

**TUGAS AKHIR**

**3 TAHUN AVAILABILITY KINERJA BOILER PADA PKS SUMATERA  
MAKMUR LESTARI SEI PEJANGKI KAB. INHU RIAU**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



*Disusun Oleh :*

**REDHA MIADI MARETTA**

**17.331.0672**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2022**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**3 TAHUN AVAILABILITY KINERJA BOILER  
PADA PKS SUMATERA MAKMUR LESTARI SEI PEJANGKI,  
KAB INHU RIAU**

Disusun Oleh :

**REDHA MIADI MARETTA**  
**NPM : 173310672**

Disetujui Oleh :



**Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.D.**  
**Dosen Pembimbing**

**Tanggal : 04 Agustus 2022**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

3 TAHUN AVAILABILITY KINERJA BOILER  
PADA PKS SUMATERA MAKMUR LESTARI SEI PEJANGKI,  
KAB INHU RIAU

Disusun Oleh :

**REDHA MIADI MARETTA**

**NPM : 173310672**

Disetujui :

**PEMBIMBING**

**Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.D.**

**NIDN. 1009038504**

**PENGUJI I**

**PENGUJI II**



**Ir. Irwan Anwar, M.T.**  
**NIDN. 0027075901**



**Reiza Zulrian Aldio, B.Eng., M.Sc.**  
**NIDN. 1002129301**

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**



**JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., PhD**  
**NIDN. 1009038504**

## SURAT PERSYARATAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Redha Miadi Maretta  
NPM : 173310672  
Fakultas/Prodi : Teknik/ Program Studi Teknik Mesin  
Judul TA : 3 Tahun *Availability* Kinerja Boiler pada PKS Sumatera  
Makmur Lestari Sei Pejangki, Kab INHU Riau

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil dari pemikiran, penelitian dan pemaparan asli dari karya saya sendiri, baik dari isi laporan maupun data-data yang tertera merupakan bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya tuli milik orang lain, maka saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di daftar Pustaka.

Surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam surat pernyataan ini, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan ketentuan Universitas Islam Riau.

Perpustakaan Universitas Islam Riau  
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pekanbaru, Agustus 2022



Redha Miadi Maretta  
17.331.0672

# 3 YEARS OF BOILER PERFORMANCE AVAILABILITY AT POM SUMATERA MAKMUR LESTARI SEI PEJANGKI KAB. RIAU INHU

**Redha Miadi Maretta, Jhonni Rahman**

Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Jl. Kharuddin Nasution, Km. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : [redhamm@student.uir.ac.id](mailto:redhamm@student.uir.ac.id)

## ABSTRAK

*Boiler* merupakan bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. *Steam* yang dihasilkan selanjutnya dipakai sebagai penggerak utama dalam menjalankan mesin – mesin produksi kelapa sawit. penelitian ini bertujuan untuk menghitung *availability* kinerja *boiler* agar dapat mengetahui kondisi pengoperasian komponen mesin, sehingga proses produksi berjalan dengan maksimal dan terhindar dari kasus kerusakan yang tidak diinginkan. Metode yang tepat untuk mengukur kinerja mesin dan mengevaluasi tingkat ketersediaan yaitu metode analisis matematis, metode ini digunakan untuk menghitung nilai ketersediaan, tingkat kegagalan suatu komponen mesin. Dari hasil data 3 tahun pemakaian ketersediaan komponen mesin *boiler* pada PKS Sumatera Makmur Lestari memperoleh rate kategori prestasi perusahaan dari nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebesar 90,8% pada tahun 2019, 87,7% pada tahun 2020, dan 89,7% pada tahun 2021. Dari hasil 3 tahun tersebut kualitas pemeliharaan sudah termasuk pada golongan yang baik, walaupun persentase yang diperoleh mengalami penurunan, maka system perawatan harus lebih ditingkatkan agar memperoleh golongan rate kategori world class dengan persentase 99%.

**Kata kunci :** *Availability, boiler, Overall Equipment Effectiveness, Perawatan*

### **3 TAHUN AVAILABILITY KINERJA BOILER PADA PKS SUMATERA MAKMUR LESTARI SEI PEJANGKI KAB. INHU RIAU**

**Redha Miadi Maretta, Jhonni Rahman**

*Mechanical Engineering Riau Islamic University*

*Jl. Kharuddin Nasution, Km. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru*

*Email : [redhamm@student.uir.ac.id](mailto:redhamm@student.uir.ac.id)*

#### **ABSTRACT**

*Boiler is a cover used to produce steam. The steam produced is then used as the main driver in running the palm oil production machines. This study aims to calculate the availability of boiler performance in order to know the operating conditions of engine components, so that the production process runs optimally and avoids unwanted bad conditions. The right method to measure machine performance and availability is the mathematical analysis method, this method is to calculate the availability, failure rate of a component component. From the results of 3 years of data on the use of the availability of boiler components at the Sumatra Makmur Lestari PKS, the company's achievement category level of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) value of 90.8% in 2019, 87.7% in 2020, and 89.7% in 2021. From the results of these 3 years, the quality of maintenance is included in the good category, although some of it has decreased, the maintenance system must be further improved so that the level of the world class category increases with a percentage of 99%.*

**Keywords:** *Availability, boiler, Overall Equipment Effectiveness, Maintenance.*

## KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهِ بِسْمِ

*Assalamu'alaikum Warahmatuallahi Wabarakatuh.*

Puji syukur saya ucapkan ata kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan proposal tugas sarjana yang berjudul '3 Tahun Availability Kinerja Boiler pada PKS Sumatera Makmur Lestari Sei Pejangki, Kab.Inhu Riau' dengan baik. Salawat serta salam saya haturkan untuk Nabi Agung Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan hingga ke zaman yang penuh dengan cahaya.

Proposal tugas sarjana ini merupakan salah satu persyaratan wajib dikerjakan oleh Mahasiswa Teknik Mesin dan merupakan dan merupakan persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

Pada kesempatan ini saya banyak mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mensupport saya dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana ini, terutama kepada :

1. Ke-dua Orang Tua saya, yang telah memberikan dukungan dan mendoakan saya sepenuh hati dalam penyelesaian proposal tugas sarjana ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD. Selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng. Selaku sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
5. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD. Selaku pembimbing proposal tugas sarjana.
6. Bapak dan Ibu Dosen tenaga pengajar Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
7. Rekan – rekan Mahasiswa yang ikut membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian proposal tugas sarjana ini.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dan kelemahan penulisan proposal tugas sarjana ini, penulisa mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun untuk dapat membantu menyempurnakan proposal tugas sarjana ini. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih dan semoga proposal ini dapat memberikan manfaat dan tambahan wawasan ilmu bagi pembacanya.

***Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Sejarah Ketel Uap.....	5
2.2. Pengertian Boiler.....	6
2.3. Klasifikasi Boiler.....	7
2.3.1. Berdasarkan fluida yang mengalir didalam pipa.....	7
2.3.2. Berdasarkan pemakaiannya.....	9
2.3.3. Berdasarkan letak dapur.....	10
2.3.4. Menurut jumlah lorong.....	10
2.3.5. Tergantung pada poros tutup drum.....	10
2.3.6. Menurut bentuk letak pipa.....	10
2.3.7. Menurut system peredaran air ketel.....	11
2.3.8. Berdasarkan sumber panasnya untuk pembuatan uap.....	11
2.3.9. Berdasarkan tekanannya.....	11
2.3.10. Berdasarkan tempat pemakaian.....	11
2.4. Prinsip Kerja Boiler.....	12
2.5. Uap (Steam).....	13
2.6. Proses Pembentukan Uap.....	13

2.7. Komponen Utama Boiler .....	14
2.7.1. Steam drum .....	14
2.7.2. Mud drum.....	15
2.7.3. Economizer .....	15
2.7.4. Ruang pembakaran ( <i>furnace</i> ).....	16
2.7.5. Boiler tube.....	16
2.7.6. Force draft fan.....	18
2.7.7. Cerobong.....	18
2.7.8. Burner .....	18
2.8. Perawatan.....	19
2.8.1. Tujuan perawatan.....	20
2.8.2. Jenis – jenis perawatan.....	20
2.8.3. Bentuk – bentuk perawatan.....	22
2.9. Konsep <i>Breakdown</i> dan <i>Downtime</i> .....	23
2.10. Efektifitas Sistem .....	24
2.11. Keandalan ( <i>Reliability</i> ) .....	25
2.12. Pemeliharaan ( <i>Maintainability</i> ) .....	26
2.13. Ketersediaan ( <i>Availability</i> ).....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	32
3.2. Rangkaian Kegiatan.....	33
3.2.1. Identifikasi Masalah.....	34
3.2.2. Metode Pengumpulan Data.....	34
3.2.3. Pengolahan Data .....	35
3.2.4. Hasil dan Pembahasan .....	36
3.3. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1. Equivalent <i>Availability</i> Factor (EAF).....	37
4.2. Kinerja <i>Boiler</i> .....	43
4.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>60</b>

5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	63
<b>LAMPIRAN</b> .....	65



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 a. sirkulasi alamiah.....	6
Gambar 2.2 b. sirkulasi paksa .....	7
Gambar 2.3 ketel pipa api ( <i>fire tube boiler</i> ).....	8
Gambar 2.4 Ketel pipa air ( <i>water tube boiler</i> ).....	8
Gambar 2.5 Ketel stasioner ( <i>stationary boiler</i> ).....	9
Gambar 2.6 Ketel mobil ( <i>mobile boiler</i> ).....	9
Gambar 2.7 Skema kerja <i>boiler</i> .....	12
Gambar 2.9 Grafik pembentukan uap .....	14
Gambar 2.10. Steam Drum .....	14
Gambar 2.11. Aliran economizer.....	15
Gambar 2.12. Economizer.....	16
Gambar 2.13. Riser tube.....	17
Gambar 2.14. Superheated .....	17
Gambar 2.15. Cerobong .....	18
Gambar 2.16. Burner.....	19
Gambar 2.17 Diagram Sistem <i>Maintenance</i> .....	22
Gambar 3.1 PKS Sumatera Makmur Lestari .....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4.1 Kurva hasil Equivalent Availability Factor (EAF) .....	40
Gambar 4.2 Kurva hasil Derated selama 3 Tahun .....	41
Gambar 4.3 Kurva hasil Produk dengan derated selama 3 tahun .....	43
Gambar 4.4 Kurva hasil Capacity Factor (CF) selama 3 tahun .....	45
Gambar 4.5 Kurva hasil Plant Outage Factor (POF) selama 3 tahun .....	47
Gambar 4.6 Kurva hasil Availability Factor (OAF) selama 3 tahun .....	49
Gambar 4.7 Kurva hasil Output Factor (OF) selama 3 tahun .....	51
Gambar 4.8 Kurva hasil Service factor (SF) selama 3 tahun.....	53
Gambar 4.9 Kurva hasil Performance Rate selama 3 tahun.....	55
Gambar 4.10 Kurva hasil Quality rate selama 3 tahun .....	57
Gambar 4.11 Kurva hasil Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 jadwal Kegiatan Penelitian.....	36
Tabel 4.1 Data kinerja <i>Boiler</i> .....	37
Tabel 4.2 Data aktivitas <i>Boiler</i> .....	48
Tabel 4.3 Data hasil Equivalent Availability Factor (EAF) selama 3 tahun.....	40
Tabel 4.4 Data hasil Derated selama 3 tahun .....	41
Tabel 4.5 Data hasil Produk dengan derated selama 3 tahun.....	42
Tabel 4.6 Data – data Kinerja Boiler .....	44
Tabel 4.7 Data hasil Capacity Factor (CF) selama 3 tahun.....	45
Tabel 4.8 Data hasil Plant Outage Factor (POF) selama 3 tahun.....	47
Tabel 4.9 Data hasil Operating Availability Factor (OAF) selama 3 tahun.....	49
Tabel 4.10 Data hasil Output Factor (OF) selama 3 tahun .....	51
Tabel 4.11 Data hasil Service factor (SF) selama 3 tahun .....	52
Tabel 4.12 Data hasil Performance Rate selama 3 tahun .....	55
Tabel 4.13 Data hasil Quality Rate selama 3 tahun .....	56
Tabel 4.14 Data hasil Overall Equipment Effectiveness (OEE) 3 tahun .....	58

## DAFTAR NOTASI

AH	:Available Hours, jumlah jam siap di operasikan.
CAP	:Consistency Availability Partition Tolerance, jumlah setiap jam/waktu yang diterima dengan respon non eror.
CF	:Capacity factor, Merupakan perbandingan antara jumlah waktu tertentu pada kegiatan produksi terhadap kemampuan komponen mesin dari system keandalan.
Derated	:Turunnya tingkat produksi akibat kondisi operasi yang tidak normal.
EAF	:Equivalent Availability Factor, merupakan factor kesiapan suatu komponen mesin.
FDH	:Forced Derated Hours, jumlah jam selama derating paksa.
OAF	:Operating Availability Factor, Merupakan faktor kegiatan operasi suatu komponen mesin dalam kondisi sesuai dengan yang ditugaskan.
OEE	:Overall Equipment Efectivness, yaitu kategori indeks prestasi mesin.
OF	:Output Factor, merupakan rasio jumlah suatu kompoen yang beroperasi dalam kondisi yang sesuai dengan yang ditugaskan.
Performance Rate	:Merupakan pengukuran seberapa efektif komponen yang digunakan.
PH	:Periode Hours, jumlah jam operasi.
POF	:Plant Outage Factor, merupakan rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu.
POH	:Planned Outage Hours, jumlah jam yang hilang karena outage terencana.
Quality Rate	:Merupakan pengukuran efektivitas proses manufaktur sebagai pengeliminasi <i>scrap</i> , <i>rework</i> , dan <i>yield loss</i> .

- SF :Service Factor, merupakan penghitungan jumlah kegiatan perbaikan dari perbandingan antara waktu sebenarnya dengan waktu yang sudah ditentukan.
- SH :Service Hours, jumlah jam operasi baik dalam keadaan normal maupun derating.
- Temporary derating :Jumlah penurunan sementara.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara sumber penghasil minyak kelapa sawit terbesar didunia dan menjadi andalan bagi perekonomian, sebagai salah satu sumber penghasil devisa dari ekspor pada sector pertanian. Maka dari itu untuk mendukung kelancaran pengolahan kelapa sawit dibutuhkan mesin-mesin produksi yang mampu bekerja dengan efektif. Salah satu mesin produksi yang memiliki peranan penting dalam pengolahan buah kelapa sawit adalah *boiler*.

*Boiler* merupakan bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. *Steam* yang dihasilkan selanjutnya dipakai sebagai penggerak utama dalam menjalankan mesin – mesin produksi kelapa sawit. Air jika dipanaskan sampai menjadi *steam*, akan meningkatkan tekanan menjadi 1.600 kali lipat. Tenaga yang dihasilkan tersebut setara dengan bubuk mesiu yang mudah meledak, *boiler* digunakan sebagai penggerak mekanik utama pada berbagai mesin. Oleh karena itu, *boiler* harus dirawat, dikelola, dan dioperasikan dengan baik. (Amin, 2014).

Untuk mendukung kelancaran proses produksi di industri kelapa sawit, kegiatan perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) mesin dan peralatan merupakan hal yang sangat penting di pabrik kelapa sawit (Nugroho, 2019). Setiap mesin membutuhkan perawatan dan pemeliharaan meskipun mesin tersebut sudah dirancang dengan sangat baik. Hal ini diperlukan agar mesin bisa bertahan atau beroperasi sesuai kinerja yang diharapkan (Ngadiyono, 2010). Kegiatan perawatan dilakukan untuk menjamin fasilitas mesin atau peralatan yang digunakan agar selalu dalam kondisi siap pakai sehingga mampu untuk memperoleh hasil yang maksimal.

Penilaian pemeliharaan suatu komponen mesin yang beroperasi juga berpusatkan pada *availability* suatu mesin. *Availability* didefinisikan kemampuan suatu mesin/peralatan yang digunakan dapat berfungsi atau beroperasi sesuai dengan kinerja yang diharapkan oleh Charles E. Ebeling (1997).

PKS Sumatera Makmur Lestari yang berdiri pada tahun 2019 berkapasitas 45.000 kg/jam, berlokasi di Sei Pejangki Kecamatan Seberida Kabupaten Indragiri Hulu-Riau. PKS ini menggunakan *boiler Mackenzie* buatan Malaysia. Untuk mendukung hasil yang optimal dan terhindar dari gangguan seperti kasus kerusakan yang tidak direncanakan pada proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi CPO di PKS Sumatera Makmur Lestari maka analisis *availability* sangat berguna, Hal ini mendukung untuk dilakukannya penelitian yang bertemakan tentang *availability* kinerja *boiler* di PKS Sumatera Makmur Lestari pada kondisi awal pemakaian (2019), dengan kondisi pada saat sekarang (2021).

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi *availability* kinerja *boiler* di PKS Sumatera Makmur Lestari pada saat sekarang.
2. Bagaimana perbandingan *availability* kinerja *boiler* di PKS Sumatera Makmur Lestari pada kondisi awal pemakaian (2019), dengan kondisi pada saat sekarang (2021).
3. Bagaimana perubahan pada kinerja *boiler* untuk 3 tahun pemakaian.
4. Bagaimana pengaruh perawatan mesin terhadap *availability*.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan kondisi *availability* kinerja *boiler* pada PKS Sumatera Makmur Lestari pada saat sekarang.
2. Untuk mengetahui perbandingan *availability* kinerja *boiler* di PKS Sumatera Makmur Lestari pada kondisi awal pemakaian (2019), dengan kondisi pada saat sekarang (2021).
3. Untuk mengetahui perubahan pada kinerja *boiler* dalam 3 tahun pemakaian.
4. Untuk mengetahui pengaruh perawatan mesin terhadap *availability*.

#### 1.4. Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk memperjelas suatu penelitian agar dapat di bahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari :

1. Penelitian dilaksanakan di PKS Sumatera Makmur Lestari di Desa Pejangki Kab. Inhu Riau.
2. Bahan bakar yang digunakan *fibre an shell*.
3. *Boiler* yang digunakan *Mackenzie* buatan Malaysia dengan kapasitas 45.000 kg/jam.
4. Data kinerja *boiler* selama 3 tahun.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan untuk dilakukannya penelitian sebagai berikut :

1. Bagi peneliti
  - a. Sebagai pengaplikasikan teori perawatan *maintenance* yang diperoleh dari perkuliahan dan pengetahuan yang didapatkan dari hasil penelitian lapangan.
  - b. Untuk dapat mengembangkan dan mengaplikasikan pengalaman yang diperoleh sebagai bahan pertimbangan untuk tugas akhir.
2. Bagi perusahaan
  - a. Perusahaan mendapatkan referensi terbaru tentang manajemen perawatan mesin selain metode yang digunakan sebagai sarana meminimalisir kegagalan pada komponen mesin.
3. Bagi universitas
  - a. Membimbing kerja sama yang baik di lingkungan akademis dengan lingkungan kerja.
  - b. Sebagai referensi terbaru oleh mahasiswa untuk bahan studi dan sebagai bahan pertimbangan bagi mahasiswa untuk mengerjakan tugas akhir.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Pada sistematika penulisan ini terdapat 3 bab garis besar dalam pengajuan proposal tugas akhir yang dijelaskan sebagai berikut :

### **BAB I Pendahuluan**

pada bagian pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Pada bab tinjauan pustaka ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian analisis *avaibility boiler* dan rumus-rumus yang digunakan.

### **BAB III Metodologi Penelitian**

Pada bab ini menjelaskan tentang diagram alir penelitian, waktu dan tempat penelitian, peralatan yang digunakan, persiapan pengujian, prosedur pengujian, jadwal kegiatan penelitian.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian dan perhitungan kinerja mesin dan mengavaluasi tingkat ketersediaan serta menganalisa komponen-komponen fisik *boiler*.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Berisikan kesimpulan dan saran yang didapatkan penulis selama melakukan pengujian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sejarah Ketel Uap

Menurut Subagyo (2018) menegaskan tentang sejarah ketel uap sebagai berikut :

Insinyur Yunani dan Romawi terdahulu sudah mempunyai pengetahuan yang menarik tentang sifat-sifat uap dan air panas, tetapi mereka tidak mengaplikasikan ilmu tersebut. Hero dan Iskandariah dengan *Whirling Aeolipyle*, mengembangkan prinsip turbin reaksi dan mesin jet dalam bentuk yang sederhana seperti sekarang ini, tetapi, pada masa itu mereka merencanakan hanya untuk permainan yang menyenangkan.

Tahun 1606 Giovanni Battista Porta memiliki perencanaan dua buah percobaan yang memperlihatkan tenaga uap/steam dan system kondensasi. Tahun 1641 Galileo, seorang saintis besar yang terkenal dari teleskopnya, pendulum dan dengan grafitasi, dia menyatakan bahwa air hanya bisa dipompa pada kedalaman 28 kaki (8,5344 m), tetapi pada tahun berikutnya di meninggal dunia. pada tahun 1643, ada seorang murid Galileo yang bernama Evangelista Torrielli, Dia meneruskan percobaan Galileo. Dia menemukan bahwa atmosfir yang bertekanan bisa menahan kolam air setinggi 32 kaki (9,7356 m) jika diatas permukaan air tersebut dalam keadaan vakum.

Tahun 1698, Thomas Savery memperoleh hak paten di sebuah mesin pompa dengan system vakum, dengan menggunakan mesin ketel uap dan pesawat kondensor. Pada tahun 1712 Thomas Newcomen dan John Calley, membuat mesin uap pertama dengan sukses. Uap yang dihasilkan mesin *boiler* dialirkan ke dalam mesin uap untuk mendorong piston sampai ke puncak.

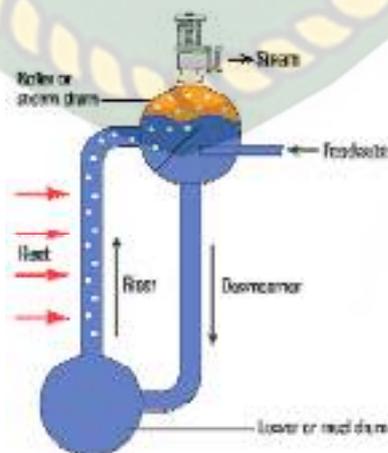
Tahun 1764, James Watt, mereparasi sebuah model mesin Newcoman. Dan mendapatkan hak paten di tahun ke-5 nya dari sebuah mesin uap ciptaannya.

James Watt merancang mesin uap dengan silinder (tabung) dan sebuah piston (pengempa/penghisap) dengan kondensor dan pompa udara.

## 2.2. Pengertian Boiler (Ketel Uap)

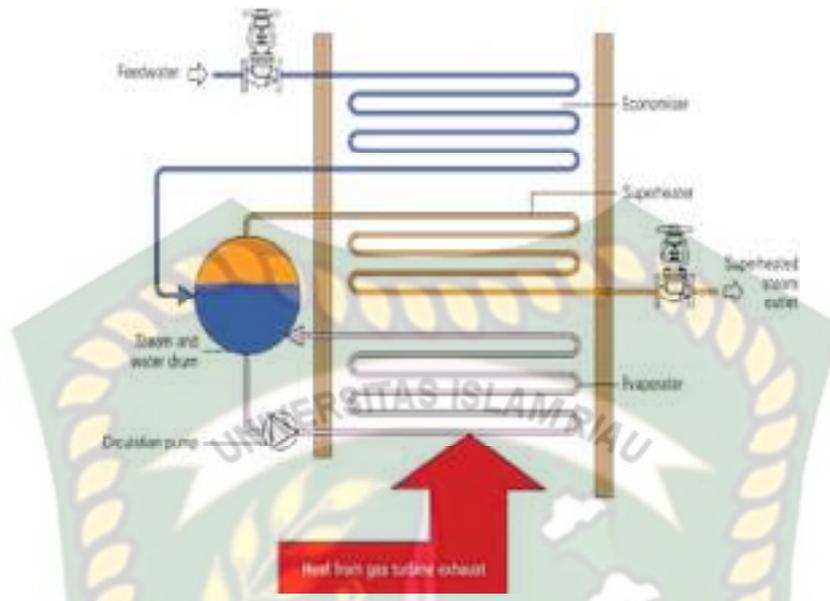
*Boiler* adalah suatu bejana tertutup yang dapat menghasilkan uap atau steam melalui proses pembakaran yang menghasilkan panas dan dialirkan oleh air. Air panas atau uap pada tekanan tertentu akan digunakan sebagai alat atau bahan pengaliran panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas kesuatu proses. Jika air dipanaskan sampai ke titik didih dan menghasilkan steam, maka volumenya akan naik sekitar 1.600 kali, tenaga yang dihasilkan dari volume tersebut akan menyerupai bubuk misiu yang mudah meledak, maka dari itu perawatan dan pengelolaan boiler harus di jaga dengan sangat baik. (Amin, 2015)

*Boiler* yang menggunakan drum untuk penampungan uap, didalamnya akan terjadi sirkulasi air selama proses pendidihan. Sirkulasi air terjadi dari dua cara yaitu secara sirkulasi alamiah dan sirkulasi paksa. Sirkulasi alamiah terjadi akibat perbedaan massa jenis antara air panas dengan air yang lebih dingin, dimana air panas akan naik dan air dingin akan semakin turun. Sirkulasi air paksa yaitu dengan menggunakan bantuan pompa sebagai alat untuk sirkulasi airnya. (Sunnyoto, 2008)



Gambar 2.1 a. sirkulasi alamiah.

Sumber : Sunnyoto. (2008)



Gambar 2.2 b. sirkulasi paksa.

Sumber : Sunyoto. (2008)

### 2.3. Klasifikasi Boiler

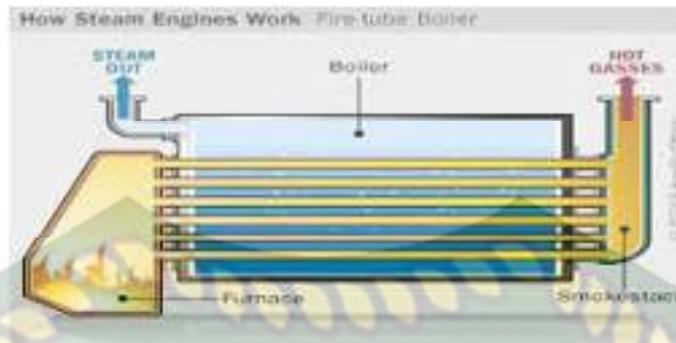
*Boiler* pada dasarnya terdiri dari bumbung (drum) dimana pada ujung dan pangkalnya tertutup, dimana dibagian dalam drum dilengkapi dengan pipa api dan pipa air. Banyak orang yang mengatakan klasifikasi *boiler* tergantung pada sudut pandang masing-masing. *Boiler* diklasifikasikan dalam beberapa kelas yaitu sebagai berikut.

#### 2.3.1. Berdasarkan fluida yang mengalir didalam pipa.

***Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :**

- a) Ketel pipa api (*fire tube boiler*).

Pada boiler pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa yaitu gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energy panas (*thermal energy*), yang berfungsi untuk membawa air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan utama dari pipa ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalori) kepada air ketel.

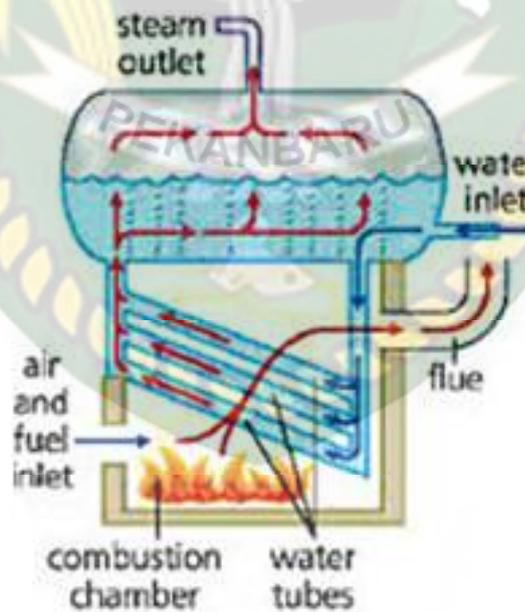


Gambar 2.3 Ketel pipa api (*fire tube boiler*).

(Sumber : <https://nianur37.files.wordpress.com/2015/06/boiler-pipa-api-dan-boiler-pipa-air/>.)

b) Ketel pipa air (*water tube boiler*).

Pada *boiler* pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa yaitu air, sedangkan di luar pipanya merupakan gas nyala (hasil pembakaran).



Gambar 2.4 Ketel pipa air (*water tube boiler*).

(Sumber : <https://nianur37.files.wordpress.com/2015/06/boiler-pipa-api-dan-boiler-pipa-air/>.)

### 2.3.2. Berdasarkan pemakaiannya.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel stasioner (*stationary boiler*).

Ketel stasioner atau ketel tetap adalah ketel yang didudukkan diatas pondasi yang tetap, seperti *boiler* untuk pembangkit tenaga, untuk industry dan lain-lain yang menyerupainya.



Gambar 2.5 Ketel stasioner (*stationary boiler*).

(Sumber : <https://matabayangan.blogspot.com/2013/04/jenis-jenis-ketel-uap-html>.)

- b) Ketel mobil (*Mobile Boiler*).

Ketel mobil biasa disebut dengan ketel pindah adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah (*mobile*). Seperti boiler lokomotif, loko mobil dan ketel panjang serta lain menyerupainya termasuk juga ketel kapal (*marine boiler*).



Gambar 2.6 Ketel mobil (*mobile boiler*).

(Sumber : <https://matabayangan.blogspot.com/2013/04/jenis-jenis-ketel-uap-html>.)

### 2.3.3. Berdasarkan letak dapur .

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel dengan pembakaran dalam (*internally fired steam boiler*).  
Biasanya dipakai pada system ketel pipa api.
- b) Ketel dengan pembakaran luar (*outhernly fired steam boiler*).  
Biasanya dipakai pada system ketel pipa air.

### 2.3.4. Menurut jumlah lorong (*boiler tube*).

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*).  
Pada ketel ini hanya terdapat satu buah lorong saja, dimana lorong itu adalah lorong api atau saluran air.
- b) Ketel lorong ganda (*multi tubeler steam boiler*).
- c) Pada ketel lorong ganda, dimana lorong ketelnya adalah lorong api dan saluran air.

### 2.3.5. Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*).

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel tegak (*vertical steam boiler*).  
Ketel tegak, misalnya ketel *Cochran*, ketel *Clarkson* dan lain-lain sebagainya.
- b) Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*).
- c) Ketel mendatar, misalnya ketel *Cornish*, *Lancashire*, *Scotch* dan lain-lain.

### 2.3.6. Menurut bentuk letak pipa.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekak-lekuk (*straight, bent, and sinus tubuler heating surface*).
- b) Ketel dengan pipa miring-datar dan miring-tegak (*horizontal, inclined or vertical tubuler heating surface*).

### 2.3.7. Menurut system peredaran air ketel.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*).  
Misalnya ketel yang beroperasi secara alami pada umumnya yaitu ketel *Lancashire, Babcock, Willcox* dan lain-lain.
- b) Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*).  
System ketel aliran paksa biasanya digunakan oleh ketel yang bertekanan tinggi. Contohnya *La-Mont Boiler, Loeffler Boiler* dan *Velcan Boiler*.

### 2.3.8. Berdasarkan sumber panasnya untuk pembuatan uap.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Ketel uap dengan bahan bakar alami.
- b) Ketel uap dengan bahan bakar buatan.
- c) Ketel uap dengan dapur listrik.
- d) Ketel uap dengan dapur nuklir.

### 2.3.9. Berdasarkan tekanannya.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) *boiler* tekanan rendah (Tekanan kerja  $\leq 0.5 \text{ kg/cm}^2$  melebihi tekanan udara luar).
- b) *Boiler* (Tekanan kerja  $> 0.5 \text{ kg/cm}^2$  melebihi tekanan udara luar).

### 2.3.10. Berdasarkan tempat pemakaian.

*Boiler* diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) *Boiler* darat (Uji berkala tiap 2 tahun).
- b) *Boiler* kapal (Uji berkala tiap 1 tahun).
- c) *Boiler* lokomotif (Uji berkala tiap 3 tahun).

## 2.4. Prinsip Kerja Boiler.

Ketel uap atau *boiler* merupakan suatu perangkat mesin yang mampu merubah air menjadi uap/*steam*. Uap yang diperoleh boiler yaitu uap *superheat* dengan tekanan dan temperature yang tinggi. Jumlah produksi uap yang diperoleh tergantung dari luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan.



Gambar 2.7 Skema kerja boiler.

Sumber : Mustiadi, Dkk. (2020)

Siklus air adalah mata rantai utama bagi rangkaian siklus fluida kerja. *Boiler* memperoleh pasokan fluida kerja air dan menghasikan uap yang berfungsi untuk mengalirkan ke turbin. Air yang digunakan sebagai fluida kerja untuk *boiler* diisikan dengan bantuan pompa melalui *economizer* dan dikumpulkan didalam *steam drum*.

*Economizer* yaitu alat pemanas air terakhir dimana sebelum air dimasukan ke drum. Peralatan yang dilalui oleh siklus air yaitu *drum boiler*, *down comer*, *header bawah (bottom header)*, dan *riser*. Perpindahan panas yang terjadi didalam pipa –pipa boiler yaitu dari api (*flue gas*) ke air melalui proses secara radiasi, konveksi, dan konduksi. Dari pemanasan temperature yang naik sampai mencapai titik didih *boiler* juga mengalami sirkulasi. Sirkulasi yang terjadi yaitu sirkulasi alami dan paksa. Adanya sirkulasi ini dapat membantu sebagai pending pipa-pipa

pemanas dan mempecepat proses perpindahan panas. Kecepatan sirkulasi bisa berpengaruh dengan produksi uap dan kenaikan tekanan ataupun temperaturnya.

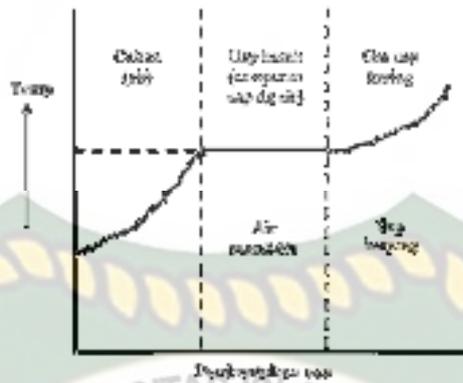
## 2.5. Uap (Steam)

Uap air yaitu fluida yang meliputi fase gas yang dihasilkan oleh air, pada proses pemanasan yang terjadi sampai ke titik didih ditemperaturnya pada tekanan tertentu. Pada system pembangkit, uap berfungsi sebagai energy panas yang di peroleh dari hasil pemanasan pada air pengisi *boiler*. Alasan dari penggunaan uap sebagai penggerak turbin yaitu dari sifatnya, sifat-sifat uap antara lain :

- a) Steam yang dihasilkan efisien dan ekonomis.
- b) Distribusi yang didapatkan dari steam ketitik penggunaan murah dan mudah.
- c) Pengendalian pada stem mudah.
- d) Mudahnya proses pentransferan energy.
- e) Steam bersifat fleksibel.
- f) Penyimpanan energy dalam jumlah yang besar.

## 2.6. Proses Pembentukan Uap

Keadaan uap tergantung pada tekanannya, maka dari itu uap dibentuk dari titik tekanan yang konstan, melalui proses yang dilalui oleh uap didalam *boiler*. Didalam isi tangki terdapat campuran air dan uap (uap basah). Pada keadaan ini, jika semua air, termasuk butiran-butiran yang terapung pada uap basah itu diuapkan, maka diperoleh yang disebut juga dengan uap kenyang. Uap kenyang yaitu merupakan uap yang wujud kesuluruhannya sudah tepat. Jika pemanasan pada uap dilanjutkan ketemperatur yang naik maka uap itu dikenal dengan uap kering.



Gambar 2.9 Grafik pembentukan uap

Sumber : Rachmat subagyo. (2018)

## 2.7. Komponen Utama Boiler.

### 2.7.1. Steam drum

bagian dari boiler yang berbentuk drum atau bejana tekan (*pressure vessel*) yang diletakkan melintang sebagai wadah penampung air yang sudah menjadi uap yang diperoleh dari pemanasan awal di *economizer* dan menghasilkan uap basah setelah dilewatkan keruang bakar.

Fungsi utama dari Drum uap yaitu merupakan pemisah antara uap dan air yang terdapat pada uap basah sehingga uap yang dialirkan ke *superheater* dalam keadaan jenuh dan air yang mengalir menuju *down corner* tanpa gelembung uap.



Gambar 2.10. Steam Drum

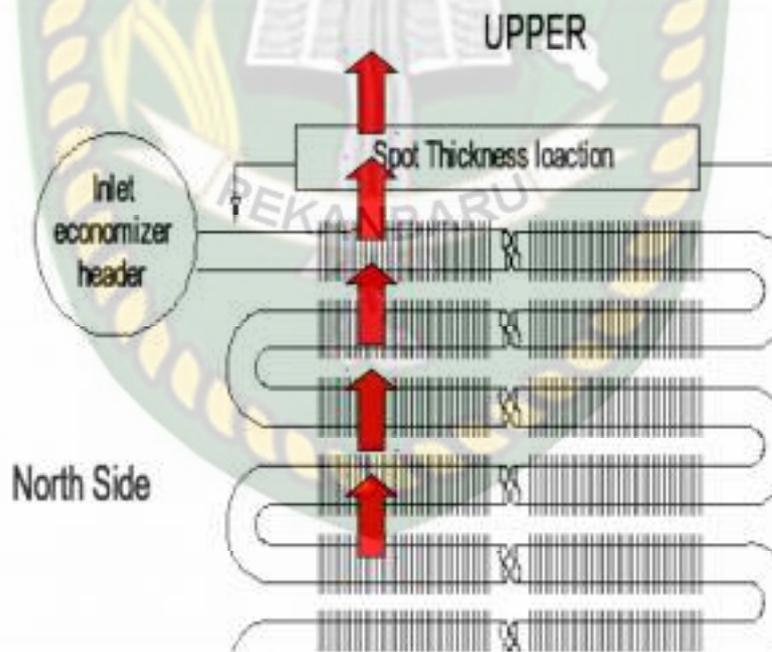
Sumber : Sajiyo. (2017)

### 2.7.2. Mud drum

Mud Drum adalah bejana tekan yang diletakan dengan posisi horizontal lebih rendah dari *steam* drum. Fungsi dari mud drum yaitu sebagai induk sirkulasi pada air boiler, mud drum terhubung langsung dengan *steam* drum, dimana terpasang riser *tube* dan down comer *tube*.

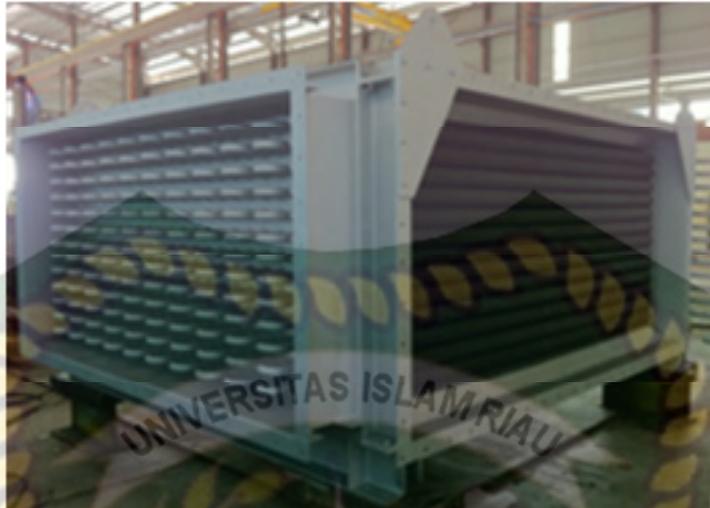
### 2.7.3. Economizer

Economizer adalah alat yang digunakan untuk kenaikan suhu pada air ketel (*feed water*) sebelum masuk ke *steam* drum, dengan menggunakan sisa gas pembakaran (*flue gas*) yang akan dibuang melalui cerobong (*stack*). Suhu yang dinaikan pada *feed water*, maka akan diperoleh efisiensi bahan bakar, dan juga efisiensi *boiler*.



Gambar 2.11. Aliran economizer

Sumber : Sajiyo. (2017)



Gambar 2.12. Economizer

(Sumber : [http://mackenziend.com/auxiliary-equipments/economizer/.](http://mackenziend.com/auxiliary-equipments/economizer/))

#### 2.7.4. Ruang pembakaran (*furnace*)

Furnace adalah suatu tempat atau ruang pembakaran bahan bakar (fuel gas) yang terjadi didalam boiler. Furnace atau ruang pembakaran pada dindingnya dikelilingi dengan pipa-pipa atau *well tube* yang berfungsi untuk menahan panas agar tidak keluar (isolator). Pada ruang pembakaran ini dipasang serangkaian burner (*burner assembly*) karena pada burner inilah bahan bakar dan udara dialirkan.

#### 2.7.5. Boiler tube

Pipa-pipa yang dipasang pada *boiler* yaitu antara lain :

a) *Down Comer Tube*

Merupakan pipa-pipa penghubung *steam* drum dengan mud drum.

b) *Riser Tube*

Merupakan pipa-pipa penghubung mud drum dengan *steam* drum dan berfungsi untuk mengalirkan uap yang terbentuk ke *steam* drum.



Gambar 2.13. Riser tube

Sumber : Sajiyo. (2017)

c) *Wall Tube*

Merupakan pipa-pipa yang dijadikan sebagai dinding ruang pembakaran (furnace) dan berfungsi untuk pipa penampung air umpan *boiler* dan mud drum sebagai dijadikan uap.

d) *Superheater Tube*

Berfungsi sebagai panak suhu uap yang keluar dari *steam drum* (*saturated steam*) menjadi uap panas lanjut (*suoverheated steam*) atau uap kering.



Gamabar 2.14. Superheated

Sumber : Sajiyo. (2017)

### 2.7.6. Force draft fan

Force draft fan merupakan alat yang digunakan sebagai penyuplai udara pembakaran. Pada force draft fan ada dua macam tenaga penggerak motor (motor driver) yang digunakan dan penggerak turbin (turbin driver).

FD fan berfungsi sebagai penarik udara dari luar untuk masuk kedalam suatu lorong (air duct) dengan tekanan, sebelum bahan bakar bercampur diburnr, sebagai proses pembakaran dan mendorong gas-gas bekas hasil pembakaran ke atmosfer.

### 2.7.7. Cerobong

Cerobong atau pipa memiliki fungsi sebagai pembuangan gas hasil pembakaran ke atmosfer.



Gambar 2.15. Cerobong

Sumber : Sajiyo. (2017)

### 2.7.8. Burner

Alat yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar dengan udara, untuk awalan penyalaan, pengarah pada nyala api, mengtur perbandingan udara dan bahan bakar serta pengontrol pada proses pembakaran. Bentuk dan jenisnya tergantung pada bahan bakar yang dipakai.



Perawatan merupakan kebutuhan utama dari suatu mesin, maka dari itu perawatan *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* sangat berguna agar terhindar dari kerusakan-kerusakan yang tidak diinginkan, dan juga memperpanjang usia mesin yang digunakan. Nursanty, Dkk (2019)

### **2.8.1. Tujuan Perawatan**

Menurut Daryus, A., (2007) perawatan (*maintenance*) bertujuan untuk sebagai berikut :

- a) Menganalisa kerusakan-kerusakan dari awal;
- b) Memperpanjang usia asset;
- c) Menjaga keadaan atau kondisi ditingkat yang diinginkan;
- d) Membantu penggunaan asset sesuai dengan tingkat ketersediaan asset tersebut;
- e) Tingkat biaya perawatan serendah mungkin;
- f) Menghindari kegiatan pemeliharaan yang bisa membahayakan keselamatan kerja;
- g) Menciptakan kerjasama dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan yang besar dan total biaya yang rendah.

### **2.8.2. Jenis – jenis Perawatan**

Menurut Nursanty, Dkk (2019) menegaskan jenis – jenis perawatan (*maintenance*) mesin dibagi menjadi :

1. *Planned Maintenance* (pemeliharaan terencana)

*Planned maintenance* adalah pemeliharaan terencana, pemeliharaan sesuai dengan laporan yang sudah direncanakan. *Planned maintenance* terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu sebagai berikut :

a) *Preventive Maintenance* (pemeliharaan pencegahan)

*Preventive maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk menghindari kerusakan komponen mesin yang digunakan pada proses produksi.

b) *Corrective Maintenance* (pemeliharaan perbaikan)

*Corrective maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan ketika kerusakan atau kelalaian pada komponen mesin sudah terjadi sehingga sudah tidak dapat berfungsi dengan normal.

c) *Predictive Maintenance*

*Predictive maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sesuai dengan prediksi atau analisa yang sudah dilakukan pada tanggal yang sudah ditetapkan .

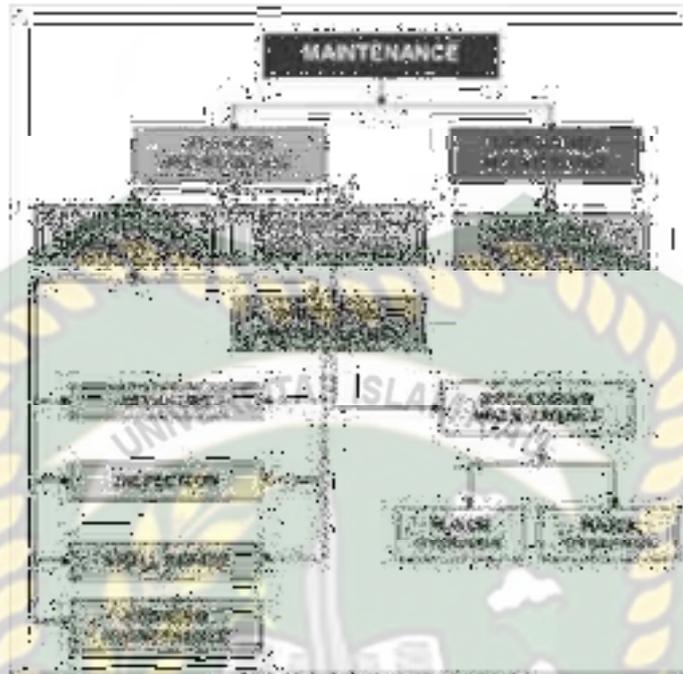
2. *Unplanned Maintenance* (pemeliharaan tak terencana)

*Unplanned maintenance* biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance*. *Breakdown/emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan ketika fasilitas mesin sudah rusak dan tidak berfungsi lagi. Pemeliharaan ini, diharapkan agar usia suatu fasilitas mesin dapat diperpanjang dan memperkecil timbulnya kerusakan.

3. *Autonomous Maintenance* (pemeliharaan mandiri)

*Autonomous maintenance* atau pemeliharaan mandiri adalah kegiatan perawatan yang dilakukan langsung oleh operator peralatan mesin tersebut. Ada lima prinsip yang mendasari *autonomous maintenance*, yaitu sebagai berikut :

- a) *Seiri (clearing up)* : Menjauhkan barang-barang yang tidak digunakan.
- b) *Seiton (organizing)* : Meletakkan barang-barang yang digunakan sesuai tempatnya.
- c) *Seiso (cleaning)* : Membersihkan fasilitas dan tempat kerja.
- d) *Seiketsu (standardizing)* : Membuat standar kebersihan, pelumasan dan inspeksi.
- e) *Shitsuke (training and discipline)* : Menambah keahlian dan moral.



Gambar 2.17 Diagram Sistem *Maintenance*

Sumber :Nursanty, Dkk. (2019)

### 2.8.3. Bentuk – Bentuk Perawatan

Menurut IR. Ating Sudarajat (2011) bentuk – bentuk perawatan terbagi menjadi 4 bagian sebagai berikut :

1. Perawatan kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan kerusakan disebut juga sebagai kegiatan perawatan dengan cara fasilitas atau asset mesin yang dioperasikan sampai rusak, setelah itu baru diperbaiki atau diganti. Metode ini merupakan kegiatan yang tidak efektif karena biaya yang dikeluarkan sangat tinggi, perusahaan bisa merugi akibat efek dari terhentinya kegiatan pengoperasian mesin, keselamatan kerja kurang baik, kondisi mesin terabaikan, dan perencanaan waktu tidak ada, tenaga kerja ataupun biaya yang baik.

2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum timbulnya kerusakan pada suatu komponen mesin. Kegiatan ini

merupakan metode yang efektif agar terhindar dari kasus kerusakan yang tidak direncanakan.

### 3. Perawatan Terjadwal (*Schedule Maintenance*)

Perawatan terjadwal merupakan bagian dari kegiatan perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan untuk menjaga komponen mesin agar terhindar dari kasus kerusakan yang tidak diinginkan dan metode perawatan ini secara periodik dalam waktu tertentu. Perawatan ini biasa disebut dengan perawatan berdasarkan waktu (*time based maintenance*).

### 4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan kondisi dari komponen mesin itu sendiri.

## 2.9. Konsep *Breakdown* dan *Downtime*

*Breakdown* didefinisikan sebagai berhentinya suatu komponen mesin ketika proses produksi berjalan pada saat kegiatan *engineering* dalam perbaikan. Atau bisa disebut juga dengan suatu komponen mesin sudah tidak bisa melakukan kerja sesuai dengan fungsi yang ditugaskan, maka komponen mesin dalam keadaan rusak atau *breakdown*.

Menurut Gaspersz, V. (1992) mendefinisikan “*downtime* sebagai keadaan suatu asset yang tidak berfungsi (tidak dalam keadaan yang baik), sehingga kinerja suatu asset berpengaruh atau tidak berjalan. Dari prinsip dasar suatu manajemen perawatan yang utama bahwa untuk menekan periode kerusakan (*breakdown period*) samapai pada titik yang sanagat kecil, maka dari itu penggantian suatu asset berdasarkan *downtime* sangatlah penting.

Beberapa unsur didalam konsep *downtime* :

#### 1. *Maintenance delay*

*Maintenance delay* adalah waktu yang dibutuhkan pada saat menunggu ketersediaan dari daya pemeliharaan ketika akan dilakukannya kegiatan

perbaikan. Sumber daya dari *maintenance* yaitu ; teknisi, peralatan tambahan, alat uji coba, dan komponen pengganti.

2. *Supply delay*

*Supply delay* adalah waktu yang diperlukan *personel maintenance* dalam memperoleh komponen yang dibutuhkan dari proses perbaikan. *Supply delay* terdiri dari ; *lead time* administrasi, *lead time* produksi, dan waktu transportasi komponen ke tempat perbaikan.

3. *Acces time*

*Acces time* adalah waktu yang diperlukan dari kegiatan untuk memperoleh akses ke komponen yang rusak.

4. *Diagnosis time*

*Diagnosis time* adalah hal yang dibutuhkan dalam mencari penyebab kerusakan yang terjadi dari komponen mesin dan cara – cara untuk membuat persiapan kegiatan perbaikan dari kerusakan tersebut.

5. *Repair* atau *replacement time*

*Repair* atau *replacement time* adalah waktu yang diperlukan dalam kegiatan perbaikan komponen mesin agar komponen bisa beroperasi sesuai fungsi yang ditugaskan dengan baik setelah permasalahan dan komponen yang rusak sudah diketahui.

6. *Verification and aligment*

*Verification and aligment* adalah waktu kegiatan yang diperlukan untuk memastikan bahwa komponen mesin sudah berada dalam keadaan baik atau berfungsi sesuai tugas yang diberikan.

## 2.10. Efektifitas Sistem

Efektifitas system dapat didefinisikan pada keberhasilan suatu system agar bisa beroperasi dalam waktu yang sudah ditentukan dan sesuai kondisi yang diharapkan.

Efektifitas system dapat dilihat dari bagaimana cara perancangan system tersebut dibuat, dipakai, dan kegiatan pemeliharannya. Efektifitas susatu system

termasuk pada fungsi dari beberapa factor yaitu seperti *design, performance*, keandalan, kualitas, dan perawatan.

### 2.11. Keandalan (*Reliability*)

Menurut Kostas N. D (1981 :73) menegaskan keandalan (*reliability*) yaitu merupakan “probabilitas (kemungkinan) dimana suatu komponen mesin beroperasi dalam kondisi yang normal dengan baik”. *Mean Time Between Failure* (MTBF) merupakan rata – rata suatu mesin bisa dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF yaitu merupakan hasil dari bagi dengan total waktu pengoperasian komponen dibagi dengan jumlah/frekuensi kegagalan pengoperasian komponen akibat dari *breakdown*. Hasil perhitungannya didefinisikan sebagai berikut :

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots\dots\dots (2.1)$$

jika,  $R(0) = 1$

keterangan :

$t dF$  : Waktu untuk pergantian fungsi kerusakan

$R(t)$  : kemungkinan terjadinya penukaran pada saat  $tp$

Keandalan juga dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu system yang dapat berfungsi dalam keadaan normal jika digunakan dalam jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kondisii operasi yang spesifik (Dhilon, 1997). Menurut Ebeling (1997) keandalan berfungsi sebagai probabilitas dimana suatu komponen atau peralatan bisa berfungsi selama beberapa waktu periode, maka hubungan ini dinyatakan secara matematis, dengan  $T$  didefinisikan sebagai variable waktu kegagalan system (komponen);  $T \geq 0$ .

$$R(t) = \Pr\{T \geq t\} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$R(t)$  : *Reliability Function*

Pr : Performance rate

$T$  : Interval pergantian waktu kerusakan

$t$  : waktu

Dimana  $R(t) \geq 0$ ,  $R(0) = 1$ , dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$ . Untuk nilai tertentu dari,  $R(t)$  yaitu probabilitas dimana waktu kegagalan lebih besar atau sama dengan  $f$ .

Jika didefinisikan,

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr\{T < t\} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$F(t)$  : *Cumulative distribution function (CDF)*

Dimana  $F(0) = 0$  dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$ . Maka  $F(t)$  adalah peluang timbulnya kegagalan sebelum waktu yang ditentukan  $t$ .

Fungsi reabilitas dan CDF mewakili dari area bawah kurva yang di simbolkan oleh  $F(t)$ . Maka seluruh area yang berada dibawah kurva sama dengan satu, reabilitas dan probabilitas kegagalan akan ditentukan.

$$0 \leq R(t) \leq 1 \leq F(t) \leq 1 \dots\dots\dots (2.4)$$

Fungsi  $R(t)$  berfungsi untuk menghitung reabilitas, dan fungsi  $F(t)$  berfungsi untuk menghitung probabilitas waktu kegagalan.

**2.12. Pemeliharaan (Maintainability)**

Menurut Kostas N. D (1981 :73) mengatakan “*Maintainability* merupakan suatu kegiatan dan biaya yang mana bertujuan untuk dilakukannya perawatan (pemeliharaan)”. Metode pengukuran pada *maintainability* yaitu *Mean Time To*

*Repair* (MTTR), tingginya MTTR menunjukkan rendahnya *maintainability*. Maka MTTR adalah penunjuk dari suatu kemampuan (skill) dari operator *maintenance* mesin pada penanganan untuk suatu kerusakan.

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$MTTR == \int_0^{\infty} tdG(t) \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

*tdG(t)* : Waktu untuk pergantian fungsi kerusakan.

*Breakdown time* merupakan waktu penungguan pada *repair*, periode waktu yang terabaikan pada *repair*, kelalain waktu perbaikan dan pembaharuan pada komponen mesin yang akan dioperasikan.

Menurut Ebeling (1997) mendefinisikan *maintainability* merupakan “probabilitas (kemungkinan) bahwa suatu fasilitas atau asset dalam kondisi atau keadaan rusak akan diperbaiki pada periode waktu tertentu, dimana pemeliharaan (*maintainability*) dilakukan sesuai metode yang sudah ditentukan. O’Connor (2001) menegaskan “*System Maintainability* merupakan kegiatan perbaikan dimana kerusakan terjadi dan metode pemeliharaan akan dibentuk pada system tersebut.

**2.13. Ketersediaan (*Availability*)**

Menurut Ebeling (1997) mengatakan “*Availability* adalah kemampuan atau ketesedian suatu mesin setelah dilakukan perbaikan, ketersediaan merupakan ukuran probabilitas suatu kinerja system. Ketersediaan tergantung dari tingkat keandalan dan pemeliharaan”. Kostas N. D (1981 :73) menegaskan “*Availability* merupakan suatu keadaan dimana komponen mesin yang sebenarnya dalam kondisi yang siap untuk melakukan kerja dengan jangka waktu yang ditentukan”. *Availability* juga bisa didefinisikan sebagai *ratio* untuk melihat *line stop* dilihat dari kondisi *breakdown* saja. Pengukuran dari *availability* yaitu :

$$A = \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Loading time yaitu merupakan ketersediaan waktu dari komponen mesin dikurangi dengan waktu *downtime* komponen mesin sesuai dengan fungsi yang ditugaskan (*planned downtime*).

$$\text{Loading time} = \text{Total availability} - \text{Planned downtime}$$

*Planned downtime* yaitu merupakan jumlah periode waktu *downtime* komponen mesin yang harus dipelihara (*scheduled maintenance*).

*Operation time* yaitu merupakan nilai pengurangan dari *loading time* dengan waktu *downtime* komponen mesin (*non - operation time*), yang bisa diartikan dengan periode waktu ketersediaan pada mesin (*availability time*) dengan periode waktu *downtime* yang dikeluarkan dari hasil total *availability time* yang direncanakan.

Menurut Ebeling (1997) mendefinisikan” *Availability* sebagai suatu keadaan dimana peralatan atau mesin dapat berfungsi sesuai dengan apa yang diperintahkan pada saat tertentu atau waktu tertentu dalam kondisi operasi yang normal dan kegiatan pemeliharaan sesuai dengan apa yang sudah ditentukan”. *Limiting availability* biasa disebut  $A(t)$ , didefinisikan sebagai berikut :

$$A(t) = (1/T) \int_{t_1}^{t_2} A(t) dt \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

$A(t)$  : *Availability* waktu

Ketersediaan rata – rata merupakan ketersediaan yang biasa disebut kegiatan yang ditugaskan atau *availability interval*.

$$A_{t_2-t_1} = \frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} A(t) dt \dots\dots\dots (2.8)$$

Yang menggantikan *availability* rata – rata selama periode waktu dari  $t_1$  sampai  $t_2$  adalah.

$$A = \lim_{T \rightarrow \infty} A(t) \dots\dots\dots (2.9)$$

Merupakan keadaan siap suatu komponen mesin yang baik untuk dioperasikan.

Ketersediaan bawaan,  $A_{inh}$ , didefinisikan sebagai berikut :

$$A_{inh} = \lim_{T \rightarrow \infty} A(t) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{\int_0^{\infty} t dF(t)}{\int_0^{\infty} t dF(t) + \int_0^{\infty} t dG(t)} \dots\dots\dots (2.10)$$

*Availability inherent* didasarkan pada metode pemeliharaan keandalan, yang bertujuan pada kegagalan, dan waktu perbaikan saja.

EAF (Equivalent Availability Factor) merupakan factor kesiapan komponen mesin. Nilai EAF diperoleh dari kegiatan suatu komponen mesin yang sedang beroperasi (dalam keadaan stand by ataupun operasi) dibagi dengan waktu.

Menurut Surya (2008) menegaskan lebih detail untuk EAF dari rumus sebagai berikut :

$$EAF = \frac{PH-POH-FDH}{PH} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- PH :Plant Hour (Jumlah jam operasi),
- POH :Plant Outage (Jumlah jam yang hilang karena outage terencana),
- D :Derating.

CF (Capacity Factor) merupakan perbandingan antara jumlah waktu tertentu pada kegiatan produksi terhadap kemampuan komponen mesin dari system keandalan.

$$CF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Terpasang} \times \text{Jam Periode}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

CF : Kinerja Komponen Mesin

Produksi Bruto : Total produksi energy pembangkit

Jam Periode : Waktu operasi pada satuan jam

POF (Planned Outage Factor) merupakan rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu.

$$POF = \frac{Jam\ Keluar\ Terencana}{Jam\ Periode} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

OAF (Operating Availability Factor) merupakan faktor kegiatan operasi suatu komponen mesin dalam kondisi sesuai dengan yang ditugaskan.

$$OAF = \frac{Jam\ Pelayanan + Stand\ by}{Jam\ Periode} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

OF (Output Factor) merupakan rasio jumlah suatu kompoen yang beroperasi dalam kondisi yang sesuai dengan yang ditugaskan.

$$OF = \frac{Produksi\ Bruto}{Kapasitas\ Terpasang \times Jam\ Pelayan} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

SF (Service Factor) merupakan penghitungan jumlah kegiatan perbaikan dari perbandingan antara waktu sebenarnya dengan waktu yang sudah ditentukan.

$$SF = \frac{Jam\ Pelayanan}{Jam\ Periode} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Performance rate merupakan pengukuran seberapa efektif komponen yang digunakan.

$$Perf.\ Rate = OF = \frac{Produksi\ Bruto}{Kapasitas\ Pelayanan \times Jam\ Pelayan} \times 100\% \dots\dots\dots (2.17)$$

Quality rate merupakan pengukuran efektivitas proses manufaktur sebagai pengeliminasi *scrap*, *rework*, dan *yield loss*.

$$Quality\ rate = \frac{Production\ Bruto - Quality\ defects}{Production\ Bruto} \times 100\% \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

Production input : sumber daya yang digunakan komponen *boiler*

Quality defects : tingkat kecacatan produk

$$OEE = EAF \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate} \dots \dots \dots (2.19)$$



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

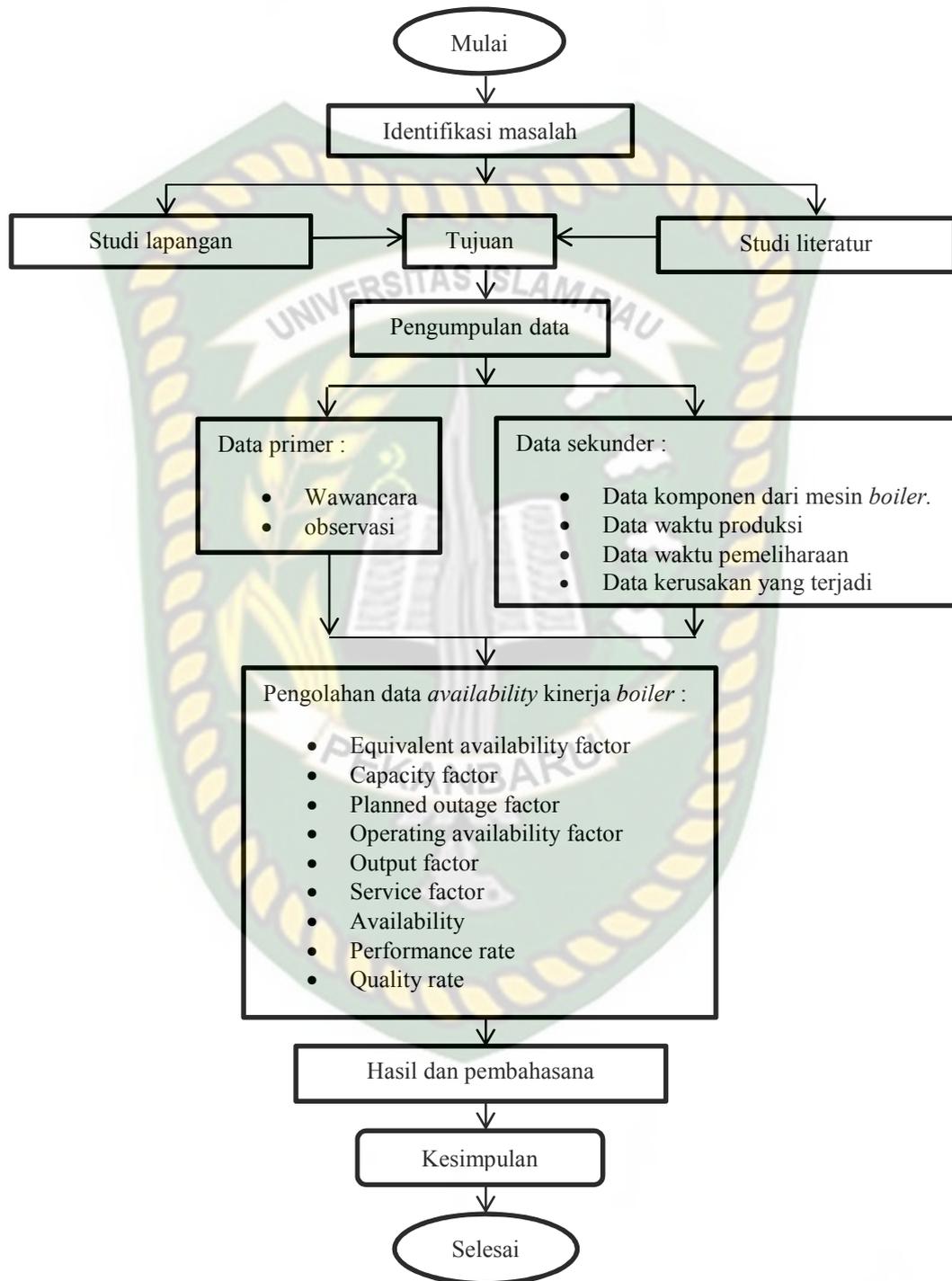
Tempat pelaksanaan penelitian ini di PT. Sumatera Makmur Lestari yang bergerak di bidang Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Objek yang digunakan untuk pengambilan data yaitu mesin *boiler*. Data yang diambil untuk tugas akhir yaitu analisis *availability* kinerja *boiler* sejak tahun 2019 hingga tahun 2021 di daerah Sei Pejangki, Kab. Inhu, penelitian akan dilakukan pada bulan Januari 2021.



Gambar 3.1 PKS Sumatera Makmur Lestari

(Sumber : Dokumentasi penulis/2022.)

### 3.2. Rangkaian Kegiatan



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### 3.2.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah langkah awal yang paling utama untuk melakukan kegiatan penelitian, dengan mengidentifikasi kegiatan penelitian yang akan dilakukan maka permasalahan yang ada akan diketahui untuk menentukan langkah selanjutnya.

- **Studi Literature**

Studi literature dalam penelitian ini menggunakan referensi dari buku – buku dan penelitian terdahulu yang mendukung dengan analisis *Availability* kinerja boiler.

- **Studi Lapangan**

Studi lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk melihat dan obserfasi pada mesin *boiler* dengan menganalisis tingkat ketersediaan (*Availability*) di PKS Sumatera Makmur Lestari. Kegiatan ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan tujuan dari penelitian.

### 3.3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan tahapan untuk pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan yang didapat. Data yang didapat harus akurat agar mendukung suatu penelitian yang optimal. Dalam memperoleh data penelitian digunakan dua metode pengumpulan data sebagai berikut.

- **Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari kegiatan dilapangan seperti porelahan dari informasi yang didapat. Data primer biasanya didapatkan dengan beberapa cara sebagai berikut :

- a. Wawancara

Kegiatan yang dilakukan untuk mencari informasi dengan sumber ahli untuk pengambilan data dari kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) atau kerusakan pada komponen mesin yang berkaitan dengan tingkat ketersediaan (*availability*) mesin.

a. Observasi

Observasi merupakan kegiatan lapangan yang dilakukan secara langsung atau pengamatan lapangan yang dilakukan kepada obyek yang dituju untuk memperoleh data yang dibutuhkan dari penelitian yang dilakukan, data yang diperoleh sesuai fakta dan benar. Observasi dalam penelitian ini adalah analisis *Availability* kinerja boiler selama 3 tahun beroperasi dari pertama kali dioperasikan (2019) samapai dengan (2021) saja.

- **Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung data yang diperoleh melainkan dari sumber pertama dengan perolehan data – data yang sudah tersusun dalam bentuk dokumen tertulis yang tersusun, data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan dan mempelajari dokumen perusahaan ataupun studi literature yang berkaitan dengan penelitian tentang analisis *availability* kinerja boiler. Data yang digunakan untuk metode analisis *availability* kinerja boiler pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Data komponen dari mesin *boiler*.
- b. Data waktu produksi dari mesin *boiler*.
- c. Data waktu pemeliharaan (*maintenance*) pada mesin *boiler*.
- d. Data kerusakan yang terjadi pada mesin *boiler*.

### 3.2.3. Pengolahan Data

Dalam tahap ini parameter *Availabiliti* kinerja *boiler* yang sudah didapatkan dari pengujian yang dilakukan di pks Sumatera Makmur Lestari, maka dengan parameter tersebut akan diperoleh hasil untuk dilakukan pengolahan data.

### 3.2.4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini, data yang sudah dilakukan pengolahan data, selanjutnya pengolahan data tersebut yang digunakan sebagai hasil dan pembahasan untuk analisis yang digunakan dalam kesimpulan dari penelitian *availability* kinerja boiler pada kondisi awal pemakaian (2019) dengan kondisi pada saat sekarang (2021), di PKS Sumatera Makmur Lestari.

### 3.3. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian

Penelitian tentang *availability* kinerja boiler pada kondisi awal pemakaian (2019) dengan kondisi pada saat sekarang (2021), di PKS Sumatera Makmur Lestari dapat berjalan dengan lancar, maka jadwal untuk kegiatan penelitian harus direncanakan seperti yang terlihat dari tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal Kegiatan Penelitian

Jadwal Kegiatan Penelitian																				
Jenis Kegiatan	Bulan																			
	1				2				3				4				5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pembuatan Proposal	■	■	■	■	■	■	■	■												
Sempro									■											
Studi Lapangan / Observasi									■	■	■	■								
Pengolahan Data													■	■	■	■				
Analisa dan Pembahasan														■	■	■	■	■	■	■
Kesimpulan																			■	■
Penyusunan Skripsi															■	■	■	■	■	■
Sidang																				■

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Equivalent Availability Factor (EAF)

EAF (Equivalent Availability Factor) merupakan factor kesiapan suatu komponen mesin. Nilai EAF diperoleh dari perbandingan antara kesiapan komponen mesin untuk beroperasi (baik dalam keadaan stand by ataupun operasi) dibagi dengan waktu.

Pada penelitian Availability kinerja *boiler* pada PKS Sumatera Makmur Lestari nilai EAF (Equivalent Availability Factor) sangat dibutuhkan pada penelitian ini dimana factor kesiapan komponen mesin *boiler* yang digunakan atau dioperasikan dapat dikatehui sehingga kasus kerusakan yang tidak direncanakan baik itu kerusakan besar maupun kerusakan kecil dapat dihindari atau diatasi.

Untuk memperoleh nilai EAF selama 3 tahun pemakaian pada penelitian ini maka dibutuhkan beberapa data, diantaranya yaitu data kinerja *boiler*, dan data aktivitas *boiler*.

Data kinerja *boiler* diantaranya adalah Periode Hours (PH), Available Hours (AH), Service Hours (SH), Consistency Availability Partition Tolerance (CAP), Forced Derated Hours (FDH), Planned Outage Hours (POH). Pada tabel 4.1 dapat dilihat Data untuk kinerja *boiler*.

Tabel 4.1 Data kinerja *Boiler*

Uraian	Tahun		
	2019	2020	2021
Periode Hours (PH)	6.830	5.527	8.358
Available Hours (AH)	6.422	5.142	8.047
Service Hours (SH)	6.422	5.142	8.047
Consistency Availability Partition Tolerance (CAP)	16.600	16.600	16.600

Forced Derated Hours (FDH)	293	285	258
Planned Outage Hours (POH)	73	84	107

Keterangan :

- PH :Jumlah jam operasi.
- AH :Jumlah jam siap di operasikan.
- SH :Jumlah jam operasi baik dalam keadaan normal maupun derating.
- CAP :Jumlah setiap jam/waktu yang diterima dengan respon non eror.  
(Kapasitas terpasang – Temporary derating).  
= 45.000 kg/jam – 28.400 kg/jam =16.600 kg/jam
- Temporary derating :Jumlah penurunan sementara.
- FDH :Jumlah jam selama derating paksa.
- POH :Jumlah jam yang hilang karena outage terencana.

Dan data aktivitas *boiler* yang dibutuhkan diantaranya adalah hari pemeliharaan, hari produksi, derated, produk dengan derated, dan real produk. pada tabel 4.2 dapat dilihat data untuk aktivitas *boiler*.

Tabel 4.2 Data aktivitas *Boiler*

Uraian	2019		2020		2021	
	Hari	Kg/jam	Hari	Kg/jam	Hari	Kg/jam
Hari pemeliharaan	5		12		7	
Hari produksi	293	65.140	285	48.562	258	48.533
Derated	68	6.514	72	4.856,2	100	4.853,3
Produk dengan derated		58.626		43.705,8		43.679,7
Real produk		58.626		43.705,8		43.679,7

Keterangan :

Derated : Turunnya tingkat produksi akibat kondisi operasi yang tidak normal.

Data yang diperoleh dari Tabel 4.1 Data kinerja *Boiler* dan Tabel 4.2 Data aktivitas *Boiler* maka nilai Equivalent Availability Factor (EAF) selama 3 tahun dapat diketahui sebagai berikut :

- Equivalent Availability Factor (EAF) Untuk Tahun 2019

$$EAF = \frac{PH - POH - FDH}{PH} \times 100\%$$

$$EAF = \frac{6830 - 73 - 293}{6830} \times 100\%$$

$$= \frac{6462}{6830} \times 100\%$$

$$= 94,6\% \quad = 0,946$$

- Equivalent Availability Factor (EAF) Untuk Tahun 2020

$$EAF = \frac{PH - POH - FDH}{PH} \times 100\%$$

$$EAF = \frac{5527 - 84 - 285}{5527} \times 100\%$$

$$= \frac{5158}{5527} \times 100\%$$

$$= 93,3\% \quad = 0,933$$

- Equivalent Availability Factor (EAF) Untuk Tahun 2021

$$EAF = \frac{PH - POH - FDH}{PH} \times 100\%$$

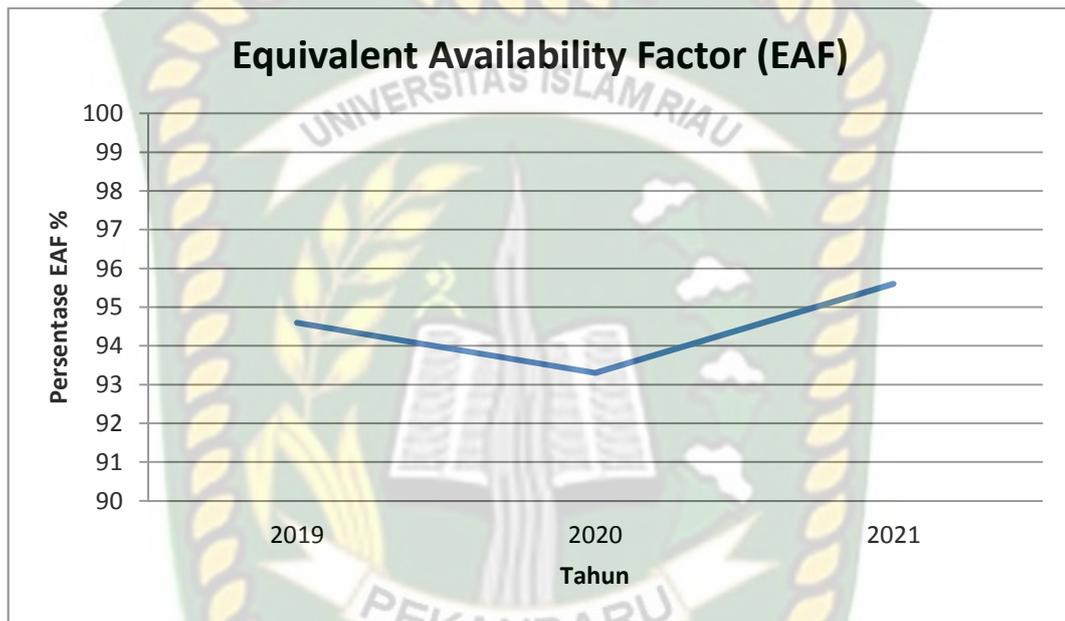
$$EAF = \frac{8358 - 107 - 258}{8358} \times 100\%$$

$$= \frac{7993}{8358} \times 100\%$$

$$= 95,6\% \quad = 0,956$$

Tabel 4.3 Data hasil Equivalent Availability Factor (EAF) selama 3 tahun

Equivalent Availability Factor (EAF)	2019	2020	2021
	94,6%	93,3%	95,6%



Gambar 4.1 Kurva hasil Equivalent Availability Factor (EAF)

Nilai Equivalent Availability Factor (EAF) pada PKS Sumatera Makmur Lestaeri selama 3 tahun penelitian mengalami perubahan pada hasil yang diperoleh dimana pada tahun 2020 persentase nilai mengalami penurunan dan pada tahun 2021 persentase yang diperoleh mengalami kenaikan dimana tindakan dalam mengatasi penurunan tersebut cepat diatasi seperti meningkatkan suatu system perawatan kepada komponen *boiler* yang digunakan atau dioperasikan. Data hasil nilai EAF dapat dilihat dari gambar 4.1 diatas.

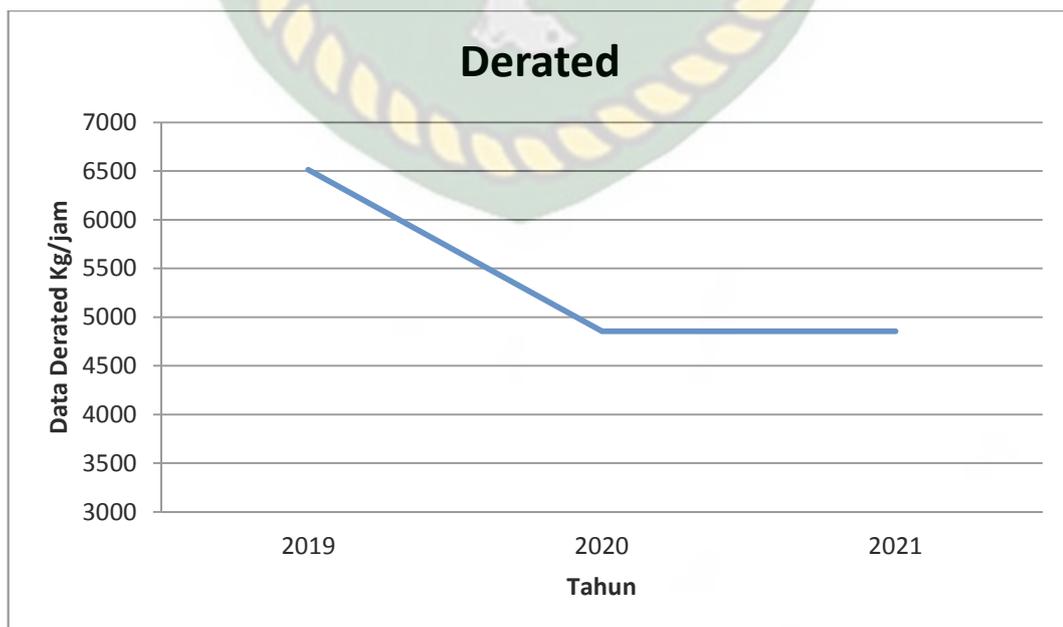
Nilai Equivalent Availability Factor (EAF) pada tahun 2019 memperoleh hasil persentase nilai yang stabil, dikarenakan komponen mesin *boiler* yang digunakan atau dioperasikan masih dalam keadaan baru (awal pemakaian). Ditahun berikutnya yaitu 2020 persentase nilai EAF mengalami penurunan dimana kapasitas yang dikeluarkan melebihi tingkat ketersediaan komponen mesin

*boiler* yang dimiliki, akibat dari kelainan yang dilakukan pada system perawatan dan menimbulkan kerusakan – kerusakan yang tidak direncanakan sehingga terjadinya penurunan. Dan pada tahun 2021 dengan adanya tindakan system perawatan yang sudah ditingkat dan direncanakan pada komponen mesin *boiler* persentasi nilai yang diperoleh dari data penelitian mengalami kenaikan yang tinggi dan kerusakan – kerusakan yang terjadi sudah mulai diatasi sehingga pengoperasian pada mesin *boiler* bisa kembali normal.

Tabel 4.4 Data hasil Derated selama 3 tahun

Derated	2019		2020		2021	
	Hari	Kg/jam	Hari	Kg/jam	Hari	Kg/jam
	68	6.514	72	4.856,2	100	4.853,3

Derated merupakan parameter turunya suatu kondisi tingkat produksi akibat pengoperasian yang tidak normal. Nilai derated diperoleh dari kondisi suatu komponen mesin *boiler* yang dioperasikan kurang dari kapasitas yang sudah ditetapkan pada mesin *boiler*. Pada tabel 4.4 dapat dilihat hasil Derated selama 3 tahun.



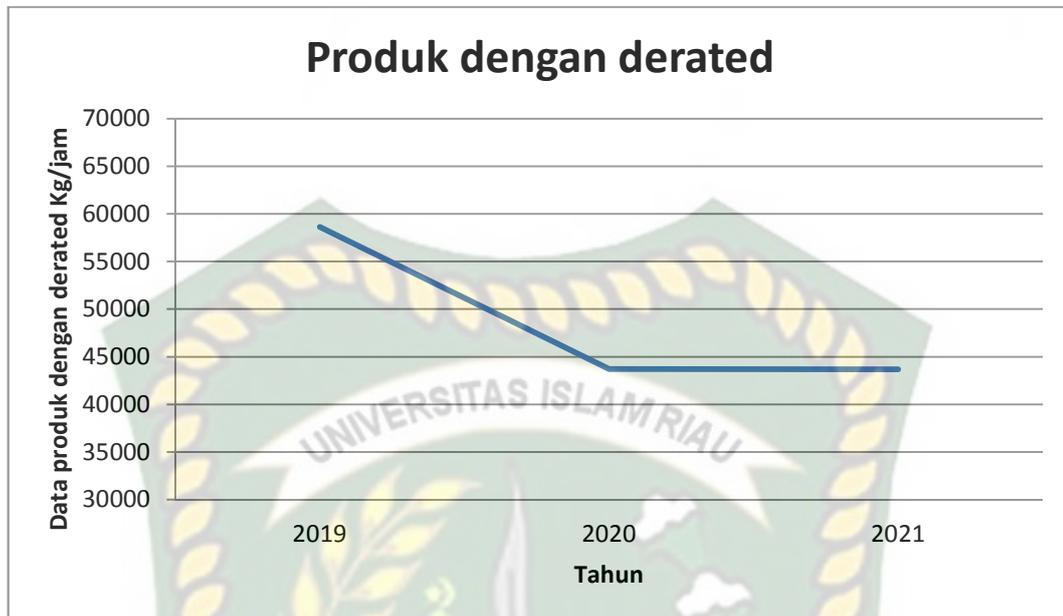
Gambar 4.2 Kurva hasil Derated selama 3 tahun

Gambar 4.2 diatas dapat diketahui bahwa pada tahun 2019 derated yang diperoleh dalam keadaan yang stabil, dimana proses produksi yang dihasilkan masih dalam keadaan operasi yang normal dikeranakan mesin *boiler* yang digunakan masih baru (awal pemakaian). Namun ditahun 2020 tingkat ketersediaan pada komponen mesin yang dioperasikan jauh menurun kerana akibat dari pengoperasian yang berlebihan mengakibatkan kondisi operasi dari komponen mesin menjadi tidak normal, perlu dilakukannya tindakan perawatan yang tinggi untuk menghindari terjadinya *Downtime* agar komponen mesin bisa terus beroperasi dengan normal. Ditahun berikutnya yaitu tahun 2021 setelah dilakukannya tindakan perawatan oleh pihak manager yang baru, kondisi pengoperasian mesin *boiler* pada pabrik mulai sedikit stabil walaupun data yang diperoleh dari penelitian masih belum mengalami kenaikan.

Tabel 4.5 Data hasil Produk dengan derated selama 3 tahun

Produk dengan derated	2019	2020	2021
		Kg/jam	Kg/jam
	58.626	43.705,8	43.679,7

Produk dengan derated merupakan produk yang di hasilkan dari suatu pengoperasian dikurang dengan derated. Pada tabel 4.5 dapat dilihat data hasil Produk dengan derated selama 3 tahun pemakaian.



Gambar 4.3 Kurva hasil Produk dengan derated selama 3 tahun

Produk dengan derated pada tahun 2019 produksi yang dihasilkan sebesar 65.140 kg/jam dikurang dengan derated sebesar 10% yaitu 65.14 kg/jam memperoleh nilai sebesar 58.626 kg/jam. Ditahun berikutnya produk dengan derated mengalami penurunan pada tahun 2020 memperoleh nilai sebesar 43.705,8 kg/jam. Dan pada tahun 2021 produk dengan derated sudah mulai stabil kembali walaupun hasil yang diperoleh masih sedikit menurun, dimana nilai yang diperoleh yaitu sebesar 43.679,7 kg/jam.

#### 4.2.Kinerja Boiler

Pada penelitian Availability kinerja boiler pada PKS Sumatera Makmur Lestari dibutuhkan data – data lain dari suatu komponen kinerja boiler untuk mendapatkan atau memperoleh hasil dari parameter yang akan diolah data diantaranya yaitu parameter Capacity factor (CF), Planned outage factor (POF), Operating availability factor (OAF), Output factor (OF), Service factor (SF), Performance rate, dan Quality rate. Pada tabel 4.6 dapat dilihat data – data yang diperoleh untuk 3 tahun penelitian dari kinerja boiler.

Tabel 4.6 Data – data Kinerja Boiler

Uraian	2019		2020		2021	
		Satuan		Satuan		Satuan
Produksi bruto	940.500	Kg/bln	975.500	Kg/bln	1.305.000	Kg/bln
Kapasitas terpasang	45.000	Kg/jam	45.000	Kg/jam	45.000	Kg/jam
Jam periode	22,6	Hari	25,2	Hari	34,7	Hari
Jam keluar terancam	0	Hari	7	Hari	5	Hari
Jumlah jam/hari pelayanan	21,38	Hari	22,62	Hari	30,83	Hari
Derated	68	Hari	71	Hari	100	Hari

**a. Capacity Factor (CF)**

Capacity factor (CF) Merupakan perbandingan antara jumlah waktu tertentu pada kegiatan produksi terhadap kemampuan komponen mesin dari system keandalan. Nilai CF diperoleh dari perbandingan dari jumlah produksi yang dihasilkan pada periode tertentu terhadap kemampuan yang sudah ditetapkan dari suatu komponen mesin *boiler* yang dioperasikan. Perhitungan untuk Capacity factor (CF) sebagai berikut :

- Capacity Factor (CF) 2019

$$CF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Terpasang} \times \text{Jam Periode}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 CF &= \frac{940500}{45000 \times 22,6} \times 100\% \\
 &= 92,4\% \quad = 0,924
 \end{aligned}$$

- Capacity Factor (CF) 2020

$$CF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Terpasang} \times \text{Jam Periode}} \times 100\%$$

$$CF = \frac{975500}{45000 \times 25,2} \times 100\%$$

$$= 86\% \quad = 0,86$$

- Capacity Factor (CF) 2021

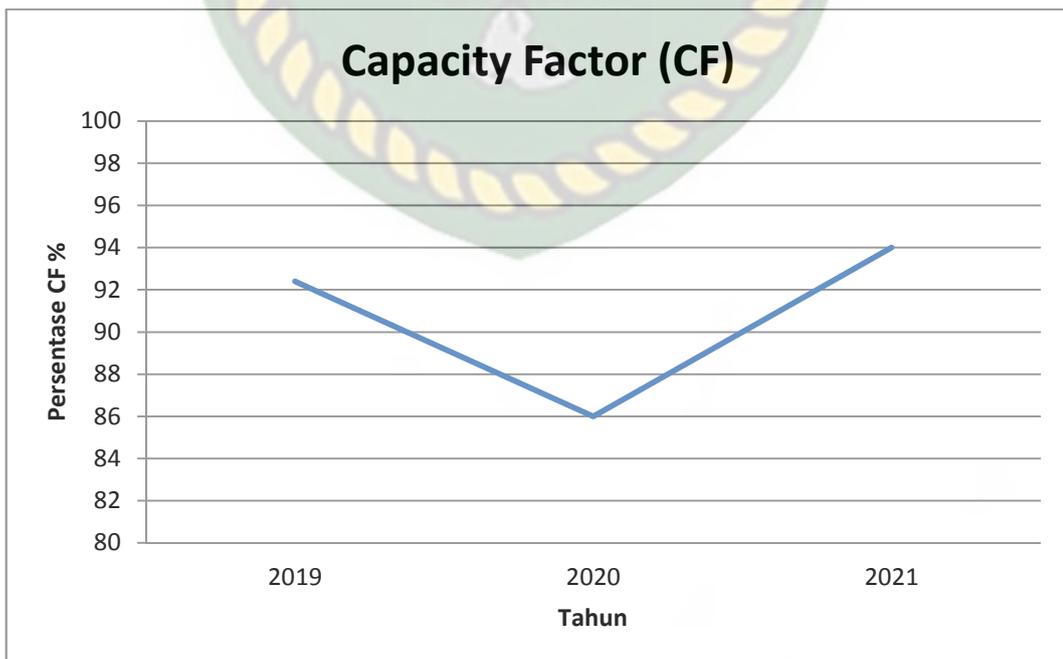
$$CF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Terpasang} \times \text{Jam Periode}} \times 100\%$$

$$CF = \frac{1305000}{45000 \times 30,83} \times 100\%$$

$$= 94\% \quad = 0,94$$

Tabel 4.7 Data hasil Capacity Factor (CF) selama 3 tahun

Capacity Factor	2019	2020	2021
(CF)	92,4%	86%	94%



Gambar 4.4 Kurva hasil Capacity Factor (CF) selama 3 tahun

Capacity Factor (CF) di tahun 2019 (awal pemakain), nilai CF berada pada persentase yang stabil dimana jumlah waktu yang dibutuhkan dari kegiatan produksi masih berada pada kemampuan dari system keandalan pada komponen mesin. Setelah itu pada tahun 2020 CF mengalami penurunan yang sangat jauh, dimana jumlah waktu yang dibutuhkan dari kegiatan produksi tidak mencukupi dari kemampuan system keandalan pada komponen mesin. Dan pada tahun 2021 setelah dilakukannya tindakan system perawatan yang ditingkan lagi Capacity Factor mengalami kenaikan, dimana jumlah waktu yang dibutuhkan dari kegiatan produksi sudah lebih mencukupi untuk kemampuan system keandalan pada komponen mesin.

**b. Plant Outage Factor (POF)**

Plant Outage Factor (POF) merupakan rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu. Parameter ini merupakan persentasi dari kondisi dari suatu komponen mesin *boiler* yang dioperasikan akibat dari pelaksanaan system perawatan pada suatu periode tertentu. Perhitungan untuk Plant Outage Factor (POF) sebagai berikut :

- Plant Outage Factor (POF) 2019

$$POF = \frac{Jam\ Keluar\ Terencana}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$POF = \frac{0}{22,6} \times 100\%$$

$$=0$$

- Plant Outage Factor (POF) 2020

$$POF = \frac{Jam\ Keluar\ Terencana}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$POF = \frac{7}{25,2} \times 100\%$$

$$=27,7\% \quad =0,277$$

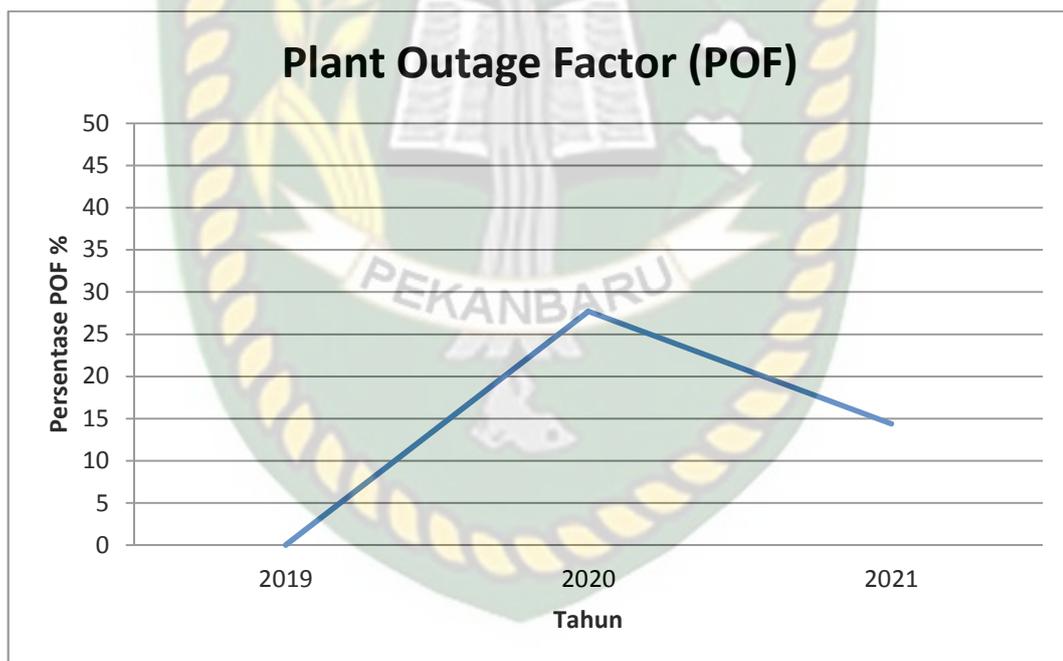
- Plant Outage Factor (POF) 2021

$$\text{POF} = \frac{\text{Jam Keluar Terencana}}{\text{Jam Periode}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{POF} &= \frac{5}{34,7} \times 100\% \\ &= 14,4\% \quad = 0,144 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Data hasil Plant Outage Factor (POF) selama 3 tahun

Plant Outage Factor (POF)	2019	2020	2021
	0	27,7%	14,4%



Gambar 4.5 Kurva hasil Plant Outage Factor (POF) selama 3 tahun

Pada tahun 2019 (awal pemakaian) persentase Plant Outage Factor (POF) berada pada kondisi yang baik dimana rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu tidak ada. Namun ditahun selanjutnya 2020 persentase nilai POF jauh meningkat dimana rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu meningkat dan jam perawatan yang masih kurang mengakibatkan timbulnya kerusakan – kerusakan pada komponen mesin. Dan ditahun

2021 persentase nilai POF mulai sudah mulai stabil kembali dimana rasio jumlah jam suatu komponen keluar dari kondisi waktu tertentu sudah mulai diatasi dengan dilakukannya peningkatan pada jam perawatan pada komponen mesin.

**c. Operating Availability Factor (OAF)**

Operating Availability Factor (OAF) Merupakan faktor kegiatan operasi suatu komponen mesin dalam kondisi sesuai dengan yang ditugaskan. Nilai Operating Availability Factor (OAF) merupakan parameter yang dibutuhkan bagi komponen mesin *boiler* dimana parameter ini berguna untuk mengetahui apakah proses produksi berjalan dengan normal. Perhitungan untuk parameter Operating Availability Factor (OAF) selama 3 tahun pemakaian sebagai berikut :

- Operating Availability Factor (OAF) 2019

$$OAF = \frac{Jam\ Pelayanan + Stand\ by}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$OAF = \frac{21,38 + 0}{22,6} \times 100\%$$

$$= 94,6\% \quad = 0,946$$

- Operating Availability Factor (OAF) 2020

$$OAF = \frac{Jam\ Pelayanan + Stand\ by}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$OAF = \frac{22,62 + 0}{25,2} \times 100\%$$

$$= 89,7\% \quad = 0,897$$

- Operating Availability Factor (OAF) 2021

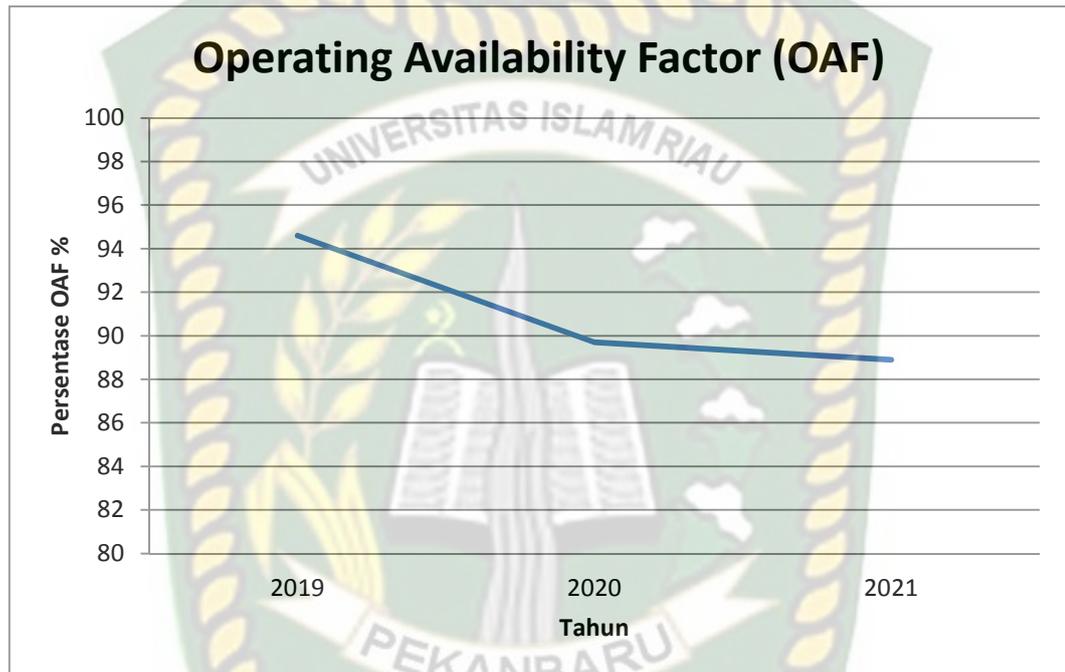
$$OAF = \frac{Jam\ Pelayanan + Stand\ by}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$= \frac{30,83 + 0}{34,7} \times 100\%$$

$$= 88,9\% \quad = 0,889$$

Tabel 4.9 Data hasil Operating Availability Factor (OAF) selama 3 tahun

Operating Availability Factor (OAF)	2019	2020	2021
	94,6%	89,7%	88,9%



Gambar 4.6 Kurva hasil Availability Factor (OAF) selama 3 tahun

Operating Availability Factor (OAF) di tahun 2019 (awal pemakaian), berada pada persentase nilai ketersediaan komponen mesin yang digunakan dalam keadaan yang siap. Dimana proses operasi suatu komponen mesin dalam kondisi sesuai dengan yang ditugaskan. Pada tahun 2020 OAF mengalami penurunan yang sangat jauh, yang mana proses pengoperasian komponen mesin diluar kapasitas yang dimiliki oleh mesin *boiler* yang digunakan. Namun setelah itu pada tahun 2021 setelah dilakukannya tindakan system perawatan yang teliti proses pengoperasian komponen mesin mulai berjalan sedikit stabil sesuai dengan tugas yang diberikan, namun persentasi yang diperoleh masih sedikit menurun dalam kondisi yang normal.

#### d. Output Factor (OF)

Output Factor (OF) merupakan rasio jumlah suatu kompoen yang beroperasi dalam kondisi yang sesuai dengan yang ditugaskan. Nilai Output Factor (OF) merupakan nilai dari hasil yang didapatkan dari proses produksi atau hasil dari pengoperasian suatu komponen mesin yang digunakan dimana hasil yang diperoleh masih dalam kondisi operasi yang normal. Perhitungan untuk pararemeter Output Factor (OF) sebagai berikut :

- Output Factor (OF) 2019

$$OF = \frac{\textit{Produksi Bruto}}{\textit{Kapasitas Terpasang} \times \textit{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

$$OF = \frac{940500}{45000 \times 21,38} \times 100\%$$

$$= \frac{940500}{962100} \times 100\%$$

$$= 97,7\% \quad = 0,977$$

- Output Factor (OF) 2020

$$OF = \frac{\textit{Produksi Bruto}}{\textit{Kapasitas Terpasang} \times \textit{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

$$OF = \frac{975500}{45000 \times 22,62} \times 100\%$$

$$= \frac{975500}{1017900} \times 100\%$$

$$= 95,8\% \quad = 0,958$$

- Output Factor (OF) 2021

$$OF = \frac{\textit{Produksi Bruto}}{\textit{Kapasitas Terpasang} \times \textit{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

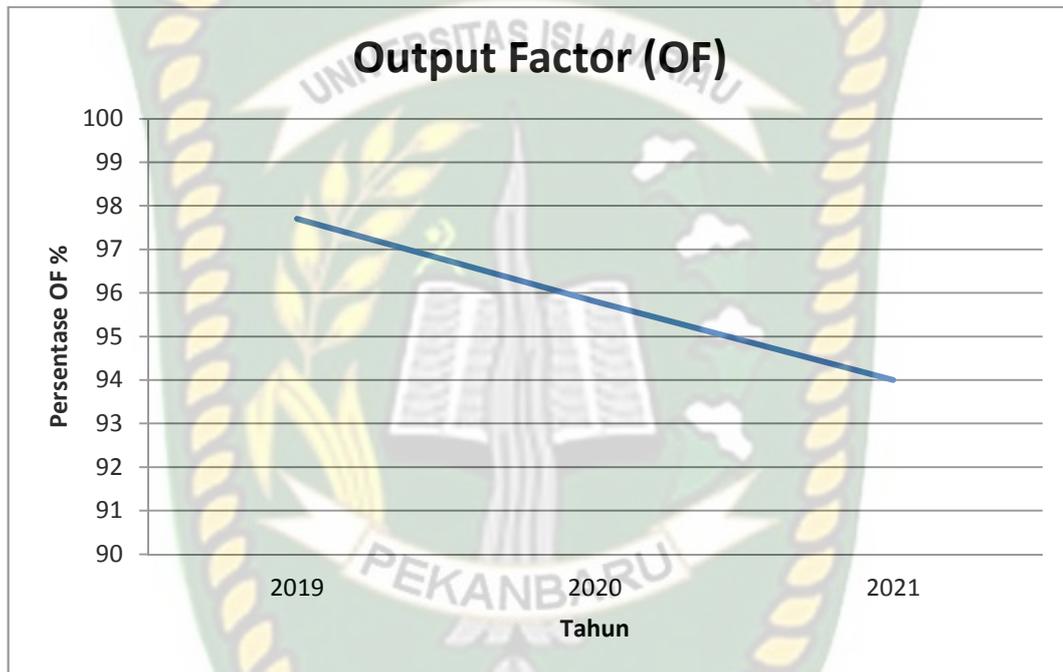
$$OF = \frac{1305000}{45000 \times 30,83} \times 100\%$$

$$= \frac{1305000}{1387350} \times 100\%$$

=94%      =0,94

Tabel 4.10 Data hasil Output Factor (OF) selama 3 tahun

Output Factor (OF)	2019	2020	2021
	97,7%	95,8%	94 %



Gambar 4.7 Kurva hasil Output Factor (OF) selama 3 tahun

Pada tahun 2019 persentase Output Factor (OF) berada pada kondisi yang baik, dimana rasio jumlah suatu kompoen yang beroperasi dalam kondisi yang sesuai dengan yang ditugaskan (awal pemakaian). Namun pada tahun 2020 OF mengalami penurunan akan tetapi masih berada pada kondisi yang stabil, dimana rasio jumlah suatu kompoen yang beroperasi dalam kondisi masih siap untuk digunakan. Dan pada tahun 2021 OF juga masih berada dalam kondisi yang masih sama, walaupun persentasi yang diperoleh juga masih terus menurun tidak mengalami kenaikan dikarenakan pada pemakaian mesin *boiler* yang tidak normal pada tahun sebelumnya.

**e. Service Factor (SF)**

Service Factor (SF) merupakan penghitungan jumlah kegiatan perbaikan dari perbandingan antara waktu sebenarnya dengan waktu yang sudah ditentukan. Nilai Service Factor (SF) adalah factor dari pelayanan suatu komponen mesin yang digunakan dimana perhitungan dari parameter SF sebagai berikut :

- Service Factor (SF) 2019

$$SF = \frac{Jam\ Pelayanan}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{21,38}{22,6} \times 100\% \\
 &= 94,6\% \quad = 0,946
 \end{aligned}$$

- Service Factor (SF) 2020

$$SF = \frac{Jam\ Pelayanan}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{22,62}{25,2} \times 100\% \\
 &= 89,7\% \quad = 0,897
 \end{aligned}$$

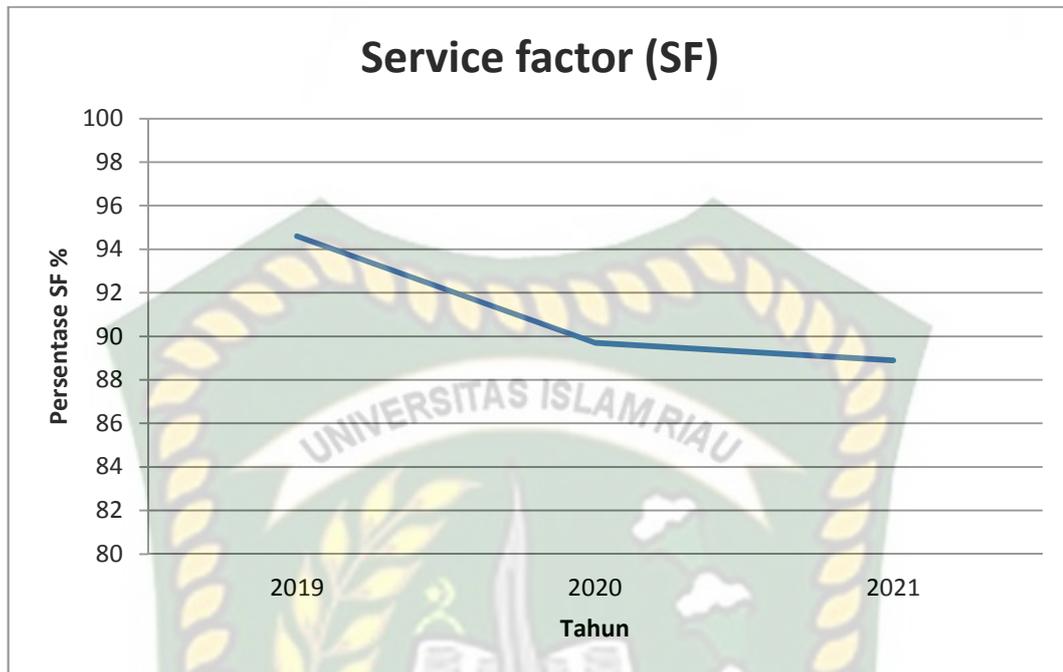
- Service Factor (SF) 2021

$$SF = \frac{Jam\ Pelayanan}{Jam\ Periode} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{30,83}{34,7} \times 100\% \\
 &= 88,9\% \quad = 0,889
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Data hasil Service factor (SF) selama 3 tahun

Service factor (SF)	2019	2020	2021
	94,6%	89,7%	88,9%



Gambar 4.8 Kurva hasil Service factor (SF) selama 3 tahun

Service factor (SF) pada tahun 2019 (awal pemakaian), dalam kondisi yang stabil ysnng mana pengoperasian pada tahun ini masih dalam kondisi komponen mesin yang masih baru. Di tahun berikutnya 2020 SF mengalami penurunan yang sangat jauh dimana perhitungan jumlah kegiatan perbaikan dan perbandingan waktu pengoperasian yang tidak diperhatikan, mengakibatkan penurunan pada perolehan nilai yang drastic dan menimbulkan terjadinya kerusakan yang tidak direncanakan akibat dari kelelai pada system perawatan pada komponen mesin yang digunakan. Namun pada tahun 2021 SF sudah mulai sedikit membaik walaupun perolehan persentasi masih sedikit menurun, dimana perhitungan jumlah perbaikan dan proses pengoperasian komponen mesin sudah diperketat agar menghindari kerusakan pada komponen mesin yang tidak diinginkan.

**f. Performance Rate = Output Rate (OF)**

Performance Rate merupakan pengukuran seberapa efektif komponen yang digunakan. Nilai Performance Rate sama dengan nilai dari perhitungan dari

parameter Output Rate (OF). Perhitungan untuk parameter performance rate sebagai berikut :

- Performance Rate = Output Rate (OF) 2019

$$\text{Perf. Rate} = OF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Pelayanan} \times \text{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

$$\text{Perf. Rate} = \frac{940500}{45000 \times 21,38} \times 100\%$$

$$= \frac{940500}{962100} \times 100\%$$

$$= 97,7\% \quad = 0,977$$

- Performance Rate = Output Rate (OF) 2020

$$\text{Perf. Rate} = OF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Pelayanan} \times \text{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

$$\text{Perf. Rate} = \frac{975500}{45000 \times 22,62} \times 100\%$$

$$= \frac{975500}{1017900} \times 100\%$$

$$= 95,8\% \quad = 0,958$$

Performance Rate = Output Rate (OF) 2021

$$\text{Perf. Rate} = OF = \frac{\text{Produksi Bruto}}{\text{Kapasitas Pelayanan} \times \text{Jam Pelayan}} \times 100\%$$

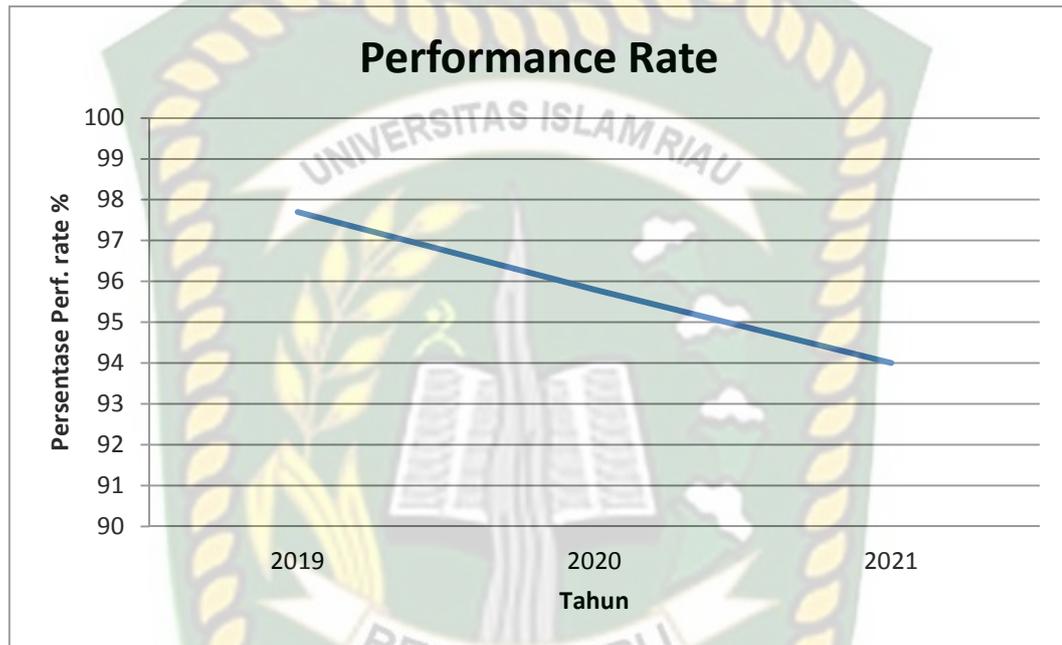
$$\text{Perf. Rate} = \frac{1305000}{45000 \times 30,83} \times 100\%$$

$$= \frac{1305000}{1387350} \times 100\%$$

$$= 94\% \quad = 0,94$$

Tabel 4.12 Data hasil Performance Rate selama 3 tahun

Performance Rate	2019	2020	2021
	97,7%	95,8%	94%



Gambar 4.9 Kurva hasil Performance Rate selama 3 tahun

Perf. Rate pada tahun 2019 dalam kondisi yang normal, dimana komponen mesin yang dioperasikan dalam keadaan baru dioperasikan. Ditahun berikutnya 2020 Perf. Rate masih berada dalam kondisi yang normal walaupun persentasi yang diperoleh sedikit menurun, dimana komponen mesin yang digunakan masih efektif. Dan pada tahun 2021 Perf. Rate masih sama dengan tahun sebelumnya, dimana komponen mesin yang dioperasikan masih berjalan efektif walaupun persentase nilai yang diperoleh masih terus menurun.

#### g. Quality Rate

Quality Rate merupakan pengukuran efektivitas proses manufaktur sebagai pengeliminasi *scrap*, *rework*, dan *yield loss*. Perhitungan untuk parameter dari Quality Rate sebagai berikut :

- Quality Rate 2019

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Production Bruto} - \text{Quality defects}}{\text{Production Bruto}} \times 100\%$$

$$\text{Quality rate} = \frac{940500 - 58626}{940500} \times 100\%$$

$$= 93,7\% \qquad = 0,937$$

- Quality Rate 2020

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Production Bruto} - \text{Quality defects}}{\text{Production Bruto}} \times 100\%$$

$$\text{Quality rate} = \frac{975500 - 43705,8}{975500} \times 100\%$$

$$= 95,5\% \qquad = 0,955$$

- Quality Rate 2021

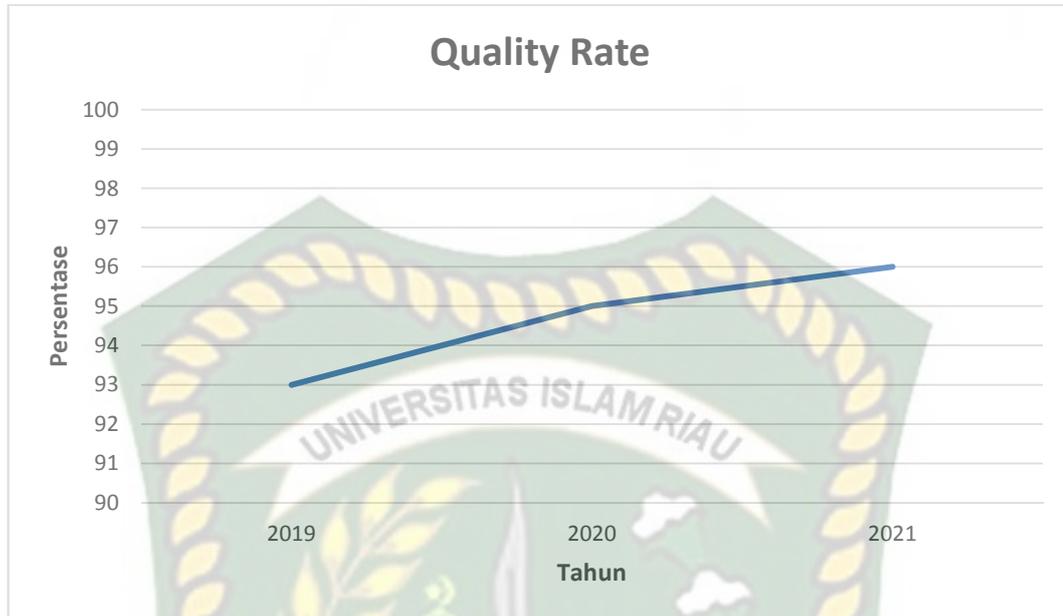
$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Production Bruto} - \text{Quality defects}}{\text{Production Bruto}} \times 100\%$$

$$\text{Quality rate} = \frac{1305000 - 43679,7}{1305000} \times 100\%$$

$$= 96,6\% \qquad = 0,966$$

Tabel 4.13 Data hasil Quality Rate selama 3 tahun

Quality Rate	2019	2020	2021
	93,7%	95,5%	96,6%



Gambar 4.10 Kurva hasil Quality rate selama 3 tahun

Nilai Quality rate selama 3 tahun pemakaian pada PKS Sumatera Makmur Lestari yaitu pada tahun 2019, 2020, dan 2021 dalam kondisi normal dimana tidak dipeoleh adanya *scrap*, *rework*, dan *yield loss*.

#### 4.3. Overall Equipment Efectivness (OEE)

Menurut R. Keith Moubly dalam bukunya “An intro duction to predictive maintenance, second edition” menjelaskan dimana ketegori prestasi perusahaan digolongkan dalam rate ketegori world class 99%, sedangkan ketegori baik yaitu 85%. Perhitungan untuk parameter Overall Equipment Efectivness (OEE) selama 3 tahun pemakaian adalah sebagai berikut :

- Overall Equipment Efectivness (OEE) 2019

$$OEE = EAF \times Perfomance Rate \times Quality Rate$$

$$= 0,93 \times 0,977 \times 0,937$$

$$= 85,1\% \quad = 0,851$$

- Overall Equipment Effectiveness (OEE) 2020

$$\text{OEE} = \text{EAF} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

$$= 0,917 \times 0,958 \times 0,955$$

$$= 83,8\% \quad = 0,838$$

- Overall Equipment Effectiveness (OEE) 2021

$$\text{OEE} = \text{EAF} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

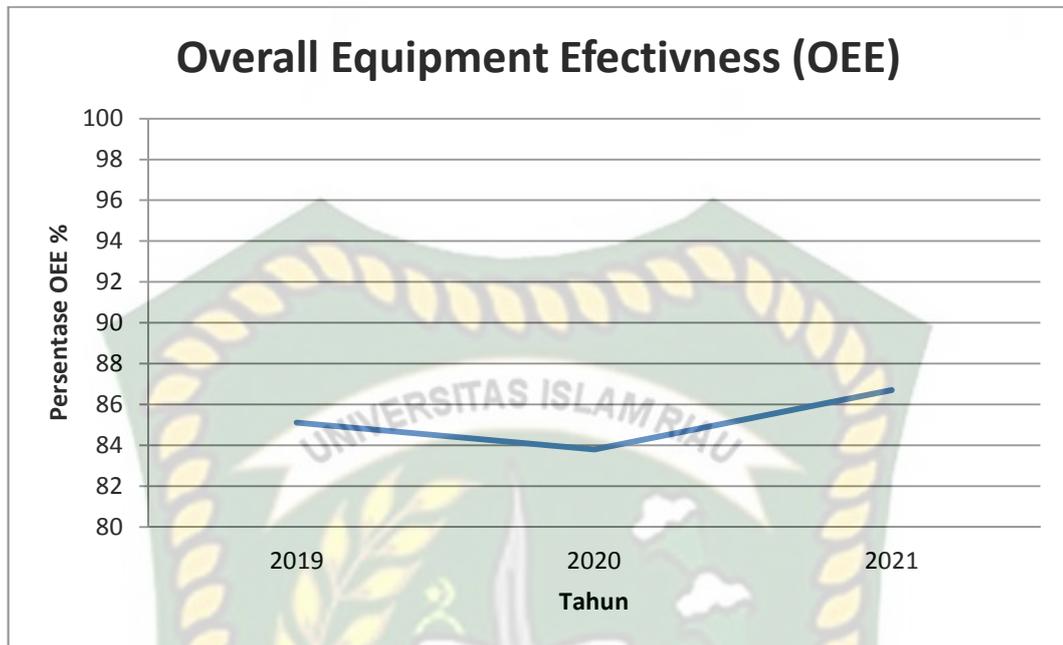
$$= 0,955 \times 0,94 \times 0,966$$

$$= 86,7\% \quad = 0,867$$

Tabel 4.14 Data hasil Overall Equipment Effectiveness (OEE) 3 tahun

Overall Equipment	2019	2020	2021
Effectiveness (OEE)	85,1%	83,8%	86,7%

Analisa kategori prestasi pada penelitian ini yaitu masih dalam keadaan yang cukup baik. Dimana pada tahun 2019 nilai OEE dapat diketahui = 85,1%, pada tahun 2020 nilai OEE dapat diketahui = 83,8%, dan pada tahun 2021 nilai OEE dapat diketahui = 86,7%.



Gambar 4.11 Kurva hasil Overall Equipment Effectivness (OEE)

Dari kurva diatas, Gambar 4.1 dapat dilihat perbandingan dari nilai Overall Equipment Effectivness (OEE). Tingkat ketersediaan mesin pada tahun 2019 dalam keadaan yang normal dimana mesin *boiler* yang digunakan dalam kondisi yang baru beroperasi. Namun tingkat ketesedian yang mengalami penurunan drastis terjadi pada tahun 2020. Pada tahun 2020 komponen pada mesin boiler banyak mengalami kendala seperti terjadinya *Breakdown* atau kerusakan – kerusakan kecil yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Namun pada tahun 2020 tingkat ketersediaan atau *Availability* pada mesin boiler masih berada pada kotegori prestasi yang kurang baik, namun kegiatan perawatan pada tahun 2020 harus lebih ditingkatkan untuk menghindari tingkat *Breakdown* yang berkepanjangan. Ditahun 2021 tingkat kestersediaan atau *Availability* sudah meningkat namun kondisi indeks prestasi pada tahun 2021 masih dalam keadaan baik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan data dan pembahasan penelitian terhadap 3 Tahun *Availability* Kinerja *Boiler* pada PKS Sumatera Makmur Lestari, dapat disimpulkan sebagai berikut :

Pengolahan data pada penelitian ini khusus hanya 3 tahun penelitian saja. Dikarenakan ditahun berikutnya apa saja bisa terjadi, seperti hasil dan pembahasan yang diperoleh bisa saja menjadi penurunan ataupun juga bisa menjadi lebih baik lagi.

1. Dari hasil data 3 tahun pemakaian ketersediaan komponen mesin *boiler* pada PKS Sumatera Makmur Lestari memperoleh rate kategori prestasi perusahaan dari nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebesar 85,1% pada tahun 2019, 83,8% pada tahun 2020, dan 86,7% pada tahun 2021. Dari hasil 3 tahun tersebut kualitas pemeliharaan sudah termasuk pada golongan yang baik, walaupun persentase yang diperoleh mengalami penurunan, maka system perawatan harus lebih ditingkatkan agar memperoleh golongan rate kategori world class dengan persentase 99%.
2. Ditahun pertama 2019 (awal pemakaian) mesin *boiler* dalam keadaan yang normal, dimana pada PKS Sumatera Makmur Lestari mesin *boiler* yang digunakan masih baru beroperasi.
3. Pada tahun ke-2 yaitu tahun 2020 kinerja mesin *boiler* mengalami penurunan dan disimpulkan pada perolehan data sebagai berikut :
  - a. Nilai Equivalent Availability Factor (EAF) sebesar 93,3%, akibat dari kapasitas yang dikeluarkan melebihi tingkat ketersediaan dari komponen mesin *boiler* dan kelalaian pada system perawatan yang dimiliki.

- b. Nilai Capacity Factor (CF) sebesar 86%, akibat dari jumlah waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi tidak mencukupi dari kemampuan pada system keandalan dari mesin *boiler*.
  - c. Nilai Plant Outage Factor (POF) sebesar 27,7%, akibat dari rasio jumlah jam keluar dari kondisi tertentu meningkat dan jam perawatan pada suatu komponen mesin yang tidak mencukupi yang menimbulkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada komponen mesin tersebut.
  - d. Nilai Operating Availability Factor (OAF) sebesar 89,7%, akibat dari pengoperasian komponen mesin diluar kapasitas yang dimiliki dari dari komponen mesin yang digunakan.
  - e. Nilai Output Factor (OF) sebesar 95,8%, akibat dari rasio jumlah suatu komponen yang beroperasi dalam keadaan yang siap untuk digunakan, dimana kondisi OF pada tahun ini masih berada pada level yang stabil walaupun data hasil persentase yang diperoleh masih menurun.
  - f. Nilai Service Factor (SF) sebesar 89,7%, akibat dari perhitungan jumlah kegiatan perbaikan dan perbandingan waktu pengoperasian yang tidak diperhatikan.
  - g. Nilai Performance Rate sebesar 95,8% masih berada pada level kondisi yang normal, dimana komponen mesin yang digunakan masih efektif.
  - h. Nilai Quality Rate sebesar 95,5% dimana adanya *scrap*, *rework*, dan *yield loss*.
4. Ditahun berikutnya yaitu tahun 2021 kinerja mesin boiler sudah mengalami mengalami kenaikan, karena system perawatan yang sudah lebih ditingkatkan sehingga ketersediaan dari suatu komponen mesin dapat memenuhi kebutuhan proses produksi.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian diatas, maka dari itu peneliti menyarankan untuk:

1. Untuk pihak perusahaan, system perawatan pada komponen mesin lebih ditingkatkan lagi agar ketersediaan atau *Availability* komponen pada mesin dapat bekerja dengan optimal tidak mengalami gangguan dan peneliti menyarankan agar lebih diperhatikan tentang kapasitas komponen mesin yang digunakan, agar umur dari komponen mesin tersebut bisa berjalan dalam waktu yang lama sehingga tidak terjadinya kerusakan yang tidak diinginkan sehingga bisa menurunkan hasil produksi bagi perusahaan.
2. Peneliti selanjutnya, diharapkan dapat menambah variasi-variasi baru dalam penelitian serta menggunakan data mesin diatas 3 tahun agar data yang diperoleh lebih *valid*.
3. Kemudian, peneliti selanjutnya juga diharapkan untuk menambah referensi-referensi terbaru dan melakukan wawancara yang lebih spesifik agar wawasan yang diperoleh semakin luas serta perolehan data yang diterima lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assuari, S. (1999). *manajemen produksi dan operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Corder, A. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Daryus, A. (2007). *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta: Universitas Dharma Persada.
- Dervitsiotis, K. N. (1981). *Operational Management*. Singapore: Mc Graw Hill Book Comapany.
- Dhillon, B. (1997). *Realibilty And Maintainability*. New Delhi: CBS Publisher and Distribution.
- Dr. Ellysa Nursanti, S. M. (2019). *Maintenance Capacity Planning Efisiensi & Produktivitas*. Malang: CV. Dream Litera Buana.
- Dr.Rachmat Subagyo, S. M. (2018). *Sitem Pembangkit dan Turbin Uap*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mengkurat.
- Drs. M. Mustaghfirin Amin, M. (2014). *Peralatan Proses dan Utilitas*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Fahrizal. (2014). Analisis Availability Kinerja Boiler pada PT. Rohul Sawit Indah. *JURNALAPTEK Vol. 6 No 2*, 173-181.
- Gaspersz, V. (1992). *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Bandung Tarsito.
- Ir. Ating Sudrajat, M. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT REFIKA ADITAMA.
- Ir. Lalu Mustiadi, M. d. (2020). *DISTILASI UAP DAN BAHAN BAKAR*. Purwokerto: CV IRDH.
- Ngadiyono, Y. (2013). *Pemeliharaan Mekanik Industri*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Nugroho, A. (2019). *Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University.

Putra, S. H. (2008, April 11). *Wongkentir.Blogspot.com*. Retrieved from Parameter Penilaian Sebuah Pembangkit:  
<https://wongkentir.blogspot.com/2008/04/parameter-penilaian-sebuah-pembangkit.html>

Sajiyo. (2017). *PEMELIHARAAN BOILER MODUL I DAN*. Bontang: Badak LNG.

Sunyoto, d. (2008). *Teknik Mesin Industri Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

