tidak sesuaidengan standar. Hal ini sesuai dengan Ardian (2009) yang menyatakan bahwa manusia adalah sumber masalah. Mesin tidak pernah menciptakan masalah, tetapi manusia yang menggunakan mesin dan membiarkannya rusak merupakan penyebab gangguan dan masalah. Contohnya adalah lalai menambah minyak pelumas atau lupa mengencangkan baut yang kendor bahkan tidak pernah membersihkan mesin yang kotor. Hal inilah yang menyebabkan mesin menjadi makin using, tua serta berkurang penampilan kerjanya.

1. Alternatif Solusi Perbaikan Kinerja Mesin Boiler

Kerusakan yang terjadi pada sistem *boiler* berdampak pada kinerja perusahaan meliputi terjadinya kegagalan proses produksi, berkurangnya jam efektif operasi pabrik, meningkatnya biaya operasional, berkurangnya kapasitas produksi, berkurangnya pemasukan/profit perusahaan. Resiko dari tidak adanya perbaikan memberikan dampak buruk berupa meningkatnya jumlah kecelakaan kerja, Perusahaan akan mengalami kerugian dll.

Berdasarkan data **Tabel 4.7** Terdapat beberapa alternatif solusi yang diusulkan berupa perawatan preventif, perawatan korektif dan perawatan prediktif. Adapun perawatan preventif yang diusulkan yaitu melakukan *Blow down* yang teratur setiap 2 jam sekali atau sesuai dengan hasil pengujian dari laboratorium untuk mencegah timbulnya kerak pada dinding pipa yang menyebabkan penipisan pada lapisan pipa sehingga mengalami *overheating* dan terjadi kebocoran pipa (Sugiharto, 2016), menggunakan bahan kimia anti kerak yang sesuai dengan norma pada SOP pengolahan *water treatment* menurut buku saku teknis pengolahan PT.PN II yaitu penggunaan soda abu untuk PT.PN II Kebun Arso berkisar sekitar 70-90 ppm untuk menurunkan pH dan jumlah penggunaannya tergantung hasil analisa dari laboratorium, untuk melakukan regenerasi pada *water treatment* menggunakan H2S04 yang diberikan sekitar 20-40 gr/liter resin, sedangkan NaOH (*caustic soda*) digunakan sekitar 60-120 gr/ltr resin. Waktu yang dibutuhkan untuk regenerasi 3-4 jam (PT. Perkebunan Nusantara II, 2012). Aktivitas preventif lainnya berupa inspeksi atau pemeriksaan yang dilakukan pada bagian luar maupun bagian dalam mesin secara visual maupun menggunakan alat bantu terhadap mesin-mesin secara teratur setiap hari selama mesin beroperasi untuk mendeteksi adanya perubahan yang terjadi berupa suara kebisingan yang lebih kencang, adanya getaran,timbulnya korosi dll. Melakukan kalibrasi untuk mendeteksi atau menyesuaikan setiap perbedaan akurasi untuk setiap komponen mesin dan motor elektrik, Melakukan pengujian secara berkala yang bertujuan untuk menentukan batas umur penggunaan komponen mesin dan mendeteksi kerusakan yang terjadi, Melakukan service berupa penggantian komponen mesin seperti bearing, roda gigi setiap 3 bulan sekali, melakukan pembersihan, pelumasan/penggantian pelumas setiap seminggu sekali, hal ini sesuai dengan pernyataan Dhillon B.S, (2006) dalam Pardosi (2018) yang menyatakan bahwa perawatan pencegahan atau preventif *maintenance* antara lain: Inspeksi: memeriksa secara berkala (*periodic*) bagian-bagian tertentu untuk dapat dipakai dengan membandingkan fisiknya, mesin, listrik, dan karakteristik lain untuk standar yang pasti; Kalibrasi: mendeteksi dan menyesuaikan setiap perbedaan dalam akurasi untuk material atau parameter perbandingan untuk standar yang pasti; pengujian secara berkala (*periodic*) untuk dapat menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan mesin dan listrik; *Servicing:* pelumasan secara periodik, pengisian, pembersihan, dan seterusnya, bahan atau barang untuk mencegah terjadinya dari kegagalan baru terjadi.

Tabel 4.7 Daftar alternatif solusi

|  |  |
| --- | --- |
| Kategori *Maintenance* | Alternatif Solusi |
| Preventif *Maintenance* | * Melakukan *blow down* yang teratur setiap 2 jam sekali/berdasarkan hasil uji air dari laboratorium. |
| * Menggunakan bahan kimia anti kerak yang sesuai dengan norma pada *water treatmen*t. |
| * Melakukan inspeksi/pemeriksaan bagian luar dan dalam secara visual maupun menggunakan alat bantu terhadap mesin-mesin secara teratur setiap hari selama mesin beroperasi. |
| * Melakukan kalibrasi untuk mendeteksi atau menyesuaikan setiap perbedaan akurasi untuk setiap komponen mesin dan motor elektrik. |
| * Melakukan pengujian secara berkala yang bertujuan untuk menentukan batas umur penggunaan komponen mesin dan mendeteksi kerusakan yang terjadi. |
| * Melakukan service berupa penggantian komponen mesin seperti bearing, roda gigi setiap 3 bulan sekali, melakukan pembersihan, pelumasan/penggantian pelumas setiap seminggu sekali. |
| * Membuat perencanaan dan penjadwalan perawatan harian, mingguan, bulanan,3 bulanan, 6 bulanan dan tahunan. |
| * Melakukan Pencatatan dan Analisis terhadap jenis kerusakan yang terjadi disetiap komponen mesin |
| * Melakukan Pelatihan bagi keryawan maintenance/teknisi. |
| * Melakukan penyimpanan stok suku cadang/sparepart. |

Sumber: Kajian Penulis

.

**Tabel 4.7** Daftar alternatif solusi (Lanjutan)

|  |  |
| --- | --- |
| **Kategori *Maintenance*** | **Alternatif Solusi** |
| Korektif *Maintenance* | * Melakukan reparasi/perbaikan terhadap mesin dan komponen mesin yang mengalami kerusakan. |
| * Melakukan overhaul secara periodik baik minor overhaul maupun mayor overhaul. |
| Prediktif *Maintenance* | * Melakukan Monitoring terhadap adanya vibrasi yang terjadi pada mesin dan komponennya |
| * Melakukan monitoring Emisi akustik untuk mendeteksi adanya keretakan, kebocoran yang terjadi pada pipa *boiler* |
| * Melakukan analisis minyak pelumas terhadap kontaminasi zat lain berupa debu,kotoran yang dapat memicu kerusakan pada bearing, roda gigi dan komponen mesin lainnya. |
| * Melakukan Analisis Partikel- partikel yang dapat menyebabkan keausan pada komponen mesin |

Sumber: Kajian Penulis

Selain aktivitas tersebut, aktivitas preventif lainnya yaitu membuat perencanaan dan penjadwalan perawatan harian, mingguan, bulanan, 3 bulanan, 6 bulanan dan tahunan, melakukan pencatatan dan analisis terhadap jenis kerusakan yang terjadi disetiap komponen mesin, melakukan Pelatihan bagi keryawan maintenance/teknisi, Melakukan penyimpanan stok suku cadang/sparepart. Hal ini sesuai dengan Ardian (2009) yang menyatakan bahwa Pekerjaan-pekerjaan dasar pada perawatan preventif adalah: inspeksi, pelumasan, perencanaan dan penjadwalan, pencatatan dan analisis, latihan bagi tenaga perawatan, serta penyimpanan suku cadang.

Perawatan korektif yang diusulkan sebagai alternatif solusi yaitu melakukan reparasi/perbaikan terhadap mesin dan komponen mesin yang mengalami kerusakan dan melakukan *overhaul* secara periodik baik *minor overhaul* maupun *mayor* *overhaul*. Hal ini sesuai dengan Corder et al ( 1992) di dalam Pardosi (2018) yang menyatakan bahwa pemeliharaan secara korektif (*corrective maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan secara berulang atau pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima.Pemeliharaan ini meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana

jangka pendek, yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, juga *overhaul*

terencana.

Perawatan prediktif yang diusulkan sebagai alternatif solusi yaitu melakukan monitoring terhadap adanya vibrasi yang terjadi pada mesin dan komponennya, melakukan monitoring emisi akustik untuk mendeteksi adanya keretakan, kebocoran yang terjadi pada pipa *boiler*, melakukan analisis minyak pelumas terhadap kontaminasi zat lain berupa debu, kotoran yang dapat memicu kerusakan pada bering, roda gigi dan komponen mesin lainnya, serta melakukan analisis partikel- partikel yang dapat menyebabkan keausan pada komponen mesin. Hal ini sesuai dengan Pardosi (2018) yang menyatakan bahwa *Predictive maintenance* adalah perawatan yang dilakukan berdasarkan kondisi terkini suatu mesin atau sistem. Komponen mesin yang rusak atau di indikasikan akan segera rusak segera diganti. Perawatan prediktif dapat mengoptimalkan keandalan sistem dan menghemat inventaris suku cadang karena tidak semua suku cadang komponen harus disediakan. Kerusakan yang terjadi dalam sebuah mesin selalu

memberikan tanda atau gejala dalam bentuk getaran parameter lainnya.

Beberapa macam teknik pemeliharaan prediktif, antara lain: Monitoring vibrasi (*vibrasion monitoring*) adalah teknik yang paling efektif untuk mendeteksi pada *rotating machinery;* Emisi akustik (*acoustic emission*) dapat digunakan untuk mendeteksi, mencari, dan memonitori secara kontinyu adanya keretakan dalam suatu struktur dan dalam pipa; Analisis minyak (*oil analysis*) yaitu minyak pelumas di analisis dan terjadinya keberadaan satu partikel tertentu di dalam cairan fluida tersebut dapat di kaitkan dengan kondisi kerusakan pada bantalan (*bearing*) dan pada gigi (*gears*); Analis partikel (*particle analysis*) Keausan komponen mesin, baik pada *reciprocating machinry, gear box,* atau indikator hidrolik dapat menyebabkan adanya partikel-partikel ini dapat memberikan informasi penting tentang adanya kerusakan pada suatu komponen.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

# BAB V

# PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil analisis *fishbone* diagram terdapat 5 faktor penyebab kerusakan dan penurunan kinerja *boiler.* 5 faktor meliputi manusia, metode, mesin dan peralatan, lingkungan dan sistem. Faktor pertama yaitu manusia dimana pengaruh kelalaian operator dalam melakukan *blow down* dan tidak melakukan pencatatan log sheet/jurnal harian mengenai kinerja mesin serta operator yang tidak tersertifikasi DepNaker. Faktor yang kedua yaitu metode berupa jadwal *blow down* yang tidak teratur, penggunaan bahan kimia yang tidak sesuai basis yang ditentukan dalam SOP. Faktor ketiga yaitu mesin dan peralatan berupa kurangnya *maintenance*/perawatan yang dilakukan, ketersediaan sparepart yang jauh dari lokasi pabrik, dan *life time* mesin yang melebihi dari batas pakai namun jika ditinjau dari jumlah jam operasi mesin tersebut masih dapat digunakan. Kemudian faktor yang keempat yaitu faktor lingkungan berupa lingkungan lantai stasiun *boiler* yang lembab sehingga memicu terjadinya korosi pada mesin, tanah lokasi pabrik merupakan tanah gambut yang memiliki pH asam sehingga memicu terjadinya korosi, kondisi air yang digunakan sebagai sumber air umpan merupakan air yang keruh. Faktor yang ke lima yaitu sistem berupa penerapan sistem yang lemah dan evaluasi implementasi sistem yang tidak terukur.
2. Berdasarkan hasil analisis pareto diketahui bahwa stasiun penyebab *down time* terbesar adalah stasiun *boiler* dengan nilai presentase sebesar 66,83% dengan total *down time* 577,33 jam dalam periode selama satu tahun. Dan komponen mesin *boiler* yang teridentifikasi mengalami kegagalan secara berulang yaitu pipa *boiler* yang mengalami kebocoran dengan presentase sebesar 72,52% dengan total *down time* 445,17 jam dengan frekuensi *breakdown* sebanyak 68 kali dalam periode satu tahun.
3. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan FMEA diperoleh 8 resiko kritis dengan nilai RPN tertinggi dari 17 resiko yang teridentifikasi meliputi pipa *boiler* bocor, *Blok bearing shaft* IDF rusak, Keran *blow down* rusak, elmot IDF terbakar, corong bahan bakar tersumbat, *blower fuel fan* getar, dan *fuel distribution conveyor* rusak.
4. Alternatif solusi yang diusulkan yaitu berupa perawatan preventif, perawatan korektif serta perawatan prediktif. Perawatan preventif dilakukan dengan cara melakukan inspeksi/pemeriksaan bagian luar dan dalam mesin secara periodik, melakukan kalibrasi, melakukan pengujian secara berkala, melakukan service berupa penggantian komponen, pembersihan mesin dan peralatan, pelumasan/pengggantian pelumas, membuat perencanaan dan penjadwalan perawatan secara berkala, melakukan pencatatan dan analisis terhadap kerusakan mesin yang terjadi, serta memberikan pelatihan bagi karyawan *maintenance*/teknisi dan melakukan penyimpanan stok suku cadang/sparepart. Untuk perawatan korektif berupa melakukan reparasi/perbaikan terhadap mesin dan komponen mesin yang mengalami kerusakan dan melakukan *overhaul* secara periodik baik minor overhaul maupun mayor *overhaul*. Adapun perawatan prediktif yang diusulkan berupa melakukan monitoring terhadap adanya vibrasi yang terjadi pada mesin dan komponennya, melakukan monitoring emisi akustik untuk mendeteksi adanya keretakan, kebocoran yang terjadi pada pipa *boiler*, Melakukan analisis minyak pelumas terhadap kontaminasi zat lain berupa debu, kotoran yang dapat memicu kerusakan, melakukan analisis partikel- partikel yang dapat menyebabkan keausan pada komponen mesin, melakukan pemantauan terhadap korosi, dengan melapisi permukaan mesin dan peralatan dengan cat, gemuk, oli dll.
5. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Berdasarkan hasil analisis *fishbone* diagram ditemukan 5 faktor penyebab kerusakan sehingga perlu adanya tindakan pencegahan dan perbaikan dalam pengelolaan sistem produksi di Perusahaan PT. PN II Kebun Arso untuk mengurangi terjadinya kerusakan mesin dan komponennya yang disebabkan oleh faktor yang sama maupun munculnya faktor penyebab kerusakan yang baru.
2. Sesuai dengan hasil analisis FMEA yang menunjukkan bahwa stasiun *boiler* dengan komponen yang sering mengalami kerusakan secara berulang yaitu pipa *boiler* bocor merupakan penyumbang *down time* terbesar pada kegagalan proses produksi sehingga perlu adanya perawatan yang lebih intensif yang dilakukan perusahaan pada stasiun ini untuk mencegah timbulnya kerusakan yang sama selama proses produksi.
3. Untuk mencegah terjadinya kerusakan dan *down time* yang berdampak pada kegagalan proses produksi pabrik perlu dilakukan perawatan yang lengkap yaitu perawatan preventif/pencegahan, perawatan prediktif/atau deteksi dini dan juga perawatan korektif untuk memperbaiki, mengganti mesin dan komponennya yang rusak.
4. Diharapkan peneliti selanjutnya agar dapat melakukan analisis alternatif solusi menggunakan metode Analytical Network Process (ANP) untuk mengetahui alternatif solusi yang menjadi prioritas untuk diterapkan pada jenis kerusakan yang terjadi di perusahaan.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

# DAFTAR PUSTAKA

Ardian, A. (2009). Handout Perawatan dan Perbaikan Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.

Fahrizal. (2014). Analisis Availibility Kinerja Boiler Pada PT. Rohul Sawit Indah. *Teknik Mesin Universitas Pasir Pangaraian* , 173-182.

Ir. Rus Indiyanto, M. (2012). *Diktat Pengantar Pengetahuan Bahan Teknik.* Surabaya: Universitas Veteran Surabaya Jawa Timur.

Lestari, A., Hastuti, E. D., & Haryanti, S. (2018). Pengaruh Kombinasi Pupuk NPK dan Pengapuran pada Tanah Gambut Rawa Pening terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (Lycopersicon esculentum Mill).

Marpaung, A. R. (2017). Analisa Kontribusi Kegagalan Sterilizer Terhadap Stagnasi Di Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 45 Ton Menggunakan Failure Modes And Effect Analysis (FMEA). *Skripsi*.

Pahan. (2008). *Kelapa Sawit.* Jakarta: Penebar Swadaya.

Panjaitan, A. S. (2018). Metode Overallequipment Effectivenee (OEE), Failure Modes And Effect Analysis (FMEA), Reliability Block Diagram (RBD) Untuk Memetakan Efektivitas Produksi Di PT. Perkebunan Nusantara IV - Adolina . *Skripsi*.

Pardosi, A. (2018). Predictive Maintenance pada Feed Water Pump dengan Kapasitas 1574 M/Jam di PT Toba Pulp Lestari, TBK. *Skripsi*.

PT. Perkebunan Nusantara II. (2012). *Buku Saku Panduan Mekanisme Pabrik Kelapa Sawit PT. PN II.* Medan.

S., K. M. (2010). Analisa Dan Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pada PT. Kabelindo Murni, TBK. *Skripsi*.

Sihombing, A. J. (2018). Analisa Dan Rekayasa Produktivitas Proses Produksi Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Efektivitas Kerja Boiler Di PTPN III PKS Sei Mangkei. *Skripsi*.

Slameto, & Susiyanto. (2015). Penggunaan Analisis Diagram Tulang Ikan Untuk Pengembangan Mutu Sekolah. *Laporan Akhir Bidang Pendidikan* .

Sugiharto, A. (2016). Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan Boiler. *Forum Teknologi*, 56-68.

Susanto, A. D. (2017). Kajian Peningkatan Keandalan Mesin Boiler Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Industri Manufacture Shock Absorber Di Cikarang. *Operations Excelence*.

# LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuisioner Penelitian

Bapak/ ibu yang saya hormati,

Saya mahasiswi semester akhir pada Departemen Teknologi Industri Pertanian, Universitas Internasional Semen Indonesia. Sehubungan dengan penyusunan skripsi, yang saya lakukan sebagai syarat kelulusan, maka pada kesempatan ini saya bermaksud untuk melakukan survei dan memohon bantuan serta kesediaan bapak/ ibu meluangkan waktu sejenak untuk mengisi kuisioner berikut ini. Kuisioner ini terdiri dari data pribadi dan daftar pertanyaan.

Jawablah setiap pertanyaan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Dalam hal ini tidak ada jawaban yang benar atau salah sehingga bapak/ ibu tidak perlu merasa ragu dalam mengisinya. Identitas dan kerahasiaan jawaban bapa/ibu akan terjaga dengan baik. Kejujuran serta kelengkapan jawaban bapak/ ibu dalam mengisi kuisioner ini sangat saya hargai. Atas bantuan dan kerja samanya, saya ucapkan terimakasih.

Hormat saya,

Peneliti

Orpa Yakarimilena - 2041510029

**Data Pribadi Responden**

Berilah **tanda checklist** (√) pada tempat yang telah disediakan disamping pilihan jawabanyang sesuai dengan keadaan bapa/ibu.

1. Nama : .............................................................................................................................
2. Jenis Kelamin : ( ) Pria ( ) Wanita
3. Usia : ............................ tahun
4. Jabatan saat ini : .................................................................................................... .....
5. Pendidikan Terakhir :

( ) SMA/ SMK/ SMP/SD (lingkari yang sesuai) ( ) Diploma 1/2/3 ( ) S1

1. Status Marital : ( ) Sudah Menikah ( ) Belum Menikah
2. Masa Kerja di Perusahaan ini :

( ) Kurang dari 1 tahun ( ) 1-5 tahun ( ) lebih dari 5 tahun : ........tahun

**Petunjuk Pengisian Kuisioner**

1. Kuisioner ini terdiri dari 9 pertanyaan berupa soal essai (uraian) :
2. Bacalah setiap pertanyaan dengan baik dan teliti .
3. Isilah pertanyaan di bawah ini sesuai dengan jawaban yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

**DAFTAR PERTANYAAN**

1. Apakah anda memahami cara operasional mesin boiler ?

1. Apakah *job desk* yang anda terima dan kerjakan sesuai dengan kompetensi yang anda miliki ?

1. Apakah anda memahami bagaimana penanganan mesin boiler ?

1. Jika terjadi kerusakan boiler hal apa saja yang anda lakukan pertama kali ?

1. Apakah anda memahami mengenai tindakan preventif dan tindakan korektif ?

1. Apa saja Upaya maintenance/ perawatan yang telah dilakukan ?

1. Apa saja jenis-jenis kerusakan pada boiler yang muncul ?

1. Apa saja faktor-faktor penyebab kerusakan pada boiler ?

1. Apabila terjadi kerusakan pada mesin boiler, apakah berdampak pada proses operasional pabrik ? jika berdampak apakah dampak dari kerusakan boiler berupa :
2. Terhambatnya proses produksi
3. Berkurangnya kapasitas produksi
4. Lainnya

Lampiran 2. Data Jenis Kerusakan pada setiap stasiun beserta frekuensi kerusakan dan lama waktu *down time*.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nama Stasiun** | **Jenis Kerusakan** | **Down Time (Jam)** | **Frekuensi** |
| Stasiun Boiler | Pipa Boiler Bocor | 445,17 | 68 |
| Conveyor Distribusi Fuel | 31,00 | 7 |
| Elmot IDF Terbakar | 26,00 | 4 |
| Pemanasan boiler | 25,67 | 5 |
| Fire Up Boiler | 12,33 | 3 |
| Corong bahan bakar boiler tersumbat | 12,00 | 4 |
| Blower Fuel Fan getar | 9,67 | 2 |
| Ducting Blower IDF Putus | 8,00 | 2 |
| Corong Fuel Fan rusak | 7,67 | 2 |
| Blok Bearing Shaft IDF rusak | 6,00 | 2 |
| Contactor IDF terbakar | 5,83 | 1 |
| Kran blow down rusak | 4,83 | 1 |
| Corong Pendulum Boiler rusak | 3,83 | 1 |
| Contektor FDF Kontak | 3,00 | 1 |
| Fire Up Fuel Fan | 3,00 | 1 |
| Plat inlet Pendulum Boiler rusak | 3,00 | 1 |
| Chimney no 2 roboh | 2,83 | 1 |
| Blower FDF rusak | 2,00 | 1 |
| Panel IDF rusak | 1,00 | 1 |
| Bearing As Fuel Fan Pecah | 1,00 | 1 |
| Stasiun Thresher | As Bantingan Putus | 15,00 | 2 |
| Jari-jari bantingan patah | 13,67 | 7 |
| Rantai Automatic feeder Putus | 13,67 | 4 |
| Rantai Scrapper conveyor slip | 10,83 | 4 |
| Rantai Empty Bunch Conveyor putus | 10,00 | 2 |
| Rantai EBC No 2 putus dan slip | 9,83 | 5 |
| Daun Automatic feeder Putus | 6,83 | 1 |
| Gearbox pinion elevator aus | 6,00 | 1 |
| Rantai EBC No 1 putus dan slip | 5,00 | 2 |
| Elmot tuang hoisting crane terbakar | 4,83 | 2 |
| Rantai Empty Bunch Conveyor putus | 4,00 | 1 |
| Kopling Gearbox scrapper conveyor Pecah | 4,00 | 1 |
| Disk breake Elmot hoising crane Aus | 3,00 | 1 |
| Wire rope Hoisting crane Putus | 3,00 | 1 |
| Panel Hoisting crane kontak | 3,00 | 1 |
| Rantai scrapper conveyor putus | 2,83 | 1 |
| Rantai Scrapper conveyor slip | 2,83 | 1 |
| Elmot scrapper conveyor terbakar | 2,00 | 1 |
| Contaktor hoisting crane Kontak | 2,00 | 1 |
| Hoisting Crane rusak | 1,83 | 1 |
| Panel Automatic feeder rusak | 1,83 | 1 |
| AS conveyor under thresher putus | 1,00 | 1 |
| Horizontal Rantai EBC slip | 1,00 | 1 |
| Stasiun Pressan | Elmot Elevator terbakar | 9,67 | 2 |
| Elmot Digester No 4 terbakar | 3,83 | 1 |
| As pressan no 2 putus | 3,83 | 1 |
| Gearbox timbah buah rusak | 3,50 | 1 |
| As Fruit distribution conveyor putus | 3,00 | 1 |
| Gearbox elevator no 2 rusak | 3,00 | 1 |
| Coupling Gearbox elevator rusak | 2,00 | 1 |
| Rantai Elevator putus | 2,00 | 1 |
| Pressan No 1 & 2 rusak | 1,83 | 1 |
| Elmot fruit distribution conveyor terbakar | 1,00 | 1 |
| Stasiun Sterilizer | Jembatan rebusan rusak | 13,00 | 1 |
| Pompa Condensate rebusan rusak | 7,00 | 1 |
| lori jatuh di pintu masuk rebusan | 4,00 | 1 |
| lantai rebusan banjir | 3,83 | 1 |
| lori jatuh di jembatan rebusan | 3,00 | 2 |
| Lori jatuh di pintu keluar rebusan no 1 | 1,50 | 1 |
| Stasiun Kernel | Elmot Cake breaker conveyor terbakar | 10,00 | 2 |
| Pen/as Cake breaker conveyor putus | 6,67 | 5 |
| Hunger bearing Cake breaker conveyor rusak | 6,00 | 1 |
| Bearing blower pnewmatic nut transport pecah | 4,00 | 1 |
| Rantai airlock fibre cyclone putus | 1,83 | 1 |
| Elmot polishing drum terbakar | 1,83 | 1 |
| Blower pnewmatic nut transport getar | 1,00 | 1 |
| As pnewmatic nut transport putus | 1,00 | 1 |
| Stasiun Water Treatmen | Area Pompa Sungai longsor | 9,83 | 1 |
| Instalasi pipa pompa sungai rusak | 9,83 | 1 |
| Pondasi rumah pompa sungai erosi | 4,00 | 1 |
| Elmot pompa domestik terbakar | 3,83 | 1 |
| Pompa sungai dan waduk rusak | 3,83 | 1 |
| Stasiun Pembangkit | Speed Control actuator diesel rusak | 4,00 | 1 |
| Pompa diesel rusak | 4,00 | 1 |
| Spring handle trip turbin putus | 2,83 | 1 |
| Pompa elektrik tidak berfungsi | 2,00 | 1 |
| Turbin over speet | 1,00 | 1 |
| Stasiun Penerimaan | Tunggu TBS dari lapangan | 9,00 | 14 |
| Stasiun Pemurnian | Pompa Crude Oil rusak | 7,00 | 1 |

Lampiran 3. Tabel Standar Penentuan Nilai Detection

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Jenis Kerusakan** | **Nilai *Detection*** | **Alasan pemberian nilai** |
| 1 | Pipa boiler bocor | 4 | Kerusakan mudah terlihat ditandai dengan adanya kerak |
| 2 | *Blok bearing shaft* IDF rusak | 4 | Kerusakan mudah di deteksi dengan adanya bunyi bising, getaran dll |
| 3 | Kran *blow down* rusak | 4 | Kerusakan mudah terlihat |
| 4 | *Bearing As FueL Fan* pecah | 4 | Kerusakan mudah terlihat |
| 5 | *Conveyor* distribusi fuel rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 6 | Elmot IDF terbakar | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 7 | Corong bahan bakar tersumbat | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 8 | Blower Fuel Fan Getar | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 9 | *Ducting blower* IDF putus | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 10 | Corong *Fuel Fan* rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 11 | *Contactor* IDF terbakar | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 12 | Corong pendulum *boiler* rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 13 | Contektor FDF kontak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 14 | *Plat inlet* pendulum rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 15 | Blower FDF rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 16 | Panel IDF rusak | 3 | Kerusakan mudah terlihat |
| 17 | *Chimney* no 2 roboh | 2 | Kerusakan mudah terlihat ditandai dengan munculnya karat pada permukaan peralatan |

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

# BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Tablanusu tepat pada tanggal 28 Juli 1997. Merupakan anak keempat dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh beberapa pendidikan formal yakni; SD YPK Tablanusu, SMP Negeri 1 Depapre dan SMA YPK Diaspora Jayapura. Pada tahun 2015 pasca kelulusan SMA, penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri dan Agroindusri (FTIA) Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan Nomor Induk Mahasiswa (NIM) 2041510029. Penulis minat di bidang Proses, Manajemen, dan Human Capital. Penulis dapat dihubungi melalui email orpa.yakarimilena15@uisi.ac.id.