

# PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN TURBIN DI PT PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKIT OMBILIN

Taufik<sup>1,2</sup>, Selly Septyani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Sistem Produksi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: [sellysept@gmail.com](mailto:sellysept@gmail.com)

## Abstract

*Electrical energy requirements in Indonesia annually increase in line with economic growth and an increase in population. So, PT PLN (Persero) have to be able to fulfill the public demands for electrical energy. One of the power generation existed is Steam Power Generation. The condition of power generation depended on the maintenance, so, well maintenance made power plant operated at ease condition. Production process in Steam Power Generation of Ombilin used a closed cycle or continuous process. If a machine or an equipment damaged, it will stop whole function. In production process, the company involved several main engines are boiler, turbine, condenser and generator. But the damage often occurs in turbine engine which caused the generation power in Steam Power Generation of Ombilin can not operate. Therefore, it needs a maintenance action of machinery / equipment to be able to prevent the damage. The right strategy to keep the engine operating is determining the optimal maintenance interval of equipment for minimizing downtime.*

*The stages of this research begins by determining the critical engine with Criticality Analysis method. Then, the determination of the critical components using Pareto diagram. Then, the determination of the probability density function (pdf) and the reliability of critical components. After that, the determination of maintenance intervals of the critical components by using the criterion of minimizing the downtime that will be used to make maintenance scheduling.*

*Based on the processing data has been done, it was found that the critical engine is a turbine engine with a total value is 44 and the critical components of a turbine engine are membrane turbine, bearing and turning gear with the examination time interval for each critical component are 960.48 hours (40 days), 908.57 hours (37 days) and 1150.28 hours (48 days). While the preventive replacement intervals for components of turbine membrane is after operating for 3410 hours, the replacement for bearing components can be carried out during overhaul after operating for 8000 hours and the replacement intervals for components of turning gear is after operating for 4500 hours. The reliability values for each critical component before and after preventive maintenance remains the same, but the value of downtime on each component decreases. The total values of availability for each critical component exceeds 95%.*

**Keywords:** *critical component, maintenance interval, reliability, availability, scheduling*

## Abstrak

*Kebutuhan energi di Indonesia meningkat setiap tahunnya sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan populasi. Oleh karena itu, PT PLN (Persero) harus mampu memenuhi permintaan publik akan energi listrik. Salah satu pembangkit tenaga listrik yang ada adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Kondisi pembangkit tenaga listrik tergantung pada perawatan, sehingga perawatan yang baik akan membuat pembangkit tenaga listrik beroperasi secara lancar. Proses produksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Ombilin menggunakan siklus tertutup atau continuous proses. Jika sebuah mesin atau peralatan mengalami kerusakan, maka seluruh fungsi akan terhenti. Dalam proses produksi, perusahaan melibatkan beberapa mesin utama, yaitu boiler, turbin, kondenser dan generator. Akan tetapi kerusakan sering terjadi pada mesin turbin yang menyebabkan pembangkit tenaga pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap tidak dapat beroperasi. Oleh karena*

itu, aktivitas perawatan mesin/ peralatan dibutuhkan untuk mencegah kerusakan. Strategi yang tepat untuk menjaga mesin tetap beroperasi adalah menentukan interval waktu perawatan yang optimal bagi peralatan untuk meminimasi downtime.

Tahapan penelitian ini dimulai dengan menentukan mesin kritis dengan Metode Critical Analysis. Setelah itu dilanjutkan dengan menentukan komponen kritis menggunakan Diagram Pareto. Kemudian menentukan probability density function (pdf) dan reabilitas dari komponen-komponen kritis. Setelah itu, menentukan interval perawatan komponen-komponen kritis menggunakan kriteria minimasi downtime yang akan digunakan untuk membuat jadwal perawatan.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, ditemukan bahwa mesin kritis adalah mesin turbin dengan nilai total 44 dan komponen-komponen kritis dari mesin turbin adalah membrane turbine, bearing dan turning gear dengan interval waktu pemeriksaan untuk setiap komponen kritis adalah 960.48 jam (40 hari), 908.57 jam (37 hari) dan 1150.28 jam (48 hari). Sementara interval penggantian untuk mencegah kerusakan bagi komponen turbine membrane adalah setelah beroperasi selama 3410 jam, penggantian untuk komponen bearing dapat dilakukan pada saat overhaul setelah beroperasi selama 8000 jam dan interval penggantian untuk komponen turning gear adalah setelah beroperasi selama 4500 jam. Nilai reliabilitas untuk setiap komponen kritis sebelum dan setelah preventive maintenance tetap sama, namun nilai downtime bagi setiap komponen menurun. Nilai availability total untuk setiap komponen kritis melebihi 95%.

**Kata kunci:** Komponen kritis, interval perawatan, reliabilitas, availability, penjadwalan

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan seiring dengan tingkat pertumbuhan ekonomi dan peningkatan penduduk Indonesia. Asumsi pertumbuhan ekonomi nasional rata-rata tumbuh sebesar 6,1 persen pertahun dan pertumbuhan penduduk secara nasional tumbuh sebesar 1,3 persen pertahun, sesuai Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2012-2031 kebutuhan tenaga listrik rata-rata Indonesia diperkirakan sebesar 11% pertahun.

Kebutuhan energi listrik yang meningkat menuntut PT PLN (Persero) untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap energi listrik. Energi listrik dapat dihasilkan melalui pembangkit tenaga listrik. Pembangkit tenaga listrik terdiri dari beberapa jenis, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis batubara, gas alam atau bahan bakar minyak (BBM), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak turbin, Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) berbasis tenaga uap panas bumi dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan bahan bakar BBM. Salah satu pembangkit listrik milik PT PLN (Persero) adalah PLTU Ombilin. PLTU Ombilin merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang menyalurkan energi listriknya untuk Sumatera Bagian Selatan.

Terhentinya pasokan listrik dari PLTU Ombilin disebabkan karena proses produksi yang terhenti. Proses produksi di PLTU bersifat *continuous process*. Apabila salah satu mesin atau peralatan mengalami kerusakan/ kegagalan akan menyebabkan terhentinya keseluruhan fungsi. Bagian-bagian utama yang terdapat di PLTU adalah boiler, turbin, kondensor dan generator. Setiap bagian tersebut juga tersusun dari beberapa mesin yang dapat membantu proses kerja setiap bagian.

Kerusakan mesin/ peralatan secara tiba-tiba merupakan permasalahan besar yang sering ditemui di PLTU Ombilin yang mengakibatkan seringnya terjadi penghentian operasi (*downtime*), dan mengakibatkan proses produksi harus terhenti untuk melakukan perbaikan. Setiap kerusakan pada mesin memang tidak dapat diketahui secara pasti kapan terjadinya. Oleh sebab itu, diperlukan suatu tindakan perawatan mesin/ peralatan untuk dapat mencegah terjadinya kerusakan. Strategi yang tepat untuk menjaga mesin agar dapat beroperasi adalah dengan cara menentukan interval waktu perawatan peralatan yang optimal dengan tujuan minimasi *downtime* yang nantinya akan dibuat dalam bentuk jadwal perawatan. Untuk itu metode *preventive maintenance* digunakan untuk merancang jadwal komponen kritis sangat diperlukan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan mesin dan komponen yang kritis.
2. Mengevaluasi tindakan perawatan yang dilakukan terhadap komponen kritis.
3. Menentukan interval waktu perawatan komponen kritis mesin turbin yang optimal dengan tujuan minimasi *downtime*.
3. Menjamin kesiapan operasional keseluruhan peralatan agar dapat digunakan dalam keadaan darurat setiap dibutuhkan, misalnya seperti unit yang digunakan sebagai cadangan.
4. Menjamin keselamatan kerja operator yang menggunakan peralatan tersebut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Perawatan

Perawatan merupakan suatu fungsi yang sama pentingnya dengan produksi pada suatu perusahaan atau pabrik. Hal ini karena peralatan atau fasilitas yang kita gunakan memerlukan pemeliharaan atau perawatan agar peralatan atau fasilitas dapat digunakan terus agar kegiatan produksi dapat berjalan lancar [1].

Berikut adalah pengertian pemeliharaan dari beberapa sumber:

1. Menurut Dhillon (2002) pemeliharaan merupakan semua tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan atau mengembalikan item atau peralatan ke keadaan tertentu.
2. Menurut Assauri (2008) perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memelihara dan menjaga peralatan atau fasilitas dan mengadakan perbaikan atau penggantian sehingga dapat memperoleh suatu kegiatan proses produksi yang memuaskan dan sesuai dengan yang direncanakan.
3. Menurut Ngadiyono (2010) kegiatan pemeliharaan meliputi *maintenance*, *repair* dan *overhaul*. Jadi pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai semua tindakan yang bertujuan untuk mempertahankan atau memulihkan komponen atau mesin ke keadaan ideal sehingga dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan kebutuhan perusahaan.
4. Menurut Ginting (2009) pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjamin kelangsungan fungsional mesin atau sistem produksi supaya beroperasi secara maksimal.

Tujuan utama pemeliharaan dapat diidentifikasi sebagai berikut (Sodikin, 2008):

1. Memperpanjang umur dari mesin atau fasilitas
2. Menjamin ketersediaan peralatan yang digunakan untuk kegiatan produksi atau jasa agar dapat digunakan secara optimal.

### 2.2. Klasifikasi Perawatan

Kegiatan perawatan yang dapat dilakukan oleh perusahaan atau pabrik dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu [1]:

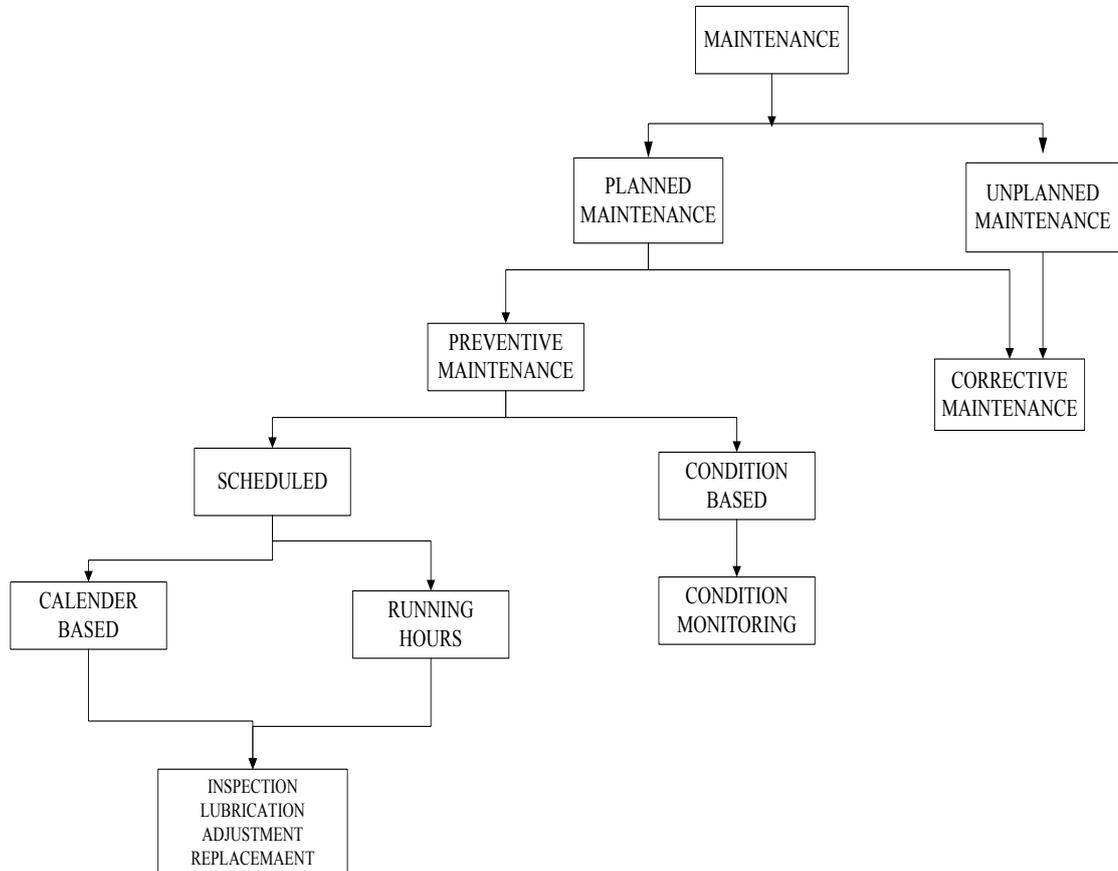
1. *Corrective Maintenance*  
Perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Tindakan perawatan yang dilakukan biasanya berupa perbaikan atau reparasi.
2. *Preventive Maintenance*  
Pemeliharaan pencegahan adalah kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menentukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu yang digunakan dalam proses produksi. Pemeliharaan pencegahan sangat efektif digunakan untuk fasilitas produksi yang termasuk dalam "*critical unit*". Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk ke dalam golongan *critical unit*, apabila [1]:
  - a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
  - b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
  - c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi
  - d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini adalah cukup besar dan mahal.

*Maintenance* yang dilakukan perusahaan dapat dibedakan atas dua kegiatan [1], yaitu:

- a. *Routine Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, misalnya melakukan pembersihan fasilitas/peralatan, pemberian minyak pelumas dan melakukan pengecekan oli yang dilakukan setiap hari.
- b. *Periodic Maintenance* adalah kegiatan

pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu. Jangka waktu yang

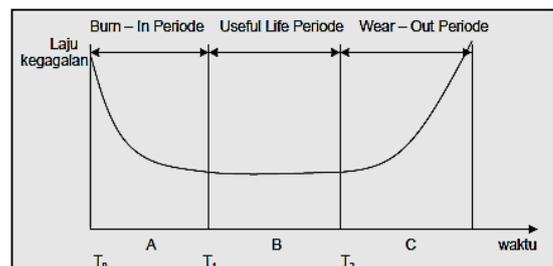
digunakan dapat berdasarkan jam kerja mesin atau fasilitas produksi.



**Gambar 1.** Jenis-jenis Perawatan (Priyanta, 2000)

### 2.3. Pola Waktu Kerusakan Alat

Peralatan atau produk yang terdapat pada suatu sistem tidak dapat digunakan secara terus-menerus karena setiap peralatan mempunyai umur. Umur untuk setiap peralatan atau produk tersebut sangat sulit untuk ditentukan secara pasti. Walaupun sulit untuk ditentukan secara pasti, setiap peralatan atau produk mempunyai pola kerusakan yang dibagi menjadi 3 periode waktu atau fase yang disebut dengan "Bathtub Curve" seperti yang ditunjukkan Gambar 2.



**Gambar 2.** Bathtub Curve

### 2.4. Penentuan Komponen Kritis

Komponen kritis adalah kondisi suatu komponen yang berpotensi mengalami kerusakan yang berpengaruh pada keandalan operasional unit sistem. Penilaian komponen kritis dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *critical analysis*

dengan menggunakan empat kriteria yaitu [5]:

1. Frekuensi kerusakan tinggi  
Frekuensi kerusakan yang tinggi pada suatu komponen jika tidak segera dilakukan tindakan perbaikan dapat merambat ke komponen utama yang berpotensi menimbulkan unit tidak dapat beroperasi (*breakdown*).
2. Dampak kerusakan pada sistem  
Apabila terjadi kerusakan pada komponen akan menyebabkan sistem tidak berfungsi maksimal atau gagal melaksanakan fungsinya.
3. Pembongkaran dan pemasangannya sulit  
Penggantian terhadap komponen yang rusak harus dilakukan pembongkaran, komponen diperbaiki atau diganti yang baru, lalu dilakukan pemasangan kembali. Faktor yang mempengaruhi kriteria ini antara lain :
  - a. Posisi komponen
  - b. Alat yang digunakan untuk pembongkaran
  - c. Waktu yang diperlukan
  - d. Mekanik yang berpengalaman
  - e. Biaya jasa
4. Harga komponen mahal  
Harga komponen disebut mahal apabila harga komponen tersebut di atas harga rata-rata seluruh komponen yang ada pada satu mesin.

## 2.5. Analisis ABC

Analisis ABC atau dikenal dengan klasifikasi Pareto merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah penentuan titik optimum, baik jumlah pemesanan maupun *order point*, serta berguna dalam menentukan barang-barang yang harus diprioritaskan. Analisis ABC sangat berguna dalam memfokuskan perhatian manajemen terhadap penentuan jenis barang yang paling penting dalam sebagian besar investasi [6].

ABC Analisis mengklasifikasikan persediaan dalam tiga kategori, yaitu: A, B, dan C dengan basis volume penggunaan biaya persediaan dalam setahun. Analisis ABC adalah sebuah aplikasi persediaan dari

prinsip Pareto, dikembangkan oleh Vilfredo Pareto ahli ekonomi Italia [7].

Berdasarkan analisis ABC 10% barang berkontribusi pada 70 % dari nilai dan disebut dengan kelompok A, kelompok B merupakan 20 % barang yang berkontribusi pada 10% nilai. Hal ini menunjukkan bahwa dengan mengontrol sebagian kecil barang, yaitu 10 % dari jumlah total barang, maka akan menghasilkan kontrol terhadap 70 % dari total persediaan (Atmaja, 2012). Selain itu klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20 atau hukum Pareto, dimana sekitar 80 % dari nilai total persediaan material mewakili oleh 20 % persediaan material [8].

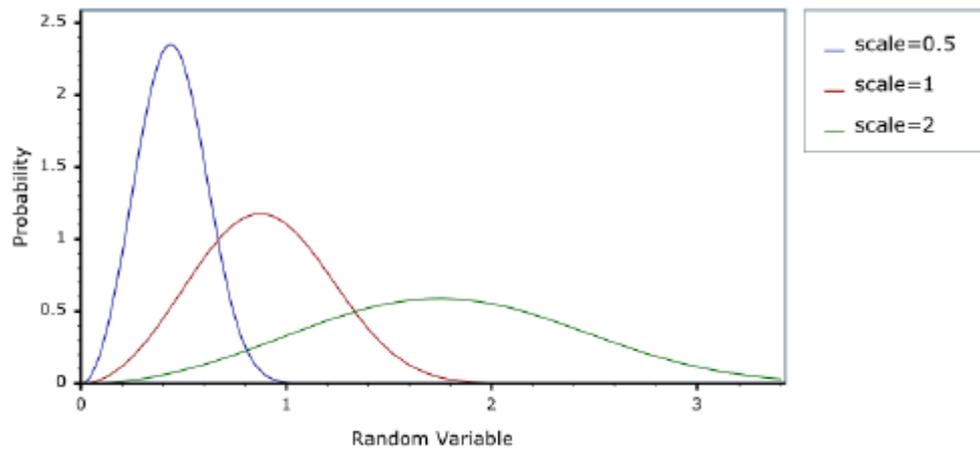
## 2.6. Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan adalah informasi mengenai umur pakai suatu peralatan. Distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah distribusi yang menggunakan variabel acak yang kontinyu (waktu, jarak, temperatur). Adapun distribusi kerusakan yang umum digunakan sebagai model distribusi keandalan yaitu :

1. Distribusi Weibull
2. Distribusi Normal
3. Distribusi Lognormal
4. Distribusi Eksponensial

### 2.6.1 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan muncul pada hampir semua karakteristik kegagalan produk karena mencakup ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Parameter yang digunakan dalam Distribusi Weibull ini adalah  $\theta$  yang disebut parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Parameter  $\beta$  berguna untuk menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk dan parameter skala ( $\theta$ ) mempengaruhi nilai tengah dari pola data [11]. Pola dari Distribusi Weibull dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pola Distribusi Weibull

Fungsi-fungsi dari Distribusi Weibull adalah:

1. Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (1)$$

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (3)$$

4. Mean Time to Failure (MTTF)

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \quad (4)$$

Nilai  $\Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)$  diperoleh dari  $\Gamma(x)$  tabel fungsi Gamma.

5. Mean Time to Repair (MTTR)

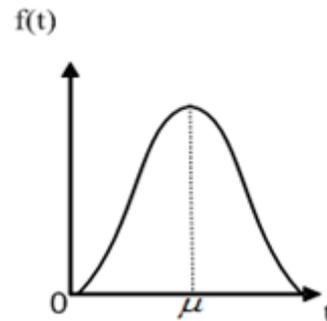
$$MTTR = \theta \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \quad (5)$$

Nilai  $\Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right)$  diperoleh dari  $\Gamma(x)$  tabel fungsi Gamma.

### 2.6.2 Distribusi Normal

Parameter yang digunakan distribusi normal adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Distribusi normal seringkali disebut dengan *Gaussian*

*Distribution*, dimana dimana distribusi ini memiliki ciri simetris di sekitar rata-rata dengan sebaran di distribusi yang ditentukan oleh  $\sigma$  [11].



**Gambar 4.** Distribusi Normal

Fungsi-fungsi dari Distribusi Normal adalah:

1. Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (6)$$

untuk  $-\infty \leq t \leq \infty$

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (7)$$

atau

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (8)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (9)$$

## 4. Mean Time to Failure (MTTF)

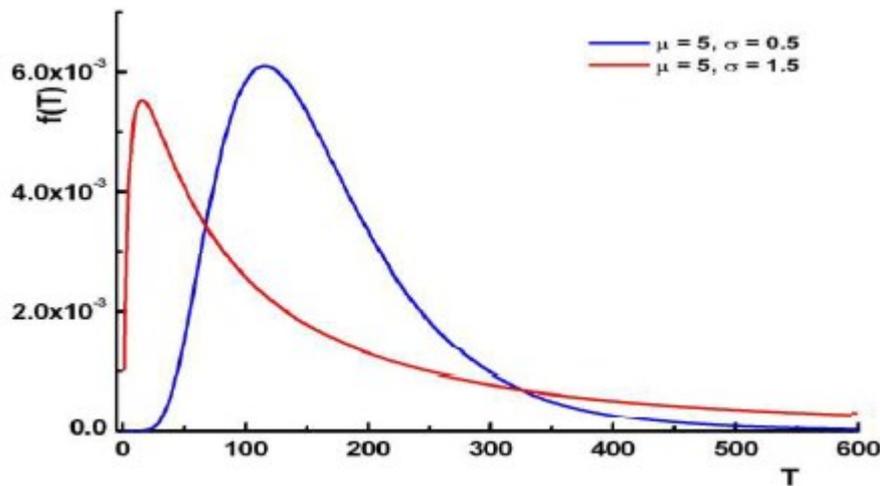
$$MTTF = \mu \quad (10)$$

## 5. Mean Time to Repair (MTTR)

$$MTTR = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \quad (11)$$

## 2.6.3 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal menggunakan dua parameter yaitu  $s$  sebagai parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan [11].



Gambar 5. Pola Distribusi Lognormal

Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal adalah :

## 1. Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \ln\left(\frac{t}{t_{med}}\right)^2} \quad (12)$$

## 2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (13)$$

## 3. Fungsi keandalan R(t)

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (14)$$

## 4. Mean Time to Failure (MTTF)

$$MTTF = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \quad (15)$$

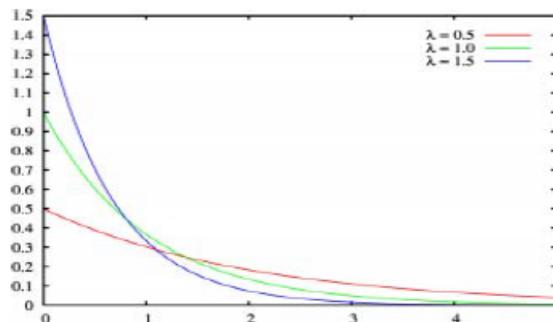
## 5. Mean Time to Repair (MTTR)

$$MTTR = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \quad (16)$$

## 2.6.4 Distribusi Eksponensial

Menurut Ebelling pada penelitian Tjen Yenti (2008), distribusi eksponensial memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap waktu. Distribusi ini paling mudah

untuk dianalisa. Parameter distribusi yang digunakan adalah  $\lambda$  (laju kerusakan), yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.



Gambar 6. Distribusi Eksponensial

Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial adalah:

## 1. Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (17)$$

untuk  $t \geq 0, \lambda > 0$

## 2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (18)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{(-\lambda t)} \quad (19)$$

4. Mean Time to Failure (MTTF)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (20)$$

5. Mean Time to Repair (MTTR)

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad (21)$$

### 2.7. Preventive Age Replacement Kriteria Minimasi Downtime

Melakukan tindakan penggantian pencegahan adalah untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan komponen. Tindakan penggantian pencegahan dapat dilakukan dengan menentukan interval waktu antara tindakan penggantian ( $t_p$ ) yang optimal dari suatu komponen sehingga dicapai minimasi *downtime* yang maksimal. Frekuensi penggantian pencegahan yang meningkat dapat meningkatkan *downtime* karena penggantian, namun ini dapat mengurangi *downtime* karena penggantian kegagalan dan menyeimbangkan waktu terbaik antara penggantian pencegahan dengan *downtime* [9].

Metode perhitungan yang digunakan adalah metode *Age Replacement*. Dalam metode *Age Replacement* tindakan penggantian dilakukan pada saat pengoperasiannya sudah mencapai umur yang ditetapkan yaitu sebesar  $t_p$ . Jika pada selang waktu  $t_p$  terjadi kerusakan, maka dilakukan penggantian komponen sebagai tindakan korektif. Selanjutnya umur tindakan penggantian  $t_p$  dimulai dari awal dengan acuan waktu mulai bekerjanya sistem setelah dilakukan tindakan perawatan korektif [10].

Rumus yang digunakan pada metode ini adalah:

$$D(t_p) = \frac{\text{Total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang waktu siklus}} \quad (22)$$

Rumus total ekspektasi *downtime* per siklus dan ekspektasi panjang waktu siklus adalah:

- Total ekspektasi *downtime* per siklus =  $T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1-R(t_p))$
- Ekspektasi panjang waktu siklus =  $(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1-R(t_p))$

Maka diperoleh total *downtime* per siklus  $D(t_p)$  adalah:

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1-R(t_p))}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \cdot (1-R(t_p))} \quad (23)$$

Keterangan rumus :

$T_f$  = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen.

$T_p$  = Waktu untuk melakukan penggantian preventif.

$t_p$  = Fungsi kepadatan peluang dari waktu kegagalan komponen.

$R(t_p)$  = Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat  $t_p$ .

### 2.8. Konsep Availability (Ketersediaan)

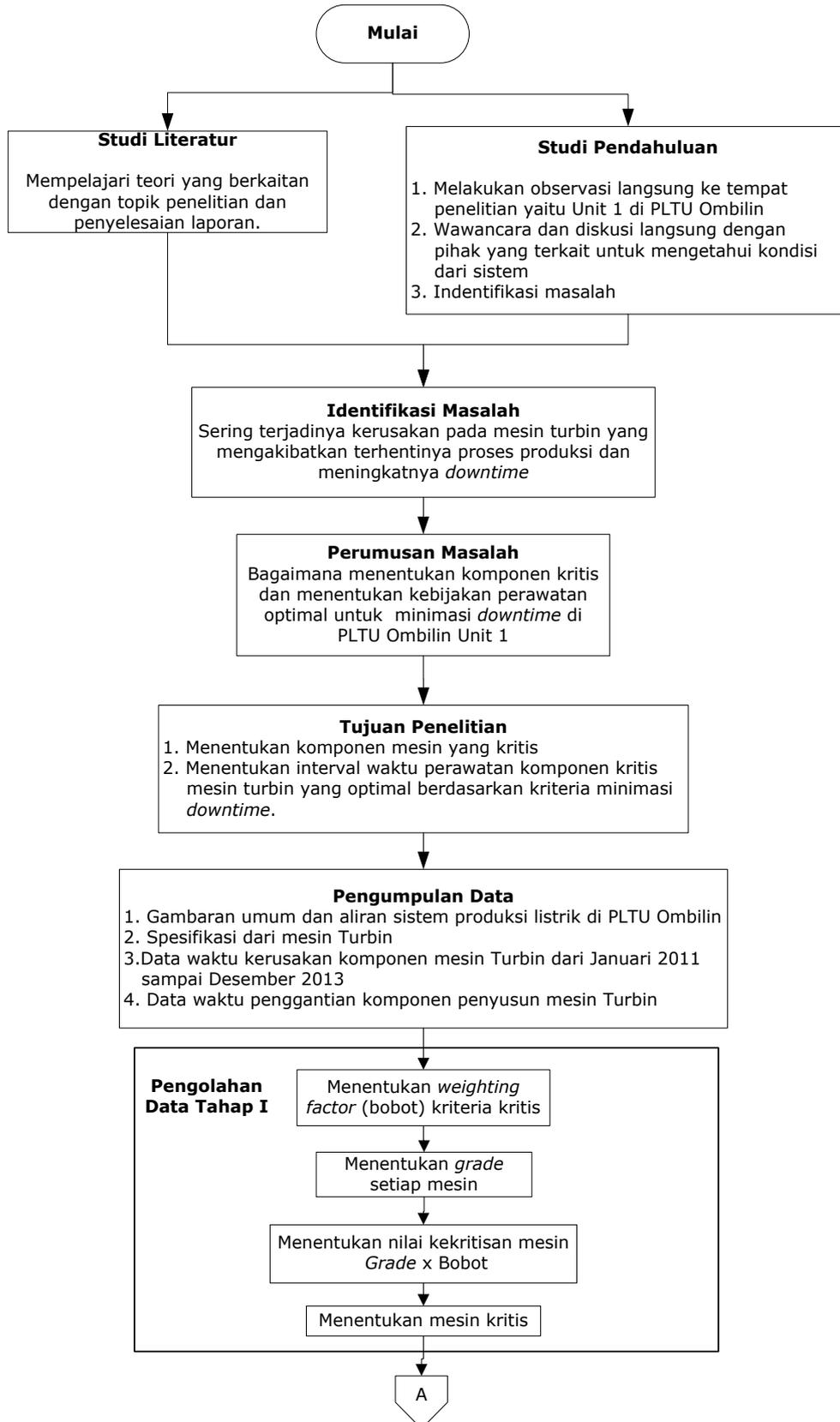
*Availability* adalah probabilitas komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya pada saat kondisi operasi setelah dilakukan tindakan penggantian dan pemeliharaan pencegahan.

$$A(n) = 1 - D(n) \quad (24)$$

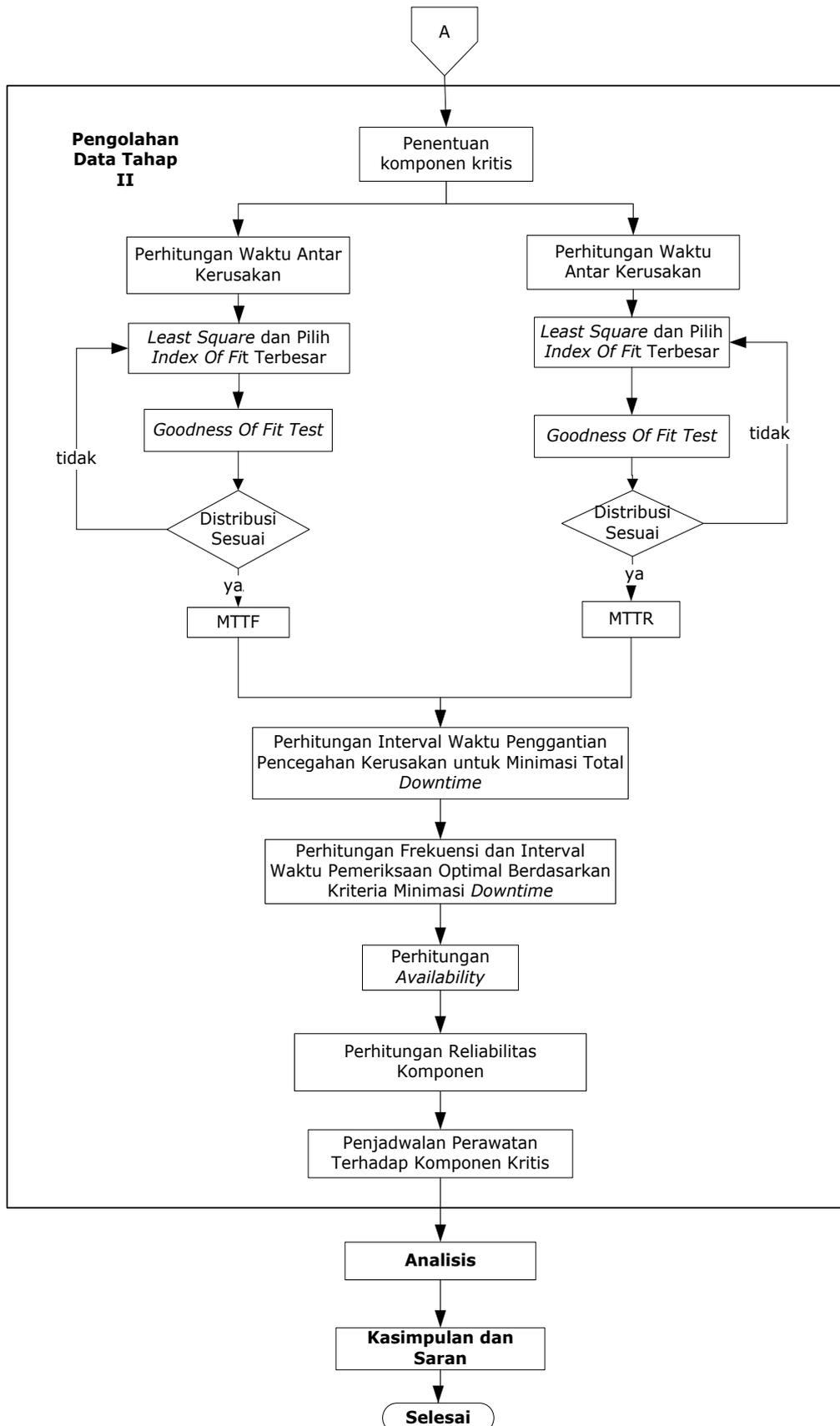
Nilai *availability* total meliputi penggantian pencegahan dan pemeriksaan dengan arti nilai *availability* merupakan peluang waktu yang tersedia untuk komponen dapat beroperasi dengan baik.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan langkah-langkah dalam penelitian ini. Langkah-langkah ini akan dijelaskan mulai dari awal penelitian dimulai sampai penelitian selesai dilakukan yang dimulai dari *survey* pendahuluan dan studi literatur, identifikasi masalah, merumuskan masalah, menetapkan tujuan penelitian, mengumpulkan dan mengolah data, analisis dan penarikan kesimpulan dan saran. Adapun langkah-langkahnya adalah seperti pada *flowchart* berikut ini:



Gambar 7. Flowchart Penelitian



**Gambar 7.** Flowchart Penelitian (Lanjutan)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Waktu Kerusakan

Data waktu kerusakan mesin merupakan data yang menunjukkan bahwa mesin tidak dapat menjalankan fungsinya dan tidak dioperasikan yang disebabkan karena mesin mengalami kerusakan. Data kerusakan menunjukkan kapan terjadinya kerusakan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan. Data kerusakan dari mesin turbin dapat dilihat pada Tabel 1.

### 4.2. Penentuan Mesin Kritis

Penentuan mesin kritis yang terdapat pada sistem turbin adalah dengan menggunakan metode *Critical Analysis* yang merupakan metode untuk mengetahui nilai kekritisan dari suatu mesin atau komponen sehingga hasil penilaiannya dapat dijadikan input dalam perawatan mesin. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah :

1. Estimasi mesin kritis pada sistem turbin
2. Penyusunan tabel kekritisan mesin
3. Penentuan *weighting factor* kriteria kritis
4. Penentuan *quality grade descriptor* mesin
5. Penyusunan tabel kekritisan mesin

Penentuan mesin kritis dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

### 4.3. Penentuan Komponen Kritis

Setelah mengetahui mesin yang kritis maka langkah selanjutnya adalah menentukan komponen kritis dari dengan

menggunakan konsep ABC dengan menggunakan metode pareto. Langkah-langkah perhitungan metode pareto adalah sebagai berikut :

1. Hitung *downtime* untuk setiap komponen mesin, kemudian urutkan total *downtime* mulai dari yang terbesar sampai terkecil.
2. Hitung total *downtime* untuk semua komponen pada satu mesin.
3. Hitung persentasi *downtime* untuk setiap komponen dengan cara membagi *downtime* untuk satu komponen dengan total *downtime*. Selanjutnya dikalikan 100%.
4. Hitung persentasi kumulatif dengan menjumlahkan persentasi *downtime* dari data sebelumnya.
5. Buat diagram pareto dengan menggunakan program *Mixcrosoft Excel*.
6. Dari persen kumulatif *downtime* dapat diketahui kelompok komponen yang termasuk dalam golongan A, B, dan C. Golongan A mempunyai persen kumulatif 0 s/d < 80 %, golongan B mulai dari 80 % s/d < 95%, dan golongan C dari 95 % s/d 100%.

Perhitungan komponen kritis untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat kelas A memiliki nilai *downtime* sangat besar dari seluruh total *downtime* sebesar 80,5% dari total *downtime*, kelas B sebesar 16,5% dan kelas C sebesar 3% dari total *downtime*.

**Tabel 1.** Data Kerusakan Turbin Uap

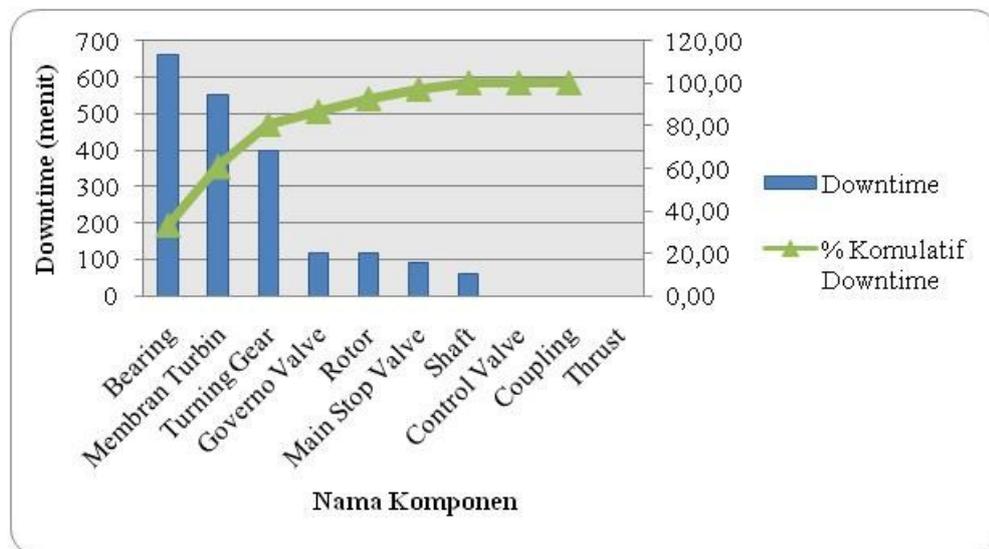
Nama Pembangkit			PLTU OMBILIN	Unit	I ( SATU)
Nama Mesin Utama			TURBINE	Kode Alat	01 TURBIN
No	Tanggal	Jenis Har*	URAIAN PEKERJAAN (Meliputi Detail Pekerjaan, Material, Data-data)		Lama Pelaksanaan (Menit)
1	08 Feb 2011	G	Penggantian membran Turbin		100
2	22 Juni 2011	X	Flushing oli 01 GFR		45
3	28 Sep 2011	C	Inspeksi turbin		60
4	2 Oct 2011	C	Inspeksi bearing 2, 3 dan 4 turbin unit 1		90
5	21 Oct 2011	X	Unit trip karena TG tidak berputar		100
6	3 Oct 2011	C	Inspeksi bearing 1 turbin unit 1		30
7	05 Okt 2011	X	Realignment turbin-generator (rotor)		120
8	20 Okt 2011	X	Rolling putaran turbin dari 1500 rpm menjadi 3000 rpm		60
9	26 Okt 2011	X	Turbin trip pada 2800 rpm dan stop rolling		200
10	7 Jan 2012	X	Pembuatan tiang selang pendingin turbin		150

**Tabel 2.** Nilai Kekritisan Mesin pada Sistem Turbin

No	Sub Sistem (Mesin)	Kriteria 1 (Bobot 4)		Kriteria 2 (Bobot 3)		Kriteria 3 (Bobot 2)		Kriteria 4 (Bobot 1)		Nilai Total Grade x Bobot
		Grade	Grade x Bobot							
1	Steam Turbine	4	16	6	18	4	8	2	2	44
2	Electro Hydraulic Control System	6	24	5	15	1	2	1	1	42
3	Auxiliary Steam System	2	8	3	9	1	2	1	1	20
4	Gland Seal Steam System	2	8	5	15	3	6	1	1	30
5	Turbine Lube Oil & Jacking System	2	8	2	6	1	2	1	1	17
6	Turbine Control & Safety System	2	8	1	3	1	2	1	1	14
7	Lube Oil Conditioning System	2	8	2	6	1	2	1	1	17
8	Turbine By-Pass System	2	8	5	15	2	4	1	1	28

**Tabel 3.** Nilai Persentase Downtime Komponen Mesin Turbin

Komponen	Downtime (Menit)	Downtime (%)	Kumulatif Downtime (%)	Kategori
Bearing	660	33,50	33,00	A
Membran Turbin	550	27,50	60,50	A
Turning Gear	400	20,00	80,50	A
Governo Valve	120	6,00	86,50	B
Rotor	120	6,00	92,50	B
Main Stop Valve	90	4,50	97,00	B
Shaft	60	3,00	100,00	C
Control Valve	0	0,00	100,00	C
Coupling	0	0,00	100,00	C
Thrust	0	0,00	100,00	C
Total	2000	100,00		

**Gambar 8.** Penentuan Komponen Kritis Mesin Turbin

#### 4.4. Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Waktu antar gangguan atau *Time To Failure* (TTF) merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan antara perbaikan kerusakan *i* dengan lama operasi periode

gangguan *i + 1*. Sedangkan *Time To Repair* (TTR) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen yang mengalami kerusakan. Perhitungan waktu antar kerusakan dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TBF_{i+1} = O_{i+1} - O_i - TTR_i$$

dimana:

$TTF_{i+1}$  = Waktu antar kerusakan komponen periode  $i + 1$

$O_{i+1}$  = Waktu kumulatif operasi komponen pada periode  $i + 1$

$O_i$  = Waktu kumulatif operasi komponen pada periode  $i$

$TTR_i$  = Waktu untuk memperbaiki komponen pada periode  $i$

Hasil perhitungan waktu antar kerusakan membran turbin pada mesin Turbin uap dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Waktu Antar Kerusakan Membran Turbin pada Mesin Turbin Uap

No.	Tgl	Lama Pengerjaan (Menit)	Lama Pengerjaan/TTR (Jam)	Waktu Kumulatif Operasi (Jam)	TTF (Jam)
1	08 Feb 2011	100	1,667	0	0
2	28 Sep 2011	60	1,00	5568	5566,3
3	24 Mar 2012	40	0,667	9840	4271
4	22 Aug 2012	120	2,00	13464	3623,3
5	14 Oct 2012	120	2,00	14736	1270
6	05 Feb 2013	120	2,00	17472	2734

#### 4.5. Distribusi Waktu Kerusakan/ Time To Failure (TTF) dan Perbaikan/ Time To Repair (TTR)

Penentuan distribusi yang mewakili data TTF dan TTR dilakukan dengan perhitungan *index of fit* ( $r$ ) atau koefisien korelasi. Distribusi yang dihitung nilai *index of fit* ( $r$ ) adalah distribusi Weibull, Eksponensial, Normal dan Lognormal. Koefisien korelasi mempunyai nilai antara 0 dan +1 yang menunjukkan kekuatan hubungan linear antara variabel  $x$  dan  $y$ . Apabila nilai koefisien korelasi data mendekati 1 maka dapat dikatakan penyebaran data TTF atau TTR dari komponen pada distribusi sangat baik.

Rekapitulasi distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Kerusakan Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter
Steam Turbine	Bearing	Lognormal	$s = 2,36$ $t \text{ med} = 229,86$
	Membran Turbin	Normal	$\sigma = 1868,25$ $\mu = 3492,83$
	Turning Gear	Eksponensial	$\lambda = 0,00021$

**Tabel 6.** Rekapitulasi Distribusi Waktu Antar Perbaikan Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter
Steam Turbine	Bearing	Lognormal	$s = 0,553$ $t \text{ med} = 0,881$
	Membran Turbin	Weibull	$\theta = 1,904$ $\beta = 2,059$
	Turning Gear	Weibull	$\theta = 1,82$ $\beta = 1,09$

#### 4.6. Perhitungan Nilai Mean Time to Failure (MTTF) pada Mesin Turbin Uap

Perhitungan waktu rata-rata antar kerusakan dilakukan terhadap komponen-komponen mesin yang kritis. Berikut perhitungan nilai MTTF untuk setiap komponen kritis.

##### 4.6.1 Perhitungan Nilai Mean Time to Failure (MTTF) pada Komponen Membran Turbin

Distribusi yang terpilih untuk data komponen membran turbin adalah Lognormal. Parameter yang digunakan untuk distribusi Normal adalah  $\mu$  dan  $\sigma$ . Perhitungan MTTF untuk data komponen membran turbin yang berdistribusi Normal

adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{b} \text{ dan } \mu = -\frac{a}{b}$$

$$\sigma = \frac{1}{0.000535}$$

diketahui :  
 $\sigma = 1868.25$   
 $a = -1.869$

$$\mu = -\frac{a}{b}$$

$$\mu = 3492.833$$

Maka untuk menentukan nilai MTTF dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MTTF} = \mu$$

$$\text{MTTF} = 3492.83$$

#### 4.6.2 Perhitungan Nilai Mean Time to Failure (MTTF) pada Komponen Bearing

Distribusi yang terpilih untuk data komponen *bearing* adalah Lognormal. Parameter yang digunakan untuk distribusi Lognormal adalah  $t_{med}$  dan  $s$ . Perhitungan MTTF untuk data komponen *bearing* yang berdistribusi Lognormal adalah sebagai berikut:

$$s = 2.091$$

$$a = -2.299$$

$$t_{med} = e^{-sa}$$

$$t_{med} = 229.86$$

Maka untuk menentukan nilai MTTF dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MTTF} = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$\text{MTTF} = 229.86 * 2.7182^{\frac{2.36^2}{2}}$$

$$\text{MTTF} = 3766.189$$

#### 4.7. Perhitungan Nilai Mean Time to Repair (MTTR) pada Komponen Kritis Mesin Turbin Uap

Perhitungan waktu rata-rata antar perbaikan dilakukan terhadap komponen-komponen mesin yang kritis. Berikut perhitungan nilai MTTR untuk setiap komponen kritis.

#### 4.7.1 Perhitungan Nilai Mean Time to Repair (MTTR) pada Komponen Membran Turbin

Distribusi yang terpilih untuk data perbaikan Membran turbin adalah distribusi Weibull. Berikut adalah perhitungan nilai MTTR untuk data perbaikan pada komponen Membran turbin.

$$\text{MTTR} = \theta \cdot \Gamma(1+1/\beta)$$

$$\Gamma(1+1/\beta)$$

diketahui:  
 $\theta = 1.904$  dan  $\beta = 2.05$

maka diperoleh:

$$\text{MTTR} = 1.904 \cdot \Gamma(1+1/2.05)$$

$$\Gamma(1+1/2.05) = \Gamma(1.485)$$

$$= 0.885$$

$$\text{MTTR} = 1.904 * 0.885$$

$$\text{MTTR} = 1.685$$

#### 4.7.2 Perhitungan Nilai Mean Time to Repair (MTTR) pada Komponen Bearing

Distribusi yang terpilih untuk data perbaikan membran turbin adalah distribusi Lognormal, maka parameter yang digunakan adalah  $s$  dan  $t_{med}$ . Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTR untuk data perbaikan pada komponen membran turbin:

$$s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa}$$

$$s = \frac{1}{1.806}$$

diketahui :  
 $s = 0.553$   
 $a = 0.227$

$$t_{med} = e^{-sa}$$

$$t_{med} = 0.881$$

Maka untuk menentukan nilai MTTR dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MTTR} = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$\text{MTTR} = 0.881 * 2.7182^{\frac{0.553^2}{2}}$$

$$\text{MTTR} = 1.027$$

#### 4.7.3 Perhitungan Nilai Mean Time to Repair (MTTR) pada Komponen Turning Gear

Distribusi yang terpilih untuk data perbaikan *Turning Gear* adalah distribusi *Weibull*. Berikut adalah perhitungan nilai MMTR untuk data perbaikan pada komponen *Turning Gear*.

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  → dapat dilihat dari tabel fungsi Gamma

diketahui :

$$\theta = 1.827 \text{ dan } \beta = 1.093$$

maka diperoleh :

$$MTTR = 1.827 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{1.093}\right)$$

$$\Gamma\left(1 + \frac{1}{2.05}\right) = \Gamma(1.914)$$

$$= 0.965$$

diperoleh dari tabel Gamma

$$MTTR = 1.827 * 0.965$$

$$MTTR = 1.763$$

Berikut ini adalah rekapitulasi nilai MTTR dan MTTF dari komponen membran turbin dan *bearing* yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

**Tabel 7.** Rekapitulasi Nilai MTTF untuk Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTF (jam)	Aktivitas Perawatan
Steam Turbine	Bearing	Lognormal	s = 2.36 t med = 229.86	3766.189	Pemeriksaan
	Membran Turbin	Normal	$\sigma = 1868.25$ $\mu = 3492.83$	3492.833	Pemeriksaan
	Turning Gear	Eksponensial	$\lambda = 0.00021$	4664.52	Pemeriksaan

**Tabel 8.** Rekapitulasi Nilai MTTR untuk Komponen Kritis

Mesin Kritis	Komponen Kritis	Distribusi Kerusakan	Parameter	MTTR (jam)	Aktivitas Perawatan
Steam Turbine	Bearing	Lognormal	s = 0.553 t med = 0.881	1.028	Pemeriksaan
	Membran Turbin	Weibull	$\theta = 1.904$ $\beta = 2.059$	1.686	Penggantian
	Turning Gear	Weibull	$\theta = 1.904$ $\beta = 2.059$	1.763	Penggantian

#### 4.8. Model Optimal Preventive Age Replacement untuk Meminimasi Downtime

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan pada komponen membran turbin dengan kriteria minimasi *downtime* yang dirumuskan oleh Jardine (1973).

Berdasarkan penentuan distribusi kerusakan komponen membran turbin berdistribusi normal. Data-data yang telah diketahui adalah :

$$T_f = MTTR = 1,685 \text{ Jam}$$

$$T_p = 100 \text{ menit} = 1,67 \text{ jam}$$

$$\sigma = 1868,25$$

$$\mu = 3492,833$$

*Mean Time To Failure* untuk komponen membran turbin menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

dan

$$M(t_p) = \frac{MTTF}{1 - R(t_p)}$$

Fungsi keandalan komponen membran turbin saat *preventive replacement* dinyatakan sebagai,

$$R(t_p) = 1 - \phi\left[\frac{t - \mu}{\sigma}\right]$$

Dengan demikian dapat ditentukan total *downtime* per satuan waktu saat *preventive replacement* dengan menggunakan persamaan berikut:

**Tabel 9.** Interval Waktu Penggantian Pencegahan pada Komponen Membran Turbin

Tp	R(tp)	M(tp)	D(tp)
100	0.96532	100712	0.000464304
200	0.96101	89581.7	0.000452278
700	0.93253	51767.8	0.000402183
800	0.92526	46732.8	0.000393912
900	0.91741	42289.8	0.000386154
1000	0.90895	38361.5	0.000378888
1100	0.89987	34881.6	0.000372091
1200	0.89014	31792.9	0.000365745
1300	0.87975	29046.4	0.000359834
1400	0.86869	26599.5	0.000354342
1500	0.85694	24415.6	0.000349255
1600	0.84451	22463.1	0.000344562
1700	0.83138	20714.2	0.000340251
1800	0.81756	19145.1	0.000336313
1900	0.80305	17735	0.000332738
2000	0.78787	16465.6	0.000329518
2100	0.77202	15321	0.000326646
2200	0.75553	14287.5	0.000324115
2300	0.73842	13352.7	0.00032192
2400	0.72071	12506.1	0.000320053
2500	0.70244	11738.2	0.000318511
2600	0.68364	11040.6	0.000317289
2700	0.66435	10406.3	0.000316381
2800	0.64462	9828.56	0.000315784
2900	0.6245	9301.81	0.000315494
3000	0.60403	8820.97	0.000315506
3100	0.58327	8381.54	0.000315816
3200	0.56228	7979.53	0.000316421

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)}$$

$$M(3000) = \frac{3492.83}{1-0.60403}$$

$$M(3000) = 8820.97$$

$$D(tp) = \frac{Tp \cdot R(tp) + Tf \cdot (1-R(tp))}{(tp+Tp) \cdot R(tp) + (M(tp)+Tf) \cdot (1-R(tp))}$$

$$D(3000) = \frac{1,67 * 0,604 + 1,68 * (1 - 0,604)}{(3000 + 1,67) * 0,604 + (8820,97 + 1,68) * (1 - 0,604)}$$

$$D(3000) = 0.0003155$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)_{min}$$

$$A(tp) = 1 - 0.0003155$$

$$A(tp) = 0.99968$$

#### 4.9. Perhitungan Waktu Pemeriksaan Optimal pada Komponen Membran Turbin

Berikut ini adalah perhitungan waktu optimal pemeriksaan komponen Membran turbin:

1. Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk pemeriksaan membran turbin adalah 30 menit atau 0.5 jam.

2. Jumlah pemeriksaan (k)

- 1 bulan = 30 hari kerja, 1 hari 24 jam kerja

-  $t = 30 \text{ hari/bulan} \times 24 \text{ jam/hari} = 720 \text{ jam/bulan}$

- Jumlah kerusakan membran turbin selama 3 tahun = 6 kali

-  $k = \frac{\text{jumlah kerusakan selama 3 tahun}}{36 \text{ bulan}}$

$$k = \frac{6}{36}$$

$$k = 0.1667$$

3. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ( $1/\mu$ )

- MTTR = 1.69 jam

-  $t = 720 \text{ jam/bulan}$

-  $1/\mu = \text{MTTR}/t$

-  $1/\mu = 0.00234$

-  $\mu = 427.08$

4. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ( $1/i$ )

- Waktu untuk melakukan pemeriksaan ( $t_i$ ) = 30 menit

-  $T_i = 0.5 \text{ jam}$

-  $t = 720 \text{ jam/bulan}$

-  $\frac{1}{i} = \frac{t_i}{t}$

$$\frac{1}{i} = \frac{0.5}{720}$$

$$\frac{1}{i} = 0.00069$$

$$i = 1440$$

5. Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

$$n = \sqrt{\frac{0.1667 \cdot 1440}{427.083}}$$

$$n = 0.749 \text{ pemeriksaan/bulan}$$

$$\text{interval waktu pemeriksaan} = t/n$$

$$\text{interval waktu pemeriksaan} = 720/0.749$$

$$= 960.469 \text{ jam}$$

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = 40 \text{ hari}$$

6. Perhitungan nilai *downtime*

$$D(n) = \frac{k}{\mu n} + \frac{1}{i}$$

$$D(n) = \frac{0.1667}{427.083 \cdot 0.749} + \frac{1}{1440}$$

$$D(n) = \frac{0.1667}{320.15} + \frac{1}{1440}$$

$$D(n) = 0.00104$$

7. Perhitungan *Availability*

$$A(tp) = 1 - D(tp)_{\min}$$

$$A(tp) = 1 - 0.00104$$

$$A(tp) = 0.9989$$

#### 4.10. Availability

Perhitungan *availability* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan mesin setelah dilakukan perawatan yang bersifat preventif. Interval kegiatan penggantian pencegahan dan interval pemeriksaan tidak saling mempengaruhi terhadap tingkat ketersediaan suatu komponen. Kedua kejadian tersebut dapat dikatakan sebagai kejadian saling bebas, maka untuk dapat mengetahui peluang dua kejadian yang saling bebas adalah dengan mengalikan nilai *availability* dua kejadian tersebut.

Perhitungan nilai *Availability* pada masing-masing komponen kritis dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

Rekapitulasi perbandingan nilai *Availability* pada komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Nilai *Availability*

Nama Komponen	<i>Availability</i> jika dilakukan penggantian pencegahan	<i>Availability</i> jika dilakukan pemeriksaan	<i>Availability</i> total
Membran Turbin	0,99968	0,99896	0,99864
<i>Bearing</i>	0,99607	0,99890	0,99497
<i>Turning Gear</i>	0,99607	0,99913	0,99520

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *criticality analysis* diperoleh mesin turbin uap yang kritis. Hasil penentuan komponen kritis dengan menggunakan konsep pareto, komponen yang kritis adalah membran turbin, *bearing* dan *turning gear*.

Tindakan perawatan yang dilakukan adalah *prevetive maintenance* yang berupa pemeriksaan dan penggantian yang dilakukan secara terjadwal. Kegiatan pemeriksaan untuk komponen membran turbin dapat berupa melakukan pengencangan terhadap baut yang ada pada membran turbin dan mengontrol tekanan uap yang masuk ke turbin uap. Sedangkan tindakan perawatan untuk *bearing* dapat berupa pengecekan kualitas pelumas, pengecekan aliran, temperatur dan penggantian filter.

Tindakan penggantian pencegahan untuk

komponen membran turbin dapat dilakukan setelah beroperasi selama 3000 jam, tindakan penggantian *bearing* dapat dilakukan setelah beroperasi selama 8000 jam atau pada saat *overhaul* dan penggantian untuk komponen *turning gear* dapat dilakukan setelah beroperasi selama 4500 jam. Sedangkan tindakan pemeriksaan untuk komponen membran turbin dilakukan setelah beroperasi selama 960,46 jam, komponen *bearing* setelah beroperasi selama 908,57 jam dan komponen *turning gear* setelah beroperasi selama 1150,28 jam.

Tingkat *availability* untuk komponen membran turbin, *bearing* dan *turning gear* setelah dilakukan *preventive maintenance* berada di atas 95%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] S. Assauri, *Manajemen Produksi dan Operasi, Edisi Revisi*, Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2008.
- [2] B. S. Dhillon, *Engineering Maintenance : A Modern Approach*, USA: CRC Press, Boca Raton, 2002.
- [3] Y. Ngadiyono, *Pemeliharaan Mekanik Industri*, Yogyakarta: Kementrian Pendidikan Nasional Universitas Negeri Yogyakarta, 2010.
- [4] M. Ginting, "Analisis Total Productive Maintenance Terhadap Efektivitas Produksi Tongkat", *Jurnal Austenit*, Vol. 1, no. 2, pp. 31-37, 2009.
- [5] A. S. Adigama, *Konstruksi Sub-Assembly Rem dan Penentuan Komponen Kritis* [Skripsi], Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [6] H. K. Atmaja, *Penggunaan Analisis ABC Indeks Kritis untuk Pengendalian Persediaan Obat Antibiotik di Rumah Sakit M. H. Thamrin Salemba* [Thesis], Universitas Indonesia, Salemba, 2012.
- [7] D. Indrajit, *Dari MRP Menuju ERP*, Jakarta: Grasindo, 2003.
- [8] H. Silalahi, *Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mesin-Mesin Pabrik di PT Perkebunan Nusantara III PKS Rambutan Tebing Tinggi* [Tugas Sarjana], Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
- [9] A. K. S. Jardine and A. H. C. Tsang, *"Maintenance, Replacement, and Reliability"*, Canada: Pitman Publishing Corporation, 1973.
- [10] F. Fadriila, *Usulan Penerapan Preventive Maintenance Berdasarkan Minimasi Downtime pada Komponen Kritis dari Mesin Puller di PT. Alakasa Ekstrusindo* [Skripsi], Universitas Bina Nusantara, Jakarta, 2006.
- [11] Erlina, *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Penerapan Preventive Maintenance untuk Menentukan Jadwal Perawatan Pencegahan yang Optimum dan Meningkatkan Keandalan Komponen Kritis Mesin HD/PE-120 pada PT. Metropoly Jaya Nusa* [Skripsi], Universitas Bina Nusantara, Jakarta, 2007.

## LAMPIRAN

Gantt Chart Penjadwalan Perawatan Pencegahan Komponen Kritis Mesin Turbin Tahun 2015

No	Nama Komponen	Deskripsi Tindakan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
			H40																																			
January																																						
1	Membran Turbin	Penggantian Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear	Penggantian Pemeriksaan																																				
3	Bearing	Pemeriksaan																																				
Overhaul																																						
Februari			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28								
1	Membran Turbin	Penggantian Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear	Penggantian Pemeriksaan																																				
3	Bearing	Pemeriksaan																																				
Overhaul																																						
Maret			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
1	Membran Turbin	Penggantian Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear	Penggantian Pemeriksaan																																				
3	Bearing	Pemeriksaan																																				
Overhaul																																						

April		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
2	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
3	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
Overhaul																																		
Mei		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
2	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
3	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
Overhaul																																		
Juni		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
2	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
3	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
Overhaul																																		
Juli		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
2	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
3	Membran Turbin																																	
	Penggantian																																	
	Pemeriksaan																																	
Overhaul																																		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
<b>Agustus</b>																																					
1	Membran Turbin																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
3	Bearing																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
<b>September</b>																																					
1	Membran Turbin																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
3	Bearing																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
<b>Oktober</b>																																					
1	Membran Turbin																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
3	Bearing																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
<b>November</b>																																					
1	Membran Turbin																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
3	Bearing																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
<b>Desember</b>																																					
1	Membran Turbin																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
2	Turning Gear																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
3	Bearing																																				
	Penggantian																																				
	Pemeriksaan																																				
<b>Overhaul</b>																																					