



**TUGAS AKHIR – TI141501**

***INTERVAL PREVENTIVE MAINTENANCE***  
**DENGAN DASAR KEANDALAN**

**YULIEN GIDION RUKMANA HERMANTO**  
**NRP 2512100107**

**Dosen Pembimbing:**  
**Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.**

**Jurusan Teknik Industri**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**





**FINAL PROJECT – TI141501**

**PREVENTIVE MAINTENANCE INTERVAL  
WITH RELIABILITY CALCULATION**

**YULIEN GIDION RUKMANA HERMANTO  
NRP 2512100107**

**Supervisor:  
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.**

**Industrial Engineering Department  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**INTERVAL PREVENTIVE MAINTENANCE**  
**DENGAN DASAR KEANDALAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**YULIEN GIDION RUKMANA HERMANTO**

NRP. 2512 100 107

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir



**Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.**

**NIP. 197705232000031002**



**SURABAYA, AGUSTUS 2016**

## **Interval Preventive Maintenance dengan Dasar Keandalan**

Nama : Yulien Gidion Rukmana Hermanto  
NRP : 2512100107  
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

### **ABSTRAK**

Maintenance merupakan lini support process dalam model bisnis CIMOSA. Meskipun termasuk dalam support process namun dengan penanganan yang tepat akan memberi dampak penghematan yang besar. Studi kasus dalam penelitian ini yakni Machine Direct Order (MDO) pada lini produksi BOPP 6. Penelitian ini memberikan dampak untuk memudahkan aktivitas maintenance yang tepat dengan penanganan hanya terkonsentrasi pada komponen kritis saja. PT Trias Sentosa belum melakukan Preventive Maintenance dengan dasar perhitungan keandalan, hal inilah yang mendasari penelitian ini untuk dilakukan. Berdasarkan data kerusakan dan pengolahan penentuan kritis, maka didapatkan bahwa komponen Nip Roll MDO 6 dan 3 memiliki karakteristik sesuai distribusi yang telah diolah dengan software Weibull++6 yakni Weibull 2 Parameter, hasil MTTF dan MTTR menjadi dasar acuan dalam pembuatan jadwal preventive maintenance rekomendasi. Jadwal rekomendasi awal memberikan nilai *opportunity cost* sebesar Rp 8.588.646.566,40 dan dengan integrasi time to repair kondisi eksisting maka *opportunity cost* dapat diperkecil menjadi Rp 1.717.729.313,28. Dasar penentuan integrasi ini yakni dari perbandingan dampak *availability* terhadap *opportunity cost* pada original MTTF dan interval perawatan eksisting. *Opportunity cost* paling minimum yakni apabila jadwal rekomendasi awal diintegrasikan dengan nilai time to repair berdasarkan kondisi eksisting, hal inilah yang menjadi dasar dalam pembuatan jadwal skenario terbaru yang memiliki dampak *opportunity cost* terkecil.

**Kata Kunci :** *preventive maintenance, reliability, interval perawatan, availability*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **Preventive Maintenance Interval with Reliability Calculation**

Name : Yulien Gidion Rukmana Hermanto  
NRP : 2512100107  
Supervisor : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

### **ABSTRACT**

*Maintenance is a line of support in the business model CIMOSA process. Although included in the support process, but with the right treatment it will impact big savings. The case studies in this research namely Machine Direct Order (MDO) in BOPP production line 6. This study gives effect to facilitate maintenance activities appropriate to handling only concentrated on critical components only. Preventive Maintenance in PT Trias Sentosa not done on the basis of calculation of reliability, it is the underlying this research to be done. Based on data from damage and critical determination processing, it was found that the component Nip Roll MDO 6 and 3 have characteristics consistent distribution that has been processed with the software Weibull ++ 6 is Weibull 2 Parameter, MTTF and MTTR results are the basis in making preventive maintenance schedule recommendations. Schedule initial recommendations give the opportunity cost of Rp 8,588,646,566.40 and the integration time to repair the existing condition then the opportunity cost can be reduced to Rp 1,717,729,313.28. The basis for determining the integration of benchmarking is the impact of the availability on the opportunity cost with original MTTF and existing maintenance (time to repair) intervals. The most minimum opportunity cost is when the initial recommendation schedule is integrated with the value of time to repair based on existing condition, thus the most minimum impact of opportunity cost will be achieved.*

**Keywords :** *reliability, preventive maintenance, maintenance interval, availability*



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                          | i   |
| ABSTRAK .....                                    | iii |
| ABSTRACT .....                                   | v   |
| KATA PENGANTAR.....                              | vii |
| DAFTAR ISI .....                                 | xi  |
| DAFTAR TABEL .....                               | xiv |
| DAFTAR GAMBAR.....                               | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN.....                           | 1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                         | 1   |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                      | 3   |
| 1.3 Tujuan .....                                 | 4   |
| 1.4 Manfaat .....                                | 4   |
| 1.5 Batasan dan Asumsi.....                      | 4   |
| 1.5.1 Batasan .....                              | 4   |
| 1.5.2 Asumsi.....                                | 5   |
| 1.6 Skema Penulisan.....                         | 5   |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....                      | 7   |
| 2.1 Konsep Keandalan .....                       | 7   |
| 2.1.1 Deskripsi kerusakan .....                  | 7   |
| 2.1.2 Fungsi Keandalan.....                      | 8   |
| 2.1.3 Laju Kerusakan .....                       | 8   |
| 2.1.4 Mean Time to Failure (MTTF).....           | 8   |
| 2.1.5 Mean Time Between Replacemenet (MTBR)..... | 9   |
| 2.2 Distribusi Kegagalan .....                   | 9   |
| 2.2.1 Distribusi Eksponensial.....               | 9   |
| 2.2.2 Distribusi Normal.....                     | 10  |
| 2.2.3 Distribusi Lognormal .....                 | 10  |
| 2.2.4 Distribusi Weibull .....                   | 10  |
| 2.3 Pemeliharaan.....                            | 12  |
| 2.3.1 Preventive Maintenance .....               | 12  |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.3.2  | Corrective Maintenance .....   | 12        |
| 2.3.3  | Biaya Pemeliharaan .....   | 12        |
| 2.4  | Penjadwalan Berdasarkan Preventive Maintenance Konvensional .....      | 13        |
| 2.5  | Diagram Pareto.....  | 15        |
| 2.6  | Availability .....   | 16        |
| 2.7  | Penelitian Sebelumnya Terkait dengan Maintenance .....                 | 17        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>            |  | <b>21</b> |
| 3.1  | Flowchart.....   | 21        |
| 3.2  | Tahap Studi .....  | 22        |
| 3.2.1  | Studi Lapangan.....  | 22        |
| 3.2.2  | Penentuan Tujuan Penelitian.....                                       | 23        |
| 3.2.3  | Studi Kepustakaan.....   | 23        |
| 3.3  | Tahap Pengolahan Data.....   | 23        |
| 3.3.1  | Pengumpulan Data .....   | 23        |
| 3.3.2  | Pengolahan Data.....   | 24        |
| 3.4  | Tahap Analisis dan Interpretasi.....                                   | 24        |
| 3.4.1  | Analisis Data .....  | 24        |
| 3.4.2  | Interpretasi Data .....  | 24        |
| 3.5  | Tahap Final.....   | 25        |
| 3.5.1  | Kesimpulan dan Saran.....  | 25        |
| <b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b> |  | <b>27</b> |
| 4.1  | Profil Perusahaan PT Trias Sentosa .....                               | 27        |
| 4.1.1  | Profil Perusahaan.....   | 27        |
| 4.1.2  | Program Maintenance PT Trias Sentosa .....                             | 29        |
| 4.2  | Pengumpulan Data .....   | 29        |
| 4.2.1  | Data Kerusakan Komponen .....  | 30        |
| 4.2.2  | Data Waktu Kerusakan Komponen dan Waktu Perbaikan Komponen...<br>..... | 30        |
| 4.2.3  | Biaya-biaya Pemeliharaan.....  | 31        |
| 4.3  | Pengolahan Data.....   | 32        |
| 4.3.1  | Penentuan Komponen Kritis.....   | 32        |
| 4.3.2  | Fitting Distribution .....   | 34        |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 4.3.3                                    | Fungsi Keandalan.....   | 35 |
| 4.3.4                                    | Mean Time to Failure.....   | 37 |
| 4.3.5                                    | Mean Time to Repair.....  | 38 |
| 4.3.6                                    | Penjadwalan Berdasarkan Preventive Maintenance Konvensional .               | 40 |
| 4.3.7                                    | Perhitungan Availability Eksisting dengan Original MTTF .....               | 44 |
| 4.3.8                                    | Integrasi Proposed Scheduling dengan Jadwal Perawatan Eksisting...<br>..... | 45 |
| 4.3.9                                    | Penjadwalan Berdasarkan Skenario Terbaru.....                               | 46 |
| BAB 5 ANALISA DAN INTERPRETASI DATA..... |   | 49 |
| 5.1                                      | Analisa Fitting Distribution .....  | 49 |
| 5.2                                      | Analisa Fungsi Keandalan .....  | 50 |
| 5.3                                      | Analisa Proposed Scheduling Awal.....                                       | 50 |
| 5.4                                      | Analisa Availability Proposed Scheduling dengan Jadwal Eksisting.....       | 52 |
| 5.5                                      | Analisa Optimum Scheduling Berdasarkan Kondisi Optimal .....                | 52 |
| BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....         |   | 54 |
| 6.1                                      | Kesimpulan .....  | 55 |
| 6.2                                      | Saran .....   | 56 |
| 6.2.1                                    | Saran bagi Penelitian Selanjutnya .....                                     | 56 |
| 6.2.2                                    | Saran bagi Objek Penelitian .....   | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                      |   | 58 |
| BIOGRAFI PENULIS .....                   |   | 63 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR GAMBAR**

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 Model Bisnis CIMOSA (Soebroto, 2008) .....       | 1  |
| Gambar 2.1 Flowchart Pengerjaan Preventive Maintenance..... | 15 |
| Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian .....                 | 21 |
| Gambar 3.2 Alur Metodologi Penelitian (lanjutan).....       | 22 |
| Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Trias Sentosa.....        | 28 |
| Gambar 4.2 Diagram Pareto Komponen MDO.....                 | 33 |
| Gambar 4.3 Grafik Reliability vs Time Nip Roll 6 .....      | 36 |
| Gambar 4.4 Grafik Reliability vs Time Nip Roll 3 .....      | 37 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Rekapitulasi Penelitian-penelitian Sebelumnya .....   | 17 |
| Tabel 4.1 Tabel Rekapitulasi Kerusakan Komponen MDO.....  | 30 |
| Tabel 4.2 Tabel Rekapitulasi TTF dan TTR Keseluruhan .....  | 30 |
| Tabel 4.3 Time to Failure Komponen Kritis .....   | 33 |
| Tabel 4.4 Time to Repair Komponen Kritis .....  | 33 |
| Tabel 4.5 Parameter Hasil Fitting Distribution Komponen Kritis.....   | 34 |
| Tabel 4.6 Rekapitulasi R(t) Nip Roll 6.....   | 35 |
| Tabel 4.7 Rekapitulasi R(t) Nip Roll 3.....   | 36 |
| Tabel 4.8 Rekapitulasi MTTF dan MTTR .....  | 40 |
| Tabel 4.9 Rekapitulasi Penjadwalan Berdasarkan Preventive Maintenance<br>Konvensional .....                   | 41 |
| Tabel 4.10 Remaining MTTF.....  | 42 |
| Tabel 4.11 Adjustment Scheduling Proposed Maintenance .....   | 43 |
| Tabel 4.12 Perbandingan Opportunity Cost sebagai Dampak Availability.....                                     | 44 |
| Tabel 4.13 Opportunit Cost Optimum sebagai Dampak Availability .....  | 45 |
| Tabel 4.14 Updated Input Algoritma Penjadwalan .....  | 45 |
| Tabel 4.15 Rekapitulasi Penjadwalan Berdasarkan Preventive Maintenance<br>Konvensional Skenario Terbaru ..... | 46 |
| Tabel 4.16 Remaining MTTF Skenario Terbaru .....  | 46 |
| Tabel 4.17 Adjustment Schedule Maintenance Skenario Terbaru .....   | 47 |



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

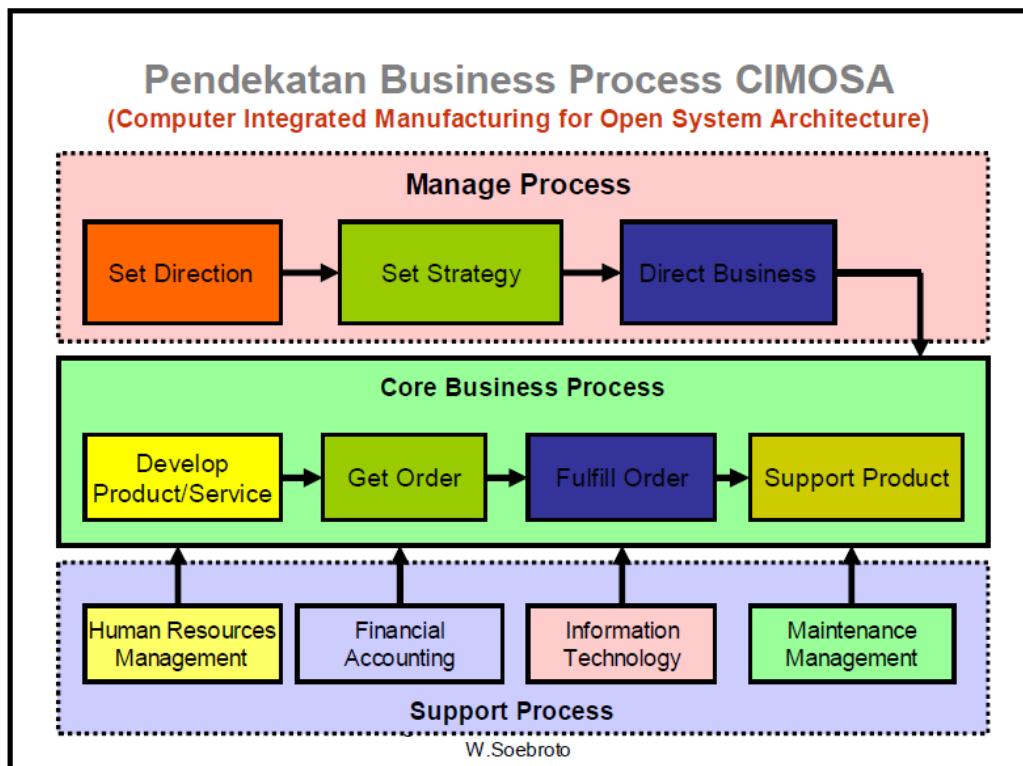
# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan, asumsi serta skema penulisan yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

### 1.1 Latar Belakang

Sebuah proses bisnis dapat digambarkan seperti model bisnis *Computer Integrated Manufacturing for Open Architecture* atau yang dikenal dengan model bisnis CIMOSA. Pada model bisnis CIMOSA ini sebuah proses bisnis terbagi dalam tiga proses diantaranya yakni *manage process*, *core business process*, dan *support process*. Gambar model bisnis dari CIMOSA dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1.1 Model Bisnis CIMOSA (Soebroto, 2008)

*Support process* yakni proses pendukung dari proses bisnis utama (*core business*) pada sebuah perusahaan. Tanpa adanya *support process* perusahaan

dapat berjalan, namun tidak bisa diharapkan sebuah proses bisnis yang optimal, sehingga peran *support process* yakni mendukung serta meningkatkan proses bisnis utama sehingga sebuah proses bisnis dapat berjalan dengan optimal. Pada lini *support process* terdapat *maintenance management*. Dalam hal ini peran manajemen pemeliharaan adalah sebagai *support*.

*Maintenance management* pada perusahaan umumnya hanya berhenti pada proses pencatatan kerusakan *parts* atau mesin saja. Sedangkan pada aktivitas *maintenance* perusahaan umumnya melakukan *breakdown maintenance* yakni pemeliharaan hanya dilakukan ketika terjadi kerusakan saja. Hal ini mengakibatkan biaya pemeliharaan yang tinggi serta kerugian di bidang produksi pada perusahaan manufaktur. *Maintenance* meskipun merupakan kegiatan *supportive* namun dapat memberikan dampak biaya yang cukup signifikan pada sebuah perusahaan. Berikut merupakan tabel rekapitulasi kasus-kasus *maintenance* yang sudah terjadi serta penelitian-penelitian yang sudah dilakukan.

Penelitian-penelitian terdahulu memberikan gambaran bahwa *maintenance* yang tepat dapat memberikan dampak yang positif terhadap perusahaan. Dampak-dampak yang didapat antara lain yakni peningkatan pada *life time* komponen, *annual spareparts saving*, *reliability* komponen, dan *overall equipment effectiveness* (OEE). Selain itu juga memberikan dampak penurunan pada *maintenance cost*, *downtime*, dan *overall risk*. Dampak positif yang paling terlihat yakni adanya penghematan biaya yang dialami oleh pihak perusahaan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *maintenance management* berada pada area *support process* namun juga menyokong perusahaan dan memberikan dampak yang besar apabila dilakukan dengan tepat.

Pada objek amatan penelitian yakni PT. Trias Sentosa, pencatatan terjadinya aktivitas *maintenance* sudah dilakukan. Selain pencatatan aktivitas *maintenance*, PT. Trias Sentosa sudah melakukan beberapa tipe *maintenance* diantaranya yakni *corrective maintenance* atau *breakdown maintenance* serta tipe *preventive maintenance*. *Corrective maintenance* dilakukan ketika *parts* atau mesin terjadi kerusakan. *Preventive maintenance* dilakukan dengan memeriksa gejala-gejala kerusakan kemudian dilakukan pencatatan untuk dilakukan aktivitas *maintenance* secara terjadwal di kemudian hari. Selain menerapkan ketiga tipe

*maintenance* diatas PT Trias Sentosa juga menerapkan pemeliharaan berupa modifikasi komponen. Tujuan dilakukannya modifikasi komponen yakni agar desain hasil modifikasi dapat memberikan *improvement* dalam performa mesin serta memberikan ketahanan yang lebih sehingga umur komponen lebih panjang.

Aktivitas *maintenance* berupa modifikasi komponen yang sudah dilakukan oleh PT Trias Sentosa memiliki beberapa dampak negatif, diantaranya yakni perlunya waktu untuk *redesign* komponen sehingga *opportunity cost* yang hilang dapat meningkat apabila tidak segera dilakukan. Selain itu adanya peluang mereduksi keandalan mesin dikarenakan komponen *redesign* belum tentu sesuai dengan fungsi awal dari mesin tersebut. PT Trias Sentosa belum menerapkan *preventive maintenance* dengan dasar perhitungan keandalan, sehingga hal inilah yang menjadi acuan dasar dari penelitian ini.

PT Trias Sentosa memiliki 6 lini produksi untuk melakukan bisnis *flexible packaging films*. Dari 6 lini produksi yang ada, 4 diantaranya digunakan untuk memproduksi *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP) dan 2 lini lainnya digunakan untuk memproduksi *Biaxially Oriented Polyester* (BOPET). Mesin-mesin yang digunakan pada produksi BOPP dan BOPET merupakan mesin-mesin yang sama sehingga memiliki sifat yang sama, perbedaannya hanya pada merk mesin yang digunakan. Objek ini penelitian yakni *Machine Direct Order* (MDO) pada Lini Produksi BOPP 6 sehingga dapat diketahui interval perawatan dan perbaikan yang optimal serta dampak pemeliharaan sesudah dan sebelum diberlakukannya jadwal yang optimal serta dapat diketahui berapa besar perbedaan biaya dalam segi *opportunity cost* yang dapat dilakukan perusahaan dibandingkan dengan *maintenance management* yang sudah dilakukan oleh pihak PT Trias Sentosa.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang dirumuskan dalam tugas akhir ini yakni perencanaan perawatan lini produksi agar kontinuitas produksi dapat berjalan lancar dan cara penurunan *opportunity cost* pada lini produksi yang ada.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Merencanakan perencanaan perawatan mesin yang lebih sistematis untuk mengurangi kerusakan.
2. Menentukan penjadwalan *maintenance* yang tepat dan efisien Menurunkan dampak *opportunity cost* dengan cara.
3. Menghitung dampak *opportunity cost* berdasarkan penjadwalan yang dilakukan.

#### **1.4 Manfaat**

Berikut merupakan manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir yang dilakukan pada PT Trias Sentosa:

1. Meningkatkan *availability* dari lini produksi sebagai dampak dari penjadwalan *maintenance* yang tepat.
2. Meningkatkan perencanaan aktivitas *maintenance* yang optimal sebagai bahan pertimbangan perencanaan strategis.

#### **1.5 Batasan dan Asumsi**

Berikut merupakan batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini:

##### **1.5.1 Batasan**

Berikut batasan yang digunakan:

1. Objek yang dianalisa yakni *Machine Direct Order* (MDO) pada lini produksi BOPP 6.
2. Data kerusakan yang digunakan yakni dimulai sejak 1 September 2013 sampai 10 Juni 2016.
3. Aspek penyebab kerusakan tidak dibahas.
4. Pelaksanaan perawatan, tata cara pembongkaran mesin dan prosedur perawatan tidak dibahas.

##### **1.5.2 Asumsi**

Berikut asumsi yang digunakan:

1. Mesin sejenis memiliki karakteristik yang sama.
2. *Spare parts* dalam kondisi tersedia saat diperlukan.

## **1.6 Skema Penulisan**

Skema penulisan memberikan gambaran umum dari struktur penelitian tugas akhir yang dilakukan. Berikut merupakan skema penulisan dari tugas akhir ini.

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini, manfaat yang didapatkan dari penelitian ini, batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian, dan skema penulisan yang menjelaskan gambaran umum dari penelitian.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka terdiri dari dasar-dasar teori yang mendukung penelitian, studi yang sudah pernah dilakukan pada area penelitian yang sama, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian ini.

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian memberikan gambaran dari langkah sistematis pengerjaan dari penelitian ini.

### **BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini terdiri dari pengumpulan dan pengolahan data termasuk tentang profil perusahaan terkait, serta langkah-langkah pengolahan data.

### **BAB V: ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA**

Bab ini terdiri dari analisa data yang sudah dilakukan pada penelitian ini. Analisis yang dijelaskan termasuk waktu perawatan dan perbaikan optimal dan penurunan biaya yang diakibatkan dengan metode terkait.

### **BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini terdiri dari kesimpulan yang menjawab dari tujuan penelitian ini. Selain itu juga terdapat saran kepada pihak perusahaan terkait penelitian yang sudah dilakukan serta rekomendasi terhadap penelitian yang lebih jauh.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai konsep keandalan, distribusi kegagalan, pemeliharaan, penggantian komponen kritis berdasarkan umur dan diagram pareto yang terkait dengan proses pengerjaan serta landasan teori lainnya dalam proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

#### **2.1 Konsep Keandalan**

Keandalan menurut Lewis (1987) adalah peluang sebuah sistem dalam menjalankan fungsinya dalam kurun waktu tertentu dan dalam kondisi tertentu. Sistem dalam hal ini termasuk juga mesin, komponen, dan *spare parts*. Keandalan atau *reliability* menurut Dhillon & Reiche (1985) adalah probabilitas sebuah unit untuk berfungsi secara normal ketika digunakan dalam kondisi tertentu dan pada kondisi jangka waktu tertentu. Jadi keandalan yakni peluang sebuah unit atau sistem dalam melakukan fungsinya dalam kondisi yang sesuai dengan desain rancangan unit atau sistem tersebut serta dalam kondisi waktu tertentu.

Berikut konsep dan formulasi menurut Lewis (1987) dan beberapa sumber lain, dimana formulasi menggunakan referensi tersebut.

##### **2.1.1 Deskripsi kerusakan**

Menurut Lewis (1987) kerusakan adalah kondisi dimana sistem tidak dapat melakukan atau melaksanakan fungsinya dengan benar. Sistem yang dimaksud termasuk juga mesin, komponen, dan *spare parts*. Sedangkan menurut Moubray (1997) kerusakan atau *failure* adalah ketidakmampuan dari sebuah aset atau kelompok aset dalam melakukan apa yang diinginkan oleh pengguna. Jadi kerusakan adalah kondisi dari sebuah unit atau sistem yang tidak dapat melakukan lagi fungsinya dengan benar sesuai dengan desain fungsi awalnya.

### 2.1.2 Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan adalah fungsi yang menyatakan hubungan antara keandalan dengan waktu  $t$ , yaitu lamanya sistem melaksanakan tugas, yang dinotasikan dengan:

$R(t)$  : Probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama pemakaian  $(0,t)$

sehingga :  $R(t) = P(\text{Peralatan beroperasi})$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.1)$$

$F(t)$  merupakan fungsi distribusi kumulatif umur sistem atau fungsi distribusi kerusakan. Jadi fungsi keandalan merupakan komponen dari fungsi distribusi kumulatif umur sistem tersebut Lewis (1987).

sehingga :  $R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$  (2.2)

### 2.1.3 Laju Kerusakan

Laju kerusakan menyatakan banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu. Biasanya dilambangkan dengan  $\lambda(t)$ , dimana :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.3)$$

### 2.1.4 Mean Time to Failure (MTTF)

*Mean time to failure* (MTTF) adalah waktu kerusakan untuk komponen atau peralatan yang sekali mengalami kerusakan harus diganti dengan komponen atau peralatan yang masih baru dan baik. Berdasarkan rumusan yang berada pada Lewis (1987) MTTF dirumuskan sebagai berikut :

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2.4)$$

Dikarenakan *failure rate*  $\lambda(t)$  harus lebih besar sama dengan nol, maka didapatkan

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.5)$$



### 2.1.5 Mean Time Between Replacemenet (MTBR)

Mean time between replacement (MTBR) merupakan rata-rata waktu antar penggantian komponen karena kerusakan, dan dinotasikan dengan  $R'(t)$ . MTBR terjadi pada saat kegagalan atau etelah beroperasi selama waktu  $T$ , tergantung pada mana yang terjadi lebih dahulu. Karena komponen diganti secara otomatis pada waktu  $T$ , maka :

$$R'(t) = \begin{cases} R(t) & t \leq T \\ 0 & t \geq T \end{cases} \quad (2.6)$$

Dimana  $R(t)$  adalah keandalan dari komponen dan dengan demikian berdasarkan rumus 2.6 maka MTBR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTBR = \int_0^{\infty} R'(t) dt = \int_0^T R(t) dt \quad (2.7)$$

## 2.2 Distribusi Kegagalan

Dalam proses perhitungan keandalan komponen terlebih dahulu harus diketahui model probabilitasnya yang biasa disebut dengan distribusi data kegagalan. Berikut distribusi kegagalan menurut Lewis (1987).

### 2.2.1 Distribusi Eksponensial

Model *constant failure rate* pada sebuah sistem mengarah pada sifat distribusi eksponensial Lewis (1987). Sehingga *probability density function* (PDF),

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.8)$$

Serupa dengan hal tersebut, maka nilai *cumulative density functon* (CDF) menjadi,

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.9)$$

Fungsi keandalan dari distribusi eksponensial dapat ditulis menjadi,

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.10)$$

Laju kerusakan yakni  $\lambda$ , sehingga didapatkan MTTF sebagai berikut,

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.11)$$

### 2.2.2 Distribusi Normal

PDF untuk distribusi normal tertulis sebagai berikut,

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2.12)$$

dimana:

$\sigma$  = standar deviasi

$\mu$  = *mean* (rata-rata)

Karena pada distribusi normal nilai  $\mu$  merupakan MTTF, maka CDF dituliskan sebagai,

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (2.13)$$

Nilai keandalan  $R(t)$  pada distribusi normal yakni sebagai berikut,

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (2.14)$$

Sedangkan formulasi laju kerusakannya menjadi,

$$\lambda(t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\int_t^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}} \quad (2.15)$$

### 2.2.3 Distribusi Lognormal

Formula PDF pada distribusi lognormal yakni,

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\ln t - t_0)^2} \quad (2.16)$$

Rumusan CDF menjadi,

$$F(t) = \Phi \left[ \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_0} \right] \quad (2.17)$$

Keandalan dapat dirumuskan menjadi,

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_0} \right] \quad (2.18)$$

Kemudian formulasi MTTF yakni,

$$MTTF = \mu = t_0 e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2.19)$$

### 2.2.4 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull dua parameter mengasumsikan bahwa laju kerusakan sebagai berikut,

$$\lambda(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \quad (2.20)$$

Dari rumusan *failure rate* diatas maka formula PDF menjadi,

$$f(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (2.21)$$

Pengintegrasian dengan variabel waktu dari nol menjadi t, maka didapatkan rumusan CDF,

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (2.22)$$

dan rumus keandalan yakni,

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (2.23)$$

Rumusan MTTF yakni,

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right) \quad (2.24)$$

Sedangkan untuk distribusi Weibull 3 parameter berikut merupakan formulasi dari masing-masing variabelnya. Rumus kenadalan diformulasikan sebagai berikut,

$$R(t) = \begin{cases} 1, & t < t_0 \\ \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta\right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2.25)$$

CDF dengan formulasi,

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < t_0 \\ 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta\right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2.26)$$

PDF dengan formulasi,

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < t_0 \\ \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta\right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2.27)$$

Sedangkan laju kerusakan,

$$\lambda(t) = \begin{cases} 0, & t < t_0 \\ \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^{\beta-1} & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2.28)$$

Rumusan MTTF yakni,

$$MTTF = \int_0^\infty \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta\right] dt \quad (2.29)$$

## **2.3 Pemeliharaan**

Pemeliharaan dalam kebanyakan sistem terbagi dalam pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) dan pemeliharaan dengan penggantian (*corrective maintenance*). Tujuan dari adanya pemeliharaan yakni menjaga dan mempertahankan sistem untuk dapat tetap melaksanakan fungsinya Lewis (1987).

### **2.3.1 Preventive Maintenance**

Pada *preventive maintenance*, parts atau komponen diganti atau dilakukan *adjustments* sebelum kerusakan atau *failure* terjadi. Tujuan utama dari *preventive maintenance* yakni untuk meningkatkan keandalan sistem dalam jangka panjang dengan menangani *aging effect* komponen, korosi, *fatigue*, dan fenomena terkait lainnya Lewis (1987).

### **2.3.2 Corrective Maintenance**

*Corrective maintenance* memiliki tujuan yang sama seperti *preventive maintenance* namun pemeliharaan dilakukan ketika kerusakan atau *failure* terjadi. Namun kriteria utama menjadi pusat perhatian yakni efektifitas *corrective maintenance* terhadap *availability* dari sistem untuk tetap beroperasi ketika dibutuhkan Lewis (1987).

### **2.3.3 Biaya Pemeliharaan**

Biaya pemeliharaan yang terkait antara lain dipengaruhi oleh beberapa biaya berikut :

1. Biaya Tenaga Kerja

Segala bentuk biaya tenaga kerja yang terkait dalam proses tenaga kerja. Biaya dapat berupa biaya pekerja, biaya tenaga kerja ketika melakukan perbaikan, dan lain sebagainya.

2. *Opportunity Cost*

Biaya yang hilang akibat adanya *downtime*. Pada penelitian ini biaya yang dimaksud yakni kerugian perusahaan apabila lini produksi pada *Machine Direct Order* tidak beroperasi dikarenakan *downtime*.

3. Biaya pengadaan atau biaya perbaikan

Biaya untuk pengadaan *spare parts* baru yakni mengenai pembelian *spare parts*.

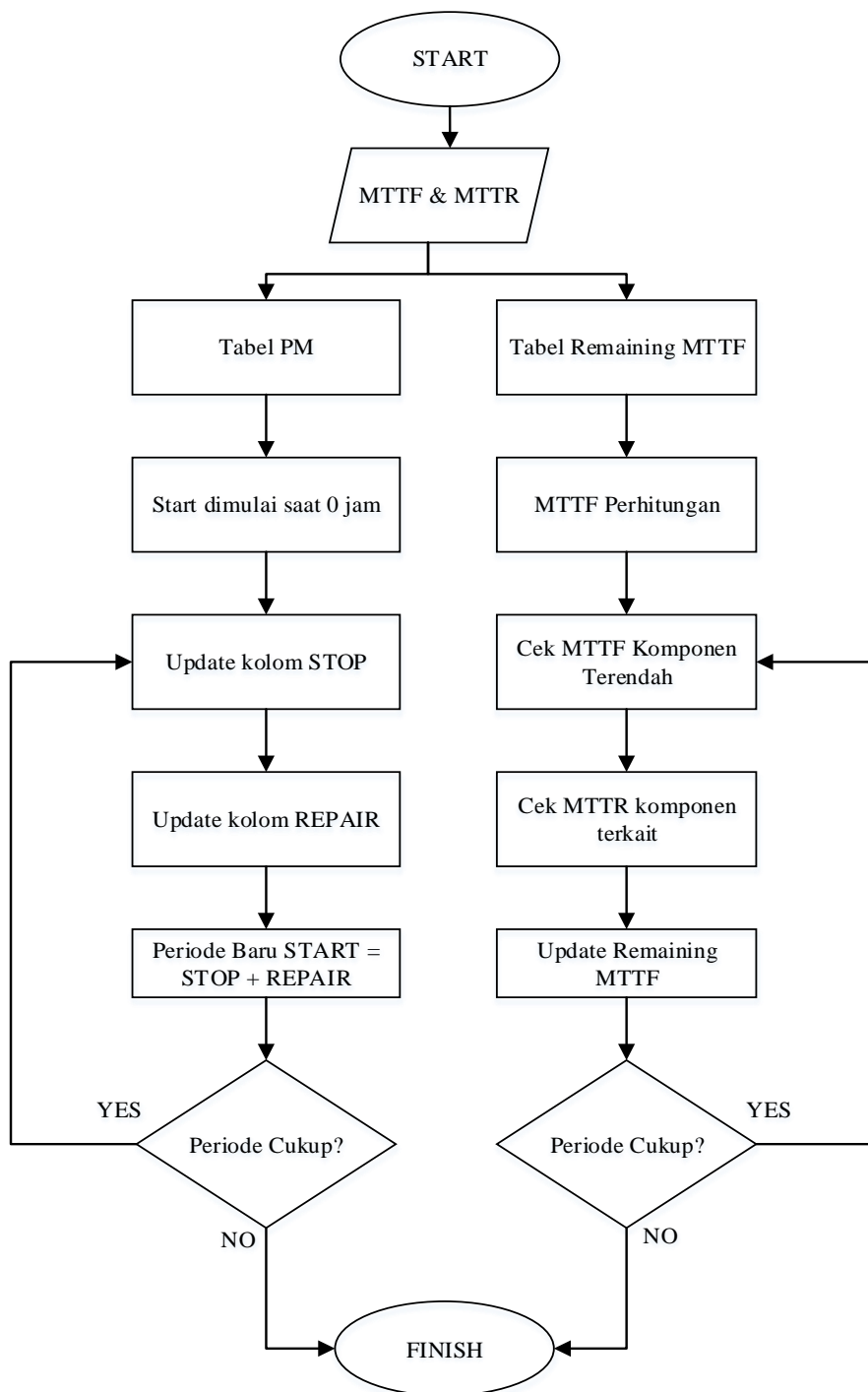
#### 2.4 Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional

Metode penjadwalan ini menggunakan data-data dari *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dari setiap kegiatan pemeliharaan pada komponen-komponen yang terpilih. Berikut merupakan proses pengerjaan dari metode ini menurut Prasetyawan (2011):

1. Komponen-komponen diurutkan berdasarkan nilai MTTF mulai dari nilai terkecil sampai yang terbesar.
2. Buat kolom dibawah judul untuk mengindikasikan *stage maintenance*. Setiap *stage* terbagi dalam kolom “Start”, “Stop”, dan “Repair”.
3. Buat formulasi untuk setiap kolom yang sudah dibuat. Pada *stage 1* formulasi Ms. Excel untuk kolom “Stop” = “Start” + MTTF; nilai dari kolom “Start” dimulai dengan angka 0 (nol); nilai dari kolom “Repair” bergantung pada nilai MTTF paling kecil (apabila komponen mencapai nilai MTTF maka nilai MTTR akan dimasukkan kedalam kolom “Repair” dan namun pada komponen lain tidak diisi). Pada *stage 2*, formulasi dari kolom “Start” = “Stop (*Stage 1*)” + “Repair” dan nilai kolom “Repair” pada *stage 2* diisi dengan kolom yang sama yakni dari nilai MTTF terkecil sesuai Tabel *Remaining* MTTF. Setiap kolom diisi dengan menggunakan langkah ini sampai didapatkan sesuai dengan tujuan jam yang akan dicapai.
4. Lakukan *checking* untuk *maintenance period* setiap 1 tahun dan beri tanda khusus pada *stage* mana saja komponen berhenti.
5. Lakukan *adjustment* pada MTTF yang tersisa dengan membuat tabel *Remaining* MTTF dibawah tabel formulasi.
6. Apabila terdapat 2 atau lebih komponen berhenti dalam waktu yang sama, maka *repair time* yang digunakan adalah waktu *repair* terlama dari komponen-komponen yang berhenti. Nilai waktu *repair* itulah yang akan digunakan untuk melakukan *update* pada kolom “Start” di *stage* berikutnya.

7. Penjadwalan masing-masing *stage* akan berhenti apabila semua komponen mencapai MTTF pada waktu yang sama, karena pola dari penjadwalan *stage* akan sama seperti *stage* awal.

Algoritma diatas dapat digunakan untuk komponen-komponen atau mesin dengan kategori sistem komponen seri yakni apabila *maintenance* dilakukan maka seluruh mesin akan berhenti. Untuk sistem komponen paralel yakni tindakan *maintenance* dapat dilakukan terpisah tanpa seluruh operasi berhenti, maka algoritma 3 dan 7 tidak digunakan. Hal ini mengakibatkan pada kolom “Repair” akan terisi oleh nilai MTTR dari masing-masing komponen. Untuk memudahkan proses pengerjaan, maka langkah diatas dapat disederhanakan dalam sebuah *flowchart*. *Flowchart* pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 *Flowchart Pengerjaan Preventive Maintenance*

## 2.5 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah diagram yang memuat frekuensi distribusi atau histogram dari atribut data yang sudah disusun atau dikelompokkan. Diagram pareto tidak secara otomatis mengidentifikasi *importance defects*, namun hanya

yang bersifat *the most frequent*. Diagram pareto secara luas digunakan *nonmanufacturing application*. Namun penggunaannya sangat terkait erat dengan peningkatan kualitas atau *quality improvement* Montgomery (2009).

Pada diagram pareto aris mewakili jumlah kumulatif dari item yang dianalisa sedangkan diagram batang menunjukkan nilai dari masing-masing item. Item yang dianalisa dapat berupa kerusakan, biaya, waktu, dan sebagainya. Tujuan dari penggunaan diagram pareto yakni untuk mengetahui sumber terbesar dari suatu permasalahan, sehingga dapat dilakukan penyelesaian pada sumber terbesar permasalahan.

Langkah-langkah pembuatan diagram pareto :

1. Penentuan kerusakan-kerusakan yang terjadi.
2. Penentuan periode waktu yang digunakan pada diagram pareto.
3. Penghitungan kerusakan-kerusakan yang terjadi sesuai periode.
4. Penggunaan sumbu vertikal untuk menunjukkan rpresentase kerusakan dan sumbu horizontal untuk menunjukkan jumlah kerusakan yang terjadi.

## 2.6 *Availability*

*Availability* merupakan alat ukur umum untuk membantu proses pemahaman akan nilai *reliability*. *Availability* didefinisikan dengan 2 istilah keandalan yakni *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). MTBF merupakan nilai waktu rata-rata dari sebuah komponen antara waktu kerusakan satu dengan yang lainnya. Definisi lain dari MTBF yakni nilai total dari MTTF dan MTTR. MTTR merupakan nilai waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan *repair* atau *maintain* komponen dan mengembalikan komponen terkait untuk kembali beroperasi. Formulasi dari *availability* adalah sebagai berikut Groover (2001):

$$A = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.30)$$



## 2.7 Penelitian Sebelumnya Terkait dengan *Maintenance*

Pada sub bab ini akan dijelaskan dan dipaparkan mengenai penelitian-penelitian terdahulu mengenai topik *maintenance*. Penelitian-penelitian terdahulu terdiri dari berbagai metode terkait *maintenance*. Rekapitulasi hasil penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Rekapitulasi Penelitian-penelitian Sebelumnya

| No. | Metodologi  | Tahun | Objek                                 | Dampak  |
|-----|---|-------|---------------------------------------|---|
| 1   | <i>Reliability Centred Maintenance (RCM)</i>                      | 2002  | PT. Badak                             | <i>Maintenance cost per unit</i> menurun. Interval <i>overhaul pump motor</i> menjadi lebih panjang dari 5 tahun menjadi 7 tahun PCP (2000)   |
| 2   | <i>Preventive Modularity Maintenance</i>                          | 2009  | PT Cakra Compact Aluminium Industries | <i>Preventive Modularity Maintenance</i> memberikan biaya total sebesar Rp 15.183.636,7692 sedangkan <i>corrective maintenance</i> sebesar Rp 20.868.098,5368 dan <i>preventive maintenance</i> Rp 19.257.981,6984. Jadi dengan <i>preventive modularity maintenance</i> biaya lebih rendah sebesar 27,23999% dari <i>corrective maintenance</i> Novarina (2009)        |
| 3   | <i>Preventive Maintenance (PM)</i>                                | 2010  | EMISAL                                | Penghematan <i>spare parts</i> tahunan sebesar 22,17% untuk komponen-komponen mesin <i>feed water pump, boiler, dan turbo-generator</i> Afefy (2010)  |
| 4   | <i>Integrated Preventive Maintenance and Replacement Policies</i> | 2010  | Riset atau Penelitian                 | Integrasi <i>preventive maintenance</i> dan <i>repair policy</i> memberikan jumlah penurunan dari <i>repair times</i> sehingga lebih optimal. Selain itu dapat meningkatkan <i>lifetime</i> dari mesin Kenne, dkk (2010)  |
| 5   | <i>Preventive Maintenance (PM)</i>                                | 2012  | PT. INALUM                            | Penghematan total biaya <i>maintenance</i> sebesar 28% dibandingkan <i>breakdown maintenance</i> , Hamsi (2012)   |
| 6   | <i>Preventive Modularity Maintenance</i>                          | 2013  | PT RXZ                                | Total biaya <i>breakdown maintenance</i> sebesar Rp 55.071.518, <i>preventive maintenance</i> sebesar Rp 50.046.953, dan <i>preventive modularity</i> sebesar Rp 49.902.964. Jadi, biaya <i>modularity maintenance</i> lebih kecil 9,38% dari biaya <i>breakdown maintenance</i> , dan lebih kecil 0,29% dari biaya <i>preventive maintenance</i> , Tarigan, dkk (2013) |

| No. | Metodologi                                       | Tahun | Objek  | Dampak  |
|-----|--|-------|--|---|
| 7   | <i>Preventive Maintenance (PM)</i>               | 2013  | PT XXX   | Total <i>downtime</i> menjadi lebih kecil yakni sebesar 58,3 jam sebelumnya sebesar 1009 jam. Meningkatnya <i>availability rate</i> sebesar 5,3142% untuk masing-masing komponen. Mengurangi <i>profit loss</i> sebesar Rp 856.698.320/tahun, Matondang, dkk (2013)         |
| 8   | <i>Preventive Maintenance dan Optimal Spares</i> | 2013  | Industrial System (Detonator Assembly Plant)           | Memberikan solusi optimal terkait frekuensi <i>preventive maintenance</i> dan jumlah <i>spare parts</i> yang harus diorder. Penghematan sebesar 44% pada biaya <i>maintenance</i> tahunan dan <i>production downtime</i> mengalami penurunan sebesar 76%, Lynch, dkk (2013) |
| 9   | <i>Reliability Centred Maintenance (RCM)</i>     | 2013  | PT PJB Unit Pembangkit Paiton                          | Dengan metode RCM II didapatkan peningkatan keandalan untuk komponen-komponen <i>coal feeder</i> sebesar 1,56%-57,22%, Islamidina, dkk (2013)   |
| 10  | <i>Reliability Centred Maintenance (RCM)</i>     | 2013  | <i>Swivel-Swing Doors VIRM-1/2/3 type Train Series</i> | Jumlah inspeksi berkurang menjadi antara 60-90 inspeksi, sedangkan dalam kondisi praktiknya sebesar 93 inspeksi dalam 15 tahun. Sedangkan <i>savings</i> menjadi lebih kecil dari 5.1 juta euro menjadi 5 juta euro, Wolde & Ghobbar (2013)                                 |
| 11  | <i>Reliability-Based Maintenance</i>             | 2013  | <i>Hydraulic System of Drilling Machines</i>           | Memberikan solusi penjadwalan pemeliharaan sehingga <i>reliability</i> mesin tetap diatas 80%. Serta memberikan interval pemeliharaan dari <i>hydraulic system</i> setiap 10 jam yakni harus dilakukan pengecekan dan pemeliharaan, Rahimdel, dkk (2013)                    |
| 12  | <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>        | 2013  | CNC Turning with Different Capacity                    | <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> meningkat dari 63% menjadi 79%. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi <i>mprovement</i> pada produktivitas dan kualitas produk, Singh, dkk (2013)  |
| 13  | <i>Reliability-Based Maintenance</i>             | 2014  | <i>Gearbox Components in Wind Turbine Drivetrains</i>  | <i>Maintenance inspector</i> dapat melihat dari <i>defect</i> berdasarkan <i>rank</i> komponen yang memiliki <i>higher probability failure</i> . Sehingga tidak perlu melihat keseluruhan <i>gear</i> dan <i>bearing</i> , Nejad, dkk (2014)                                |
| 14  | <i>Preventive Maintenance</i>                    | 2015  | Aircraft A320  | Total <i>Annual Cost</i> berkurang sebesar 20% dari sebelumnya serta <i>availability aircraft</i> bernilai tinggi, Regattieri, dkk (2015)   |

| No. | Metodologi                            | Tahun | Objek                                  | Dampak  |
|-----|---------------------------------------|-------|--|---|
| 15  | <i>Preventive Strategy</i>            | 2016  | Offshore Wind Turbines                 | Model <i>maintenance</i> yang diberikan mampu sesuai dengan umur dari <i>offshore wind turbines</i> dan dari klasifikasi yang diberikan memberikan keputusan diperlukan <i>maintenance</i> atau tidak, Sarker dan Faiz (2016) |
| 16  | <i>Risk-based Shutdown Inspection</i> | 2016  | <i>Hydrocarbon Processing Facility</i> | <i>Risk Critically Matrix</i> memudahkan dalam pemilihan komponen kritis untuk dilakukan <i>shutdown</i> sehingga dapat mengoptimalkan <i>overall risk</i> , Hameed, dkk (2016)   |

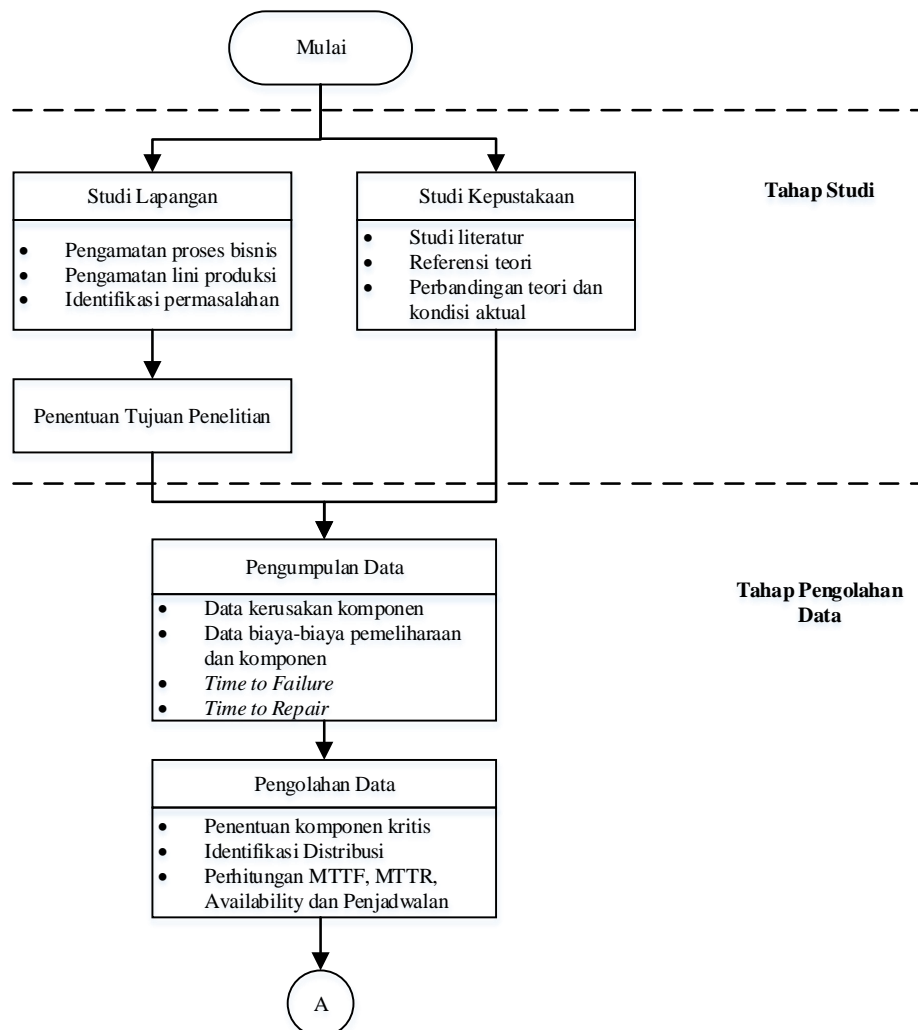
# BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

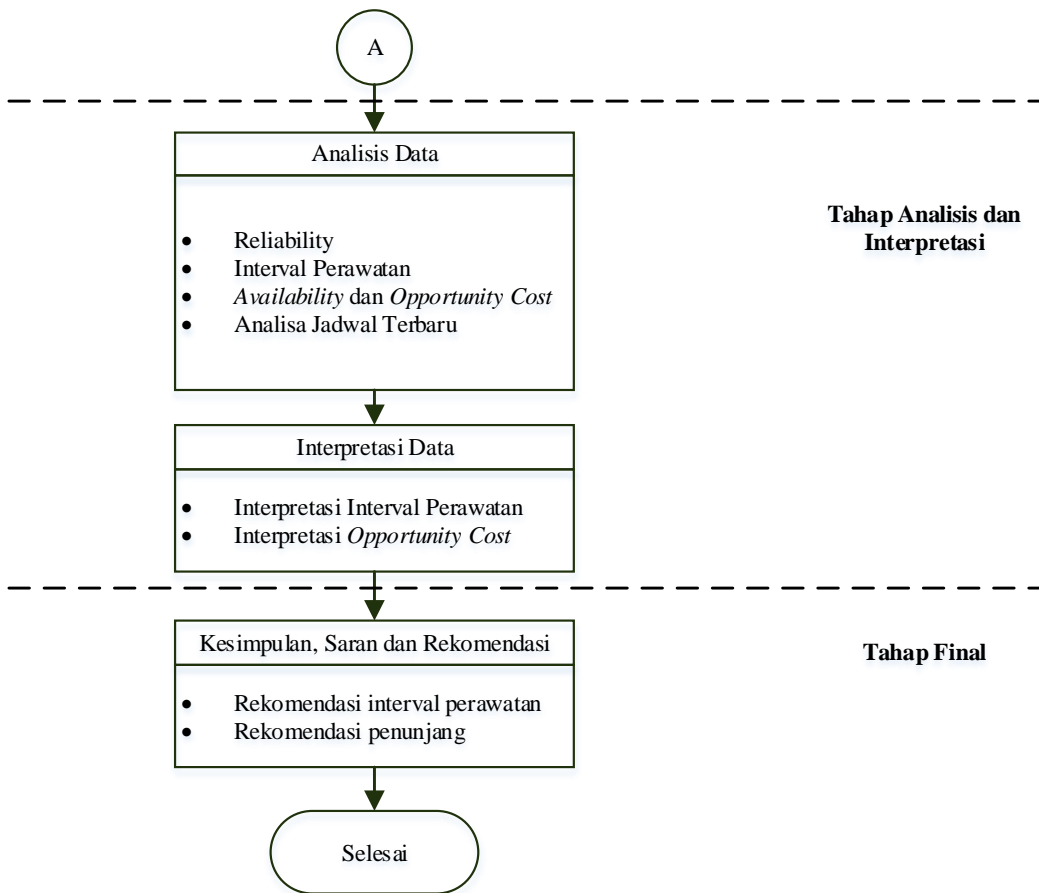
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan. Tujuan dari bab ini yakni untuk memberikan gambaran dari langkah-langkah pengerjaan penelitian ini.

### 3.1 Flowchart

Metodologi penelitian yang digunakan digambarkan dalam bentuk *flowchart*. Metodologi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 berikut ini.



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Alur Metodologi Penelitian (lanjutan)

### 3.2 Tahap Studi

Pada tahap ini terdapat proses paralel yakni studi lapangan dan studi kepustakaan. Pada akhir dari tahap, langkah selanjutnya yakni memasuki tahap pengolahan data.

#### 3.2.1 Studi Lapangan

Pada tahap ini penulis diikutsertakan dalam studi lapangan untuk melihat proses bisnis dari PT Trias Sentosa secara langsung. Studi lapangan berupa pengamatan langsung lini produksi serta identifikasi permasalahan yang ada pada lini produksi terkait. Dalam studi lapangan juga terdapat diskusi dengan pihak perusahaan khususnya dengan pihak Divisi *Maintenance* mengenai lini-lini produksi serta tindakan-tindakan pemeliharaan yang sudah dilakukan oleh pihak PT Trias Sentosa.

### **3.2.2 Penentuan Tujuan Penelitian**

Penentuan tujuan penelitian tujuannya yakni sebagai pemandu dari langkah yang harus ditempuh. Hal ini juga berfungsi agar penelitian yang dilakukan tetap terarah dan tidak menyimpang dari sasaran. Tujuan penelitian harus dijawab pada akhir penelitian pada kesimpulan atau rekomendasi dari hasil penelitian yang dilakukan.

### **3.2.3 Studi Kepustakaan**

Studi kepustakaan berfungsi sebagai dasar literatur serta langkah awal dalam membentuk kerangka berpikir. Kerangka berpikir yang sudah didapat diharapkan dapat memecahkan penyelesaian permasalahan. Studi kepustakaan juga sebagai dasar perbandingan teori dengan kondisi aktual. Studi kepustakaan ini meliputi telaah perpustakaan dan pencarian referensi terkait dengan penelitian. Pada penelitian ini referensi yang terkait antara lain yakni konsep keandalan, distribusi kegagalan, pemeliharaan, penggantian komponen kritis berdasarkan umur dan diagram pareto.

## **3.3 Tahap Pengolahan Data**

Tahap lanjutan setelah tahap studi. Tahapan ini akan menjadi proses sebelum memasuki tahap analisis dan interpretasi.

### **3.3.1 Pengumpulan Data**

Variabel-variabel utama yang terkait antara lain yakni waktu antar kerusakan dan waktu antar kerusakan dari mesin X atau lini produksi X khususnya dari jumlah kerusakan yang terjadi. Sumber data yang didapat antara lain dari :

1. Data kerusakan komponen dan frekuensi perbaikan yang diperoleh dari Divisi *Maintenance*.
2. Data *time to failure* dan *time to repair* dari komponen-komponen mesin pada *database maintenance* lini produksi X.
3. Data biaya-biaya yang berkaitan dengan pemeliharaan yang dilakukan.

4. Data umum perusahaan yang diperoleh dari beberapa departemen selain Departemen *Maintenance*.

### **3.3.2 Pengolahan Data**

Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan penyederhanaan *sub assembly* mesin untuk diketahui komponen-komponen pembentuknya. Data kerusakan Mesin X dibuat *Pareto Diagram* sehingga dapat diketahui komponen mana yang kritis dengan bantuan Ms. Excel. Kemudian setelah diketahui komponen mana yang kritis dilakukan pencarian distribusi dari data yang didapat. Pengolahan dibantu dengan *software* Weibull ++ untuk mencari distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan. Distribusi yang sudah ditemukan dilakukan ranking berdasarkan nilai Average Goodness of Fit (AvGOF), Likelihood Function (LKV), dan *Plotted Values Fit* (AvPlot) yang didapat dari *software* Weibull ++. Distribusi yang memiliki peringkat tertinggi yakni distribusi yang terpilih. Selain itu pengolahan data juga mencakup perhitungan MTTF, MTTR, perbandingan *Availability* terhadap *Opportunit Cost* serta penjadwalan.

## **3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi**

Tahap ini berisi mengenai analisa dan interpretasi dari data-data yang sudah diolah. *Output* dari tahap ini yakni berupa kesimpulan, saran maupun rekomendasi terkait hasil penelitian. Interpretasi data diantaranya yakni tujuan dari hasil yang diperoleh dari perhitungannya data sebelumnya.

### **3.4.1 Analisis Data**

Analisa yang dilakukan antara lain yakni analisa *opportunit cost* pada jadwal rekomendasi awal. Selain itu dilakukan analisa dasar integrasi yakni dari hasil perbandingan dampak *availability* terhadap *opportunity cost*. Kemudian analisa final yakni analisa penjadwalan terbaru dengan dasar acuan hasil perbandingan *availability* sebelumnya.

### **3.4.2 Interpretasi Data**

Interpretasi data berupa intepretasi dari analisis yang dilakukan. Proses ini merupakan input bagi rekomendasi pada penelitian yang dilakukan. Interpretasi

juga memberikan penjelasan mengenai hasil dari analisis data dan makna dari hasil tersebut. Dengan adanya interpretasi data maka dapat diketahui hubungan dan makna dari analisis data mulai dari distribusi terpilih dari komponen, selang waktu interval perawatan, serta rekomendasi sebagai tujuan akhirnya.

### **3.5 Tahap Final**

Tahap yang berisi mengenai kesimpulan, saran, dan rekomendasi. Tahapan ini menggambarkan apa dampak penelitian terhadap pihak perusahaan terkait.

#### **3.5.1 Kesimpulan dan Saran**

Langkah ini merupakan tahap terakhir dari penelitian. Dalam tahap ini diharapkan tujuan penelitian dapat terjawab dan menjadi masukan solusi bagi PT Trias Sentosa. Selain itu rekomendasi yang diberikan dapat digunakan dalam pertimbangan pengambilan keputusan dalam hal perawatan dan pemeliharaan pada lini produksi terkait.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai profil perusahaan, pengumpulan data dan pengolahan data sebagai input untuk analisa data.

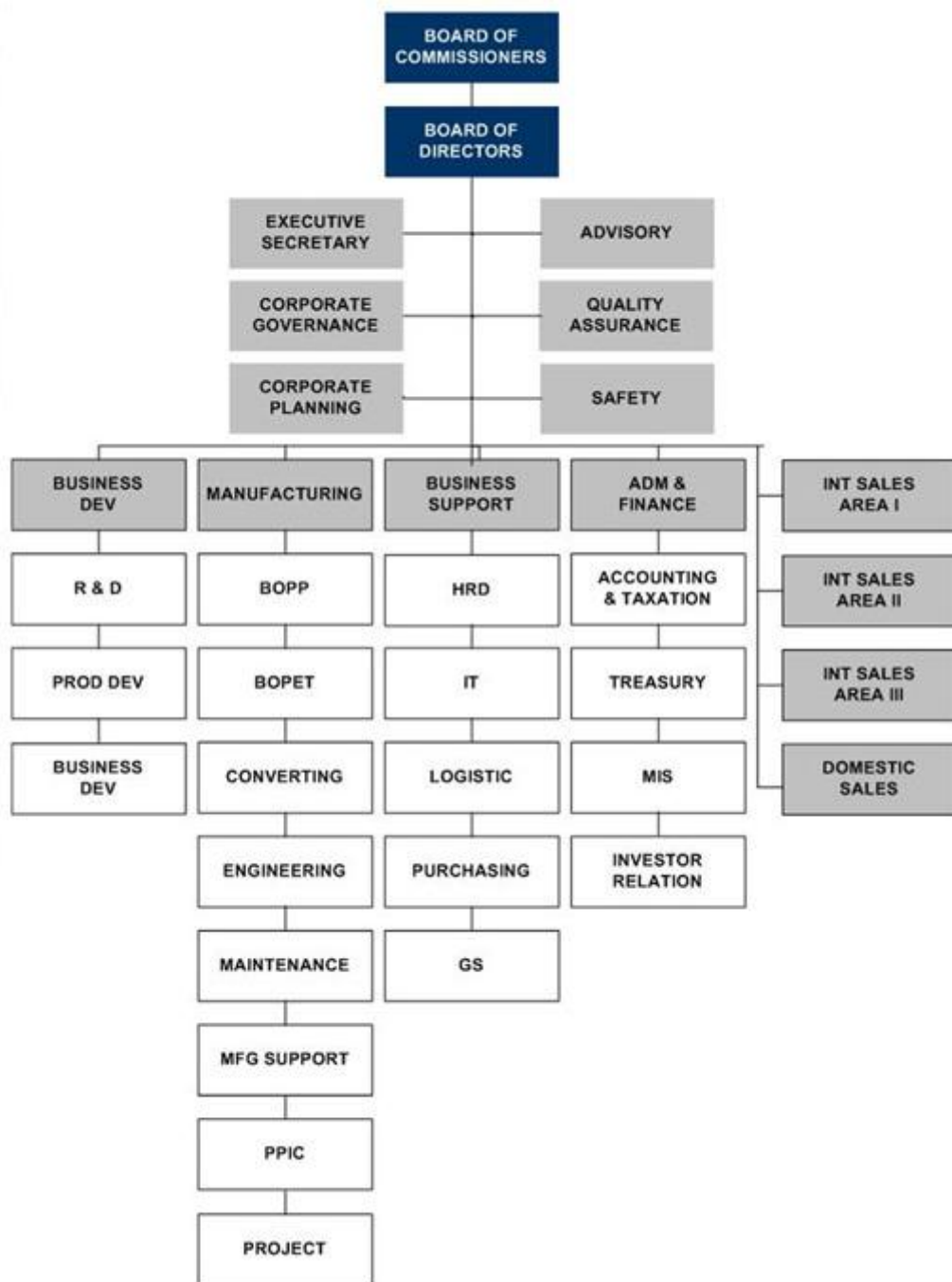
#### **4.1 Profil Perusahaan PT Trias Sentosa**

Pada sub bab ini dileaskan mengenai profil perusahaan secara umum serta program *maintenance* pada PT Trias Sentosa.

##### **4.1.1 Profil Perusahaan**

PT Trias Sentosa didirikan pada 23 November 1979. PT Trias Sentosa mulai beroperasi secara komersial pada tahun 1986. Total kapasitas saat ini yakni  $\pm 67.000$  MT untuk produk *Biaxially Oriented Polypropylene* (BOPP) film per tahun dan  $\pm 30.000$  MT untuk produk *Biaxially Oriented Polyester* (BOPET) film per tahun. Saat ini PT Trias Sentosa telah menjadi produsen produk *flexible packaging* film terbesar di Indonesia (PT Trias Sentosa, 2010).

PT Trias Sentosa memiliki 2 lokasi *Plant Site*. *Plant Site* yang pertama bernama Waru *Plant* berada pada Jalan Raya Waru No.1B, Waru. *Plant Site* kedua yakni merupakan *Head Office* atau *site* utama dengan kapasitas lebih besar yang berada pada Desa Keboharan KM. 26, Krian, Sidoarjo. PT Trias Sentosa memiliki 6 lini produksi untuk memproduksi BOPP dan BOPET. Empat lini produksi digunakan untuk memproduksi BOPP, sedangkan 2 lini produksi lainnya digunakan untuk memproduksi BOPET. Struktur organisasi pada PT Trias Sentosa dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Trias Sentosa

Objek dari penelitian ini yakni pada lini produksi BOPP 6. Lini produksi ini merupakan lini produksi terbaru dari keenam lini yang ada. Lini produksi ini resmi beroperasi secara komersial sejak awal bulan September 2013. Penelitian dilakukan dibawah pengawasan Divisi *Maintenance* pada lini produksi BOPP 6.

#### **4.1.2 Program Maintenance PT Trias Sentosa**

Program *maintenance* yang dilakukan oleh pihak PT Trias Sentosa antara lain yakni *breakdown maintenance*, *preventive maintenance*, dan *predictive maintenance*. *Breakdown maintenance* pada PT Trias Sentosa yakni *maintenance* yang dilakukan ketika komponen atau mesin mengalami kegagalan beroperasi atau rusak. *Preventive maintenance* pada PT Trias Sentosa yakni berupa tindakan pemeliharaan *preventive* untuk mencegah sebuah komponen atau mesin agar tidak rusak atau gagal beroperasi. Tindakan yang dilakukan antara lain pemeliharaan terjadwal atau berupa pembersihan dan perawatan komponen atau mesin agar kondisi tetap prima. *Predictive maintenance* pada PT Trias Sentosa yakni pemeliharaan dengan memperkirakan komponen atau mesin akan rusak, sehingga dapat dilakukan penjadwalan untuk proses pemeliharaan yang akan dilakukan ke depannya. Tindakan yang dilakukan misalnya untuk oli mesin, maka pihak PT Trias Sentosa dibantu oleh vendor produk oli mesin terkait untuk menguji apakah oli masih dapat digunakan atau sudah harus diganti sehingga performa mesin dapat tetap prima.

Selain tindakan-tindakan *maintenance* yang sudah dijelaskan, PT Trias Sentosa juga melakukan tindakan *maintenance* lainnya. Tindakan *maintenance* yang dilakukan oleh pihak PT Trias Sentosa yakni berupa *redesign* komponen dari suatu mesin sehingga *life time* komponen diharapkan semakin meningkat. *Redesign* komponen juga dibantu oleh vendor lokal, apabila hasil *redesign* cepat rusak dan tidak *compatible* dengan mesin maka akan kembali menggunakan komponen original. Jadi *maintenance* yang sudah dilakukan belum berdasarkan perhitungan *reliability* atau keandalan.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai data-data yang diperoleh sebagai dasar analisa dan pengolahan lebih lanjut. Data-data yang diperoleh antara lain yakni data kerusakan komponen, waktu perbaikan komponen dan biaya komponen.

#### 4.2.1 Data Kerusakan Komponen

Data kerusakan komponen didapatkan melalui *record database* dari *software* SAP. Rekapitulasi data kerusakan pada *Machine Direct Order* (MDO) dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1 Tabel Rekapitulasi Kerusakan Komponen MDO

| Parts                | Frekuensi Kerusakan |
|----------------------|---------------------|
| NIPROLL MDO 6        | 5                   |
| NIPROLL MDO 3        | 3                   |
| NIPROLL MDO 1        | 2                   |
| NIPROLL MDO 2        | 2                   |
| NIPROLL MDO 8        | 2                   |
| STRETCHING ROLL      | 1                   |
| NIPROLL MDO 4        | 1                   |
| NIPROLL MDO 5        | 1                   |
| ANNEALING ROLL NO 27 | 1                   |
| NIPROLL MDO 7        | 0                   |

#### 4.2.2 Data Waktu Kerusakan Komponen dan Waktu Perbaikan Komponen

Data waktu kerusakan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*) didapatkan melalui *record database* dari *software* SAP. Rekapitulasi dari *time to failure* dan *time to repair* yakni dalam satuan jam pada setiap komponen MDO. Rekapitulasi dari *time to failure* dan *time to repair* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Tabel Rekapitulasi TTF dan TTR Keseluruhan

| Time to Failure      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                 |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Annealing Roll No 27 | Nip Roll MDO No 1 | Nip Roll MDO No 2 | Nip Roll MDO No 3 | Nip Roll MDO No 4 | Nip Roll MDO No 5 | Nip Roll MDO No 6 | Nip Roll MDO No 8 | Stretching Roll |
| 5352                 | 2208              | 3096              | 3168              | 22056             | 16928             | 7226              | 13824             | 2136            |
|                      | 3888              | 9386,5            | 2616              |                   |                   | 712,5             | 4944              |                 |
|                      |                   |                   | 11739             |                   |                   | 1039              |                   |                 |
|                      |                   |                   |                   |                   |                   | 7768,5            |                   |                 |
|                      |                   |                   |                   |                   |                   | 6720              |                   |                 |

| Time to Repair             |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                    |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| Annealing<br>Roll No<br>27 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 1 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 2 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 3 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 4 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 5 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 6 | Nip<br>Roll<br>MDO<br>No 8 | Stretching<br>Roll |
| 0,08                       | 0,03                       | 0,05                       | 0,07                       | 0,28                       | 0,23                       | 0,13                       | 0,2                        | 0,02               |
|                            | 0,12                       | 0,18                       | 0,1                        |                            |                            | 0,15                       | 0,27                       |                    |
|                            |                            |                            | 0,25                       |                            |                            | 0,17                       |                            |                    |
|                            |                            |                            |                            |                            |                            | 0,22                       |                            |                    |
|                            |                            |                            |                            |                            |                            | 0,3                        |                            |                    |

Tabel 4.2 diatas akan dipisah per komponen setelah diketahui komponen-komponen kritis pada MDO. Proses pengolahan tersebut akan dilakukan pada sub bab 4.2.

### 4.2.3 Biaya-biaya Pemeliharaan

Biaya-biaya pemeliharaan yang terkait antara lain yakni biaya tenaga kerja, *opportunity cost*, biaya akibat kerusakan dan biaya perawatan. Masing-masing biaya tersebut akan dibahas pada sub bab dibawah ini.

#### 4.2.3.1 Biaya Tenaga Kerja

Tenaga kerja pada Divisi *Maintenance* PT Trias Sentosa digaji berdasarkan siklus bulanan. Sehingga pada analisa penelitian ini diasumsikan bernilai Rp 0,00 (nol). Asumsi ini dilakukan dengan dasar bahwa, jumlah *maintenance* yang dilakukan pada mesin atau komponen tidak akan berpengaruh pada gaji yang akan karyawan terima (*fixed cost*). Variabel tenaga kerja akan bernilai dan memberikan dampak apabila sebuah perusahaan menerapkan sifat penggajian berdasarkan jumlah *maintenance* yang dilakukan, dalam hal ini bersifat *variabel cost*.

#### 4.2.3.2 Opportunity Cost

Nilai *opportunity cost* diambil dari konversi *revenue* yakni *net sales* tahun 2014 pada *annual report* tahun 2015 dalam satuan jam. Pengambilan biaya dari *net sales* didasari oleh apabila terjadi *downtime* atau *maintenance* dimana mesin

tidak dapat bekerja maka jumlah produksi akan berkurang, sehingga biaya yang dipengaruhi yakni *net sales*. Berikut merupakan perhitungan dari konversi *opportunity cost* terkait.

$$\text{Opportunity Cost} = \text{Rp } 2.507.884.797.367 / (365 \times 24 \text{ jam}) \quad (4.1)$$

$$\text{Opportunity Cost} = \text{Rp } 2.507.884.797.367 / (8760 \text{ jam}) \quad (4.2)$$

$$\text{Opportunity Cost} = \text{Rp } 286.288.218,88 / \text{jam} \quad (4.3)$$

#### 4.2.3.3 Biaya Akibat Kerusakan

Biaya akibat kerusakan dalam penelitian ini adalah biaya yang digunakan untuk mengganti komponen yang mengalami kerusakan. Biaya semua komponen kritis memiliki harga yang sama yakni Rp 13.800.000,00.

#### 4.2.3.4 Biaya Perawatan

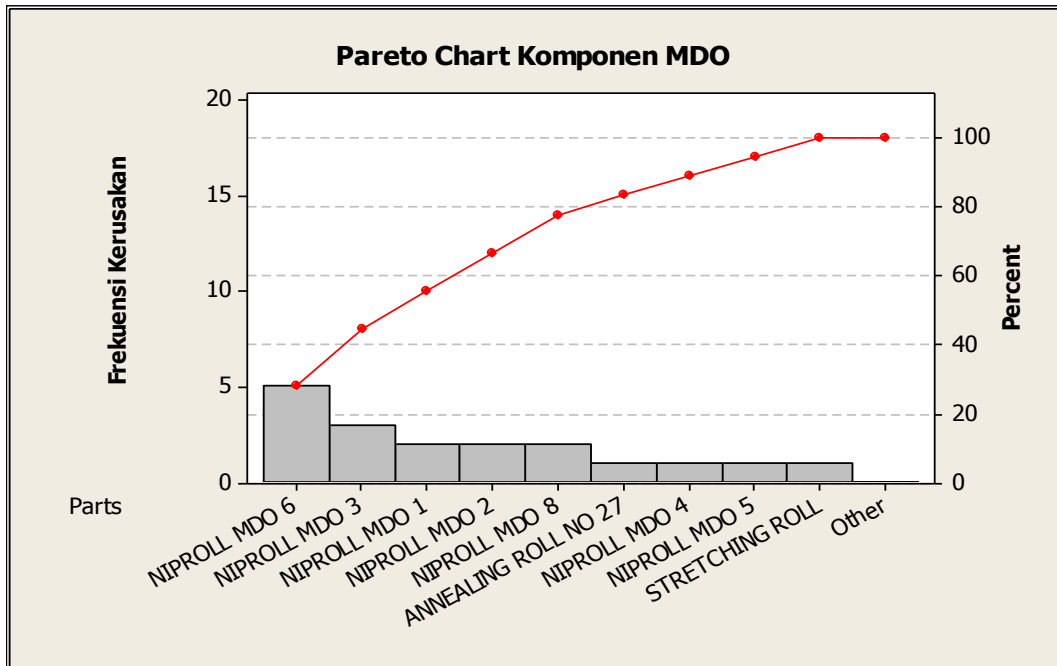
Pada penelitian ini perawatan yang dilakukan pada komponen kritis yakni *rerubberizing* dengan biaya sebesar Rp 7.800.000,00. Waktu perawatan terencana yang dilakukan oleh PT Trias Sentosa yakni dengan interval 4 bulan sekali.

### 4.3 Pengolahan Data

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai pengolahan dari data yang sudah dikumpulkan. Pengolahan yang dilakukan berupa penentuan komponen kritis.

#### 4.3.1 Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan Tabel 4.1 yang diperoleh, dilakukan pengolahan menggunakan Diagram Pareto untuk dapat diketahui komponen-komponen kritis dari *Machine Direct Order* (MDO). Pengolahan dibantu dengan Minitab 16 Statistical Software. Diagram Pareto komponen kritis pada MDO dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Diagram Pareto Komponen MDO.

Berdasarkan Gambar 4.2 didapatkan komponen kritis yang menjadi kepentingan utama untuk segera ditindak lanjuti. Daftar komponen kritis beserta *time to failure* dan *time to repair* dari komponen-komponen kritis yang terpilih dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 *Time to Failure* Komponen Kritis

| Time to Failure   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nip Roll MDO No 1 | Nip Roll MDO No 2 | Nip Roll MDO No 3 | Nip Roll MDO No 6 | Nip Roll MDO No 8 |
| 2208              | 3096              | 3168              | 7226              | 13824             |
| 3888              | 9386,5            | 2616              | 712,5             | 4944              |
|                   |                   | 11739             | 1039              |                   |
|                   |                   |                   | 7768,5            |                   |
|                   |                   |                   | 6720              |                   |

Tabel 4.4 *Time to Repair* Komponen Kritis

| Time to Repair    |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nip Roll MDO No 1 | Nip Roll MDO No 2 | Nip Roll MDO No 3 | Nip Roll MDO No 6 | Nip Roll MDO No 8 |
| 0,03              | 0,05              | 0,07              | 0,13              | 0,2               |



| Time to Repair    |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nip Roll MDO No 1 | Nip Roll MDO No 2 | Nip Roll MDO No 3 | Nip Roll MDO No 6 | Nip Roll MDO No 8 |
| 0,12              | 0,18              | 0,1               | 0,15              | 0,27              |
|                   |                   | 0,25              | 0,17              |                   |
|                   |                   |                   | 0,22              |                   |
|                   |                   |                   | 0,3               |                   |

Setelah dilakukan pemisahan TTR dan TTF untuk masing-masing komponen kritis, maka dilakukan proses *fitting distribution*.

#### 4.3.2 *Fitting Distribution*

Data-data TTF dan TTR dari komponen-komponen kritis *Machine Direct Order* (MDO) diolah dengan bantuan *software* Weibull ++6. Tujuan dari *fitting distribution* yakni untuk mengetahui representasi distribusi data-data dari TTF dan TTR. *Fitting distribution* hanya dilakukan pada 2 komponen saja yakni Nip Roll No. 3 dan 6, sedangkan Nip Roll lainnya tidak, hal ini dikarenakan data yang ada kurang sehingga tidak dapat dilakukan *fitting distribution*. Hasil pengolahan dari *fitting distribution* dari masing-masing komponen kritis MDO dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Parameter Hasil *Fitting Distribution* Komponen Kritis

| Komponen      | Distribusi dan Parameter TTF |        |           |       |        |
|---------------|------------------------------|--------|-----------|-------|--------|
|               | Distribusi                   | Beta   | Eta       | Gamma | Lambda |
| NIPROLL MDO 6 | Weibull 2                    | 0,9686 | 5122,4889 | -     | -      |
| NIPROLL MDO 3 | Weibull 2                    | 1,3363 | 6481,2762 | -     | -      |
| Komponen      | Distribusi dan Parameter TTR |        |           |       |        |
|               | Distribusi                   | Beta   | Eta       | Gamma | Lambda |
| NIPROLL MDO 6 | Weibull 2                    | 0,9824 | 2,4758    | -     | -      |
| NIPROLL MDO 3 | Weibull 2                    | 1,2761 | 7,5156    | -     | -      |

### 4.3.3 Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan  $R(t)$  dihitung sesuai dengan distribusi terpilih serta parameter yang sudah dikalkulasi dengan bantuan *software* Weibull++ 6. Parameter-parameter yang digunakan untuk menghitung fungsi keandalan yakni parameter pada Tabel 4.5 yakni dari parameter *time to failure*.

#### 4.3.3.1 Fungsi Keandalan Nip Roll 6

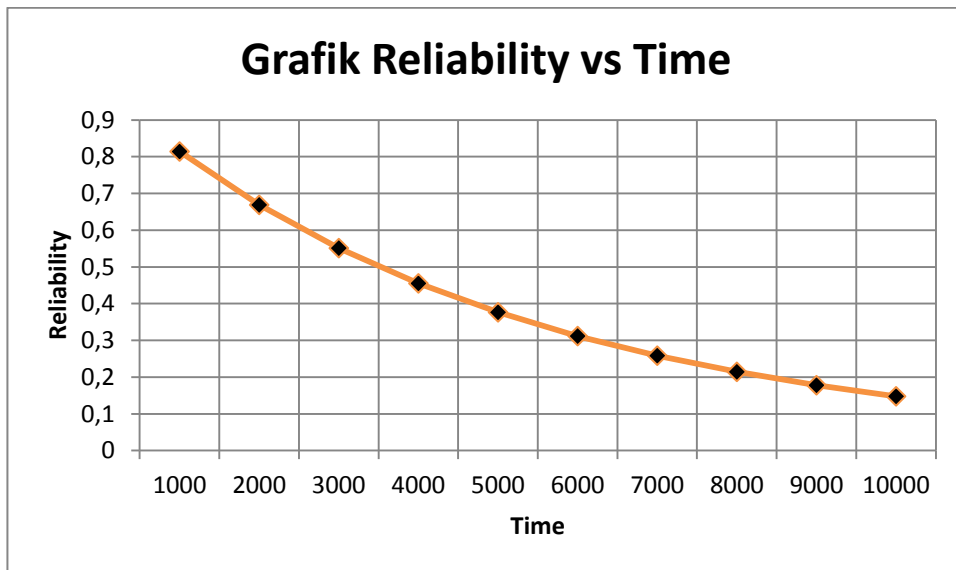
Komponen Nip Roll 6 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari  $R(t)$  untuk komponen Nip Roll 6 sesuai dengan persamaan 2.23.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m}$$
$$R(1000) = e^{-\left(\frac{1000}{5122,4889}\right)^{0,9686}}$$
$$R(1000) = 0,8142$$

Rekapitulasi hasil perhitungan  $R(t)$  Nip Roll 6 dari waktu ke waktu disertai dengan grafik  $R(t)$  dibandingkan dengan waktu dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.6 Rekapitulasi  $R(t)$  Nip Roll 6

| t    | R(t)  | t     | R(t)   |
|------|-------|-------|--------|
| 1000 | 0,814 | 6000  | 0,3118 |
| 2000 | 0,669 | 7000  | 0,2584 |
| 3000 | 0,551 | 8000  | 0,2144 |
| 4000 | 0,455 | 9000  | 0,1780 |
| 5000 | 0,377 | 10000 | 0,1478 |



Gambar 4.3 Grafik *Reliability vs Time* Nip Roll 6

#### 4.3.3.2 Fungsi Keandalan Nip Roll 3

Komponen Nip Roll 3 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari R(t) untuk komponen Nip Roll 3 sesuai dengan persamaan 2.23.

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

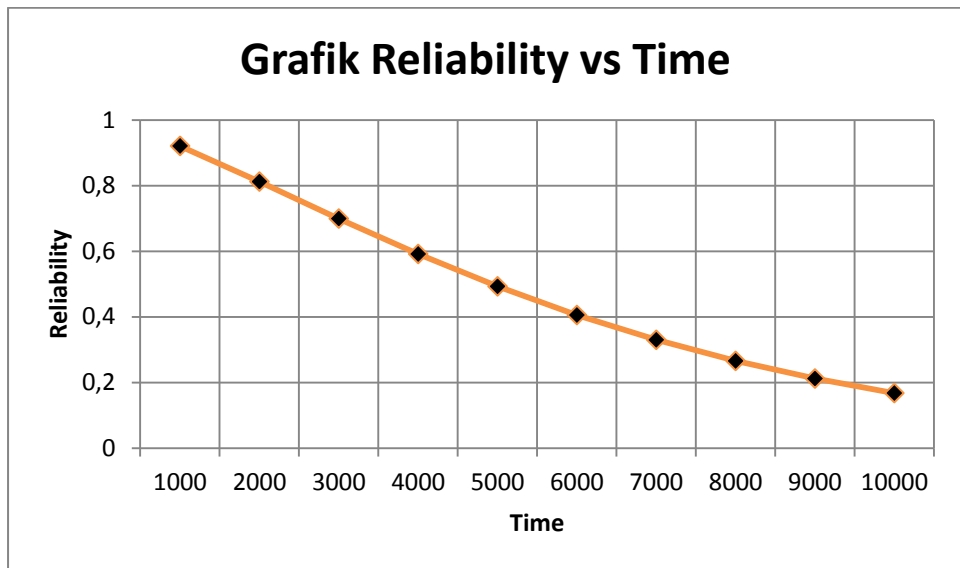
$$R(3000) = e^{-\left(\frac{3000}{6481,2762}\right)^{1,3363}}$$

$$R(3000) = 0,698821081$$

Rekapitulasi hasil perhitungan R(t) Nip Roll 3 dari waktu ke waktu disertai dengan grafik R(t) dibandingkan dengan waktu dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.7 Rekapitulasi R(t) Nip Roll 3

| t    | R(t)   | t     | R(t)   |
|------|--------|-------|--------|
| 1000 | 0,9210 | 6000  | 0,4057 |
| 2000 | 0,8124 | 7000  | 0,3301 |
| 3000 | 0,6996 | 8000  | 0,2658 |
| 4000 | 0,5917 | 9000  | 0,2121 |
| 5000 | 0,4931 | 10000 | 0,1678 |



Gambar 4.4 Grafik *Reliability vs Time* Nip Roll 3

#### 4.3.4 Mean Time to Failure

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perhitungan dari masing-masing *mean time to failure* (MTTF) komponen kritis. Parameter yang digunakan dalam perhitungan sesuai dengan Tabel 4.5. Parameter yang digunakan yakni sesuai dengan Tabel 4.5 pada parameter *time to failure*.

##### 4.3.4.1 Mean Time to Failure Nip Roll 6

Komponen Nip Roll 6 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari MTTF untuk komponen Nip Roll 6 sesuai dengan persamaan 2.24.

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right)$$

$$MTTF = 5122,4889 \cdot \Gamma\left(\frac{1}{0,9686} + 1\right)$$

$$MTTF = 5194,9$$

Nilai MTTF juga dapat dihitung dengan fungsi Excel. Berikut merupakan fungsi Excel yang digunakan dalam perhitungan MTTF Weibull 2 Parameter untuk Nip Roll 6.

$$MTTF = \theta \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)\right))$$

$$MTTF = 5122,4889 \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{0,9686}\right)\right))$$

$$MTTF = 5194,9$$

#### 4.3.4.2 Mean Time to Failure Nip Roll 3

Komponen Nip Roll 3 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari MTTF untuk komponen Nip Roll 3 sesuai dengan persamaan 2.24.

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right)$$

$$MTTF = 6481,2762 \cdot \Gamma\left(\frac{1}{1,3363} + 1\right)$$

$$MTTF = 5954,250422$$

Nilai MTTF juga dapat dihitung dengan fungsi Excel. Berikut merupakan fungsi Excel yang digunakan dalam perhitungan MTTF Weibull 2 Parameter untuk Nip Roll 3.

$$MTTF = \theta \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)\right))$$

$$MTTF = 6481,2762 \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{1,3363}\right)\right))$$

$$MTTF = 5954,250422$$

#### 4.3.5 Mean Time to Repair

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perhitungan dari masing-masing *mean time to repair* (MTTR) komponen kritis. Parameter yang digunakan dalam perhitungan sesuai dengan Tabel 4.5. Perhitungan MTTR dilakukan sama halnya dengan penggunaan perhitungan untuk MTTF. Parameter yang digunakan yakni sesuai dengan Tabel 4.5 pada parameter *time to repair*.

#### 4.3.5.1 Mean Time to Repair Nip Roll 6

Komponen Nip Roll 6 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari MTTR untuk komponen Nip Roll 6 sesuai dengan persamaan 2.24.

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

$$MTTR = 2,4758 \cdot \Gamma\left(\frac{1}{0,9824} + 1\right)$$

$$MTTR = 2,4949$$

Nilai MTTF juga dapat dihitung dengan fungsi Excel. Berikut merupakan fungsi Excel yang digunakan dalam perhitungan MTTF Weibull 2 Parameter untuk Nip Roll 6.

$$MTTR = \theta \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)\right))$$

$$MTTR = 2,4758 \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{0,9824}\right)\right))$$

$$MTTR = 2,4949$$

#### 4.3.5.2 Mean Time to Repair Nip Roll 3

Komponen Nip Roll 3 berdasarkan hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* memiliki sifat distribusi Weibull 2 Parameter. Parameter yang digunakan yakni berdasarkan Tabel 4.5. Berikut merupakan perhitungan dari MTTR untuk komponen Nip Roll 3 sesuai dengan persamaan 2.24.

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

$$MTTR = 7,5156 \cdot \Gamma\left(\frac{1}{1,2761} + 1\right)$$

$$MTTR = 6,968$$

Nilai MTTF juga dapat dihitung dengan fungsi Excel. Berikut merupakan fungsi Excel yang digunakan dalam perhitungan MTTF Weibull 2 Parameter untuk Nip Roll 3.

$$MTTR = \theta \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)\right))$$

$$MTTR = 7,5156 \times EXP(GAMMALN\left(1 + \left(\frac{1}{1,2761}\right)\right))$$

$$MTTR = 6,968$$

#### 4.3.6 Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional

Penjadwalan *maintenance* yang dilakukan pada metode *preventive maintenacne* konvensional yakni dari nilai MTTF dan MTTR masing-masing komponen kritis. Nilai dari MTTF dan MTTR diolah berdasarkan algoritma yang sudah dijabarkan pada Bab 2 Tinjauan Pustaka. Rekapitulasi dari MTTF dan MTTR dari masing-masing komponen kritis dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Rekapitulasi MTTF dan MTTR

| No | Komponen  | MTTF | MTTR |
|----|-----------|------|------|
| 1  | Niproll 6 | 5195 | 3    |
| 2  | Niproll 3 | 5955 | 7    |

Nilai MTTF dan MTTR pada Tabel 4.8 dibulatkan ke atas untuk memudahkan perhitungan dan iterasi. Iterasi dari penjadwalan dihentikan pada saat melampaui 2 tahun (2x8760 jam). Berikut merupakan skenario dari penjadwalan *maintenance* dari hasil Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional yang dimuat dalam Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional

| Mesin      | 1     |      |        | 2     |      |        | 3     |       |        | 4     |       |        | 5     |       |        | 6     |       |        |
|------------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|            | Start | Stop | Repair | Start | Stop | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair |
| Nip Roll 6 | 0     | 5195 | 3      | 5198  | 5958 |        | 5965  | 10400 | 3      | 10403 | 11923 |        | 11930 | 15605 | 3      | 15608 | 17888 |        |
| Nip Roll 3 | 0     | 5195 |        | 5198  | 5958 | 7      | 5965  | 10400 |        | 10403 | 11923 | 7      | 11930 | 15605 |        | 15608 | 17888 | 7      |

Semua komponen kritis Start pada waktu ke-0 dan berhenti beroperasi pada jam ke-2000. Hal ini menunjukkan bahwa mesin harus berhenti beroperasi dan harus segera dilakukan *maintenance*, dimana dalam kasus ini yakni Nip Roll 1 yang akan ditindaklanjuti oleh operator dalam melakukan *maintenance*. Kondisi Stop yang sudah terjadi mengindikasikan bahwa *Stage* 1 sudah dilalui. Seluruh komponen kritis merupakan satu kesatuan pada *Machine Direct Order* sehingga apabila salah satu ditindak *maintenance* maka mesin berhenti beroperasi. Setelah Nip Roll 1 diperbaiki maka sistem akan melanjutkan operasi. *Time to failure* yang tersisa dari masing-masing komponen untuk setiap *stage* dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.



Tabel 4.10 *Remaining MTTF*

| Mesin      | 1              |  |  | 2              |  |  | 3              |  |  | 4              |  |  | 5              |  |  | 6              |  |  |
|------------|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|
|            | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  |
| Nip Roll 6 | 5195           |  |  | 5195           |  |  | 4435           |  |  | 5195           |  |  | 3675           |  |  | 5195           |  |  |
| Nip Roll 3 | 5955           |  |  | 760            |  |  | 5955           |  |  | 1520           |  |  | 5955           |  |  | 2280           |  |  |

*Maintenance stage 2* dilakukan berdasarkan nilai MTTF terendah pada *stage* yang sama yakni *stage 2* pada Tabel 4.10. Nilai MTTF terendah dimiliki Nip Roll 1 pada *stage 2*, sehingga Nip Roll 1 yang akan menerima perlakuan *maintenance* pada *stage 3* dan nilai MTTR Nip Roll 1 akan terisi pada Tabel XX *stage 2*. Seluruh komponen *Machine Direct Order* (MDO) berhenti beroperasi sampai Nip Roll 1 sudah siap untuk beroperasi. *Remaining MTTF* harus diperbaharui lagi pada *stage* ke-3. *Maintenance stage* akan dilanjutkan sesuai pola algoritma Penjadwalan Berdasarkan *Preventiv Maintenance* Konvensional. *Maintenance stage* akan berhenti ketika seluruh komponen sudah mengalami *maintenance*.

Penjadwalan yang sudah dibuat disesuaikan agar mudah untuk dimengerti dan dapat diketahui kapan akan dilakukan *maintenance*. Penyesuaian akan didetailkan pada tahap tanggal, bulan, tahun dan pada jam ke berapa sehingga operator dapat memiliki acuan dalam melakukan eksekusi *maintenance*. Penyesuaian jadwal yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 *Adjustment Scheduling Proposed Maintenance*

| Schedule                         | Repair | Duration | Finish                     | Day  | Month    | Date | Hour | Nip Roll 6 | Nip Roll 3 |
|----------------------------------|--------|----------|----------------------------|--|----------|------|------|------------|------------|
| 1                                | 5195   | 3        | 5198                       | 217  | Maret    | 5    | 13   | v          | -          |
| 2                                | 5958   | 7        | 5965                       | 249  | April    | 6    | 18   | -          | v          |
| 3                                | 10400  | 3        | 10403                      | 434  | Oktober  | 8    | 16   | v          | -          |
| 4                                | 11923  | 7        | 11930                      | 497  | Desember | 10   | 5    | -          | v          |
| 5                                | 15605  | 3        | 15608                      | 651  | Mei      | 13   | 19   | v          | -          |
| 6                                | 17888  | 7        | 17895                      | 746  | Agustus  | 16   | 16   | -          | v          |
| <b>Total Repair (Hour)</b>       |        |          | <b>30</b>                  | <b>Asumsi : Jika diimplementasikan sejak awal Agustus 2016</b> |          |      |      |            |            |
| <b>Opportunity Lost per hour</b> |        |          | <b>Rp 286.288.218,88</b>   |  |          |      |      |            |            |
| <b>Total Opportunity Lost</b>    |        |          | <b>Rp 8.588.646.566,40</b> |  |          |      |      |            |            |

Penjadwalan pada Tabel 4.11 berisikan mengenai komponen apa saja yang harus dilakukan *maintenance* dan pada jam keberapa komponen harus diberhentikan untuk dilakukan *maintenance* serta durasi *maintenance*. Aktivitas *maintenance* pada komponen tertentu disimbolkan dengan cek atau “v” sehingga jadwal *maintenance* lebih mudah untuk dimengerti.

#### 4.3.7 Perhitungan *Availability* Eksisting dengan *Original* MTTF

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perhitungan *availability* yang berdampak pada *opportunity cost*. Nilai *opportunity cost* dibandingkan antara kondisi *maintenance original* MTTF dengan jadwal *maintenance* rutin perusahaan yakni selama 4 bulan sekali (2920 jam). Perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12 Perbandingan *Opportunity Cost* sebagai Dampak *Availability*

| SESUDAH (Maintenance sesuai MTTF) #MTTR Perhitungan |            |      |      |              |                |                      |
|---|------------|------|------|--------------|----------------|----------------------|
| No  | Mesin      | MTTF | MTTR | Availability | Unavailability | Opportunity Cost     |
| 1   | Nip Roll 6 | 5195 | 3    | 99,97%       | 0,03%          | Rp 74.758,64         |
| 2   | Nip Roll 3 | 5955 | 7    | 99,97%       | 0,04%          | Rp 99.831,50         |
| <b>TOTAL Opportunity Cost</b>                       |            |      |      |              |                | <b>Rp 660.127,92</b> |
| SEBELUM (Maintenance 4 bulan sekali) #TTR Eksisting |            |      |      |              |                |                      |
| No  | Mesin      | MTTF | TTR  | Availability | Unavailability | Opportunity Cost     |
| 1   | Nip Roll 6 | 2920 | 1    | 99,97%       | 0,03%          | Rp 98.010,35         |
| 2   | Nip Roll 3 | 2920 | 1    | 99,97%       | 0,03%          | Rp 98.010,35         |
| <b>TOTAL Opportunity Cost</b>                       |            |      |      |              |                | <b>Rp 490.051,73</b> |

Perhitungan *availability* sesuai dengan persamaan 2.30. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk *availability* sesudah untuk Nip Roll 1s:

$$A(\text{Nip Roll 1}) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{2000}{2000 + 1} = 99,95\%$$

Total *opportunity cost* lebih besar pada *proposed maintenance* dengan *original* MTTF. Hal ini disebabkan antara lain yakni karena nilai perhitungan MTTR yang didapat dari masing-masing komponen. Hasil *opportunity cost* akan memberikan hasil minimum apabila operator dapat menerapkan waktu perbaikan pada *proposed maintenance* dengan *original* TTR. Hasil pengolahan *opportunity cost* yang optimal dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 *Opportunit Cost* Optimum sebagai Dampak *Availability*

| SESUDAH (Maintenance sesuai MTTF) #TTR perawatan eksisting |            |      |      |              |                |                      |
|--|------------|------|------|--------------|----------------|----------------------|
| No   | Mesin      | MTTF | MTTR | Availability | Unavailability | Opportunity Lost     |
| 1  | Nip Roll 6 | 5195 | 1    | 99,981%      | 0,019%         | Rp 55.097,81         |
| 2  | Nip Roll 3 | 5955 | 1    | 99,983%      | 0,017%         | Rp 48.067,20         |
| <b>TOTAL Opportunity Cost</b>                              |            |      |      |              |                | <b>Rp 103.165,01</b> |

Nilai *opportunity cost* yang minimum memberikan dasar untuk membuat penjadwalan skenario kedua dimana *time to repair* (TTR) operator eksisting diberlakukan pada *proposed maintenance schedule*.

#### 4.3.8 Integrasi *Proposed Scheduling* dengan Jadwal Perawatan Eksisting

Integrasi yang dimaksudkan yakni pembuatan jadwal *maintenance* untuk skenario berdasarkan *output sub bab* 4.3.7 sebelumnya. Penjadwalan skenario ini berdasarkan input terbaru untuk MTTR menjadi bernilai 1 jam. Input sebagai acuan pembuatan penjadwalan skenario baru dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 *Updated* Input Algoritma Penjadwalan

| No | Komponen  | MTTF | MTTR |
|----|-----------|------|------|
| 1  | Niproll 6 | 5195 | 1    |
| 2  | Niproll 3 | 5955 | 1    |

Berdasarkan Tabel 4.14 maka Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional dilakukan kembali. Tabel proses pengerjaan penjadwalan terbaru dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Penjadwalan Berdasarkan *Preventive Maintenance* Konvensional Skenario Terbaru

| Mesin      | 1     |      |        | 2     |      |        | 3     |       |        | 4     |       |        | 5     |       |        | 6     |       |        |
|------------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|            | Start | Stop | Repair | Start | Stop | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair | Start | Stop  | Repair |
| Nip Roll 6 | 0     | 5195 | 1      | 5196  | 5956 |        | 5957  | 10392 | 1      | 10393 | 11913 |        | 11914 | 15589 | 1      | 15590 | 17870 |        |
| Nip Roll 3 | 0     | 5195 |        | 5196  | 5956 | 1      | 5957  | 10392 |        | 10393 | 11913 | 1      | 11914 | 15589 |        | 15590 | 17870 | 1      |

*Remaining* MTTF sama dengan langkah penjadwalan sebelumnya. Rekapitulasi nilai *remaining* MTTF dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16 *Remaining* MTTF Skenario Terbaru

| Mesin      | 1              |  |  | 2              |  |  | 3              |  |  | 4              |  |  | 5              |  |  | 6              |  |  |
|------------|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|----------------|--|--|
|            | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  | Remaining MTTF |  |  |
| Nip Roll 6 | 5195           |  |  | 5195           |  |  | 4435           |  |  | 5195           |  |  | 3675           |  |  | 5195           |  |  |
| Nip Roll 3 | 5955           |  |  | 760            |  |  | 5955           |  |  | 1520           |  |  | 5955           |  |  | 2280           |  |  |

#### 4.3.9 Penjadwalan Berdasarkan Skenario Terbaru

Berdasarkan algoritma skenario terbaru maka dilakukan penjadwalan aktivitas *maintenance* kembali dengan langkah dilakukan *adjustment*. Hasil *adjustment* dari skenario terbaru dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 *Adjustment Schedule Maintenance* Skenario Terbaru

| Schedule                         | Repair | Duration | Finish                     | Day | Month  | Date | Hour | Nip Roll 6 | Nip Roll 3 |
|----------------------------------|--------|----------|----------------------------|-----|--|------|------|------------|------------|
| 1                                | 5195   | 1        | 5196                       | 217 | Maret  | 5    | 13   | v          | -          |
| 2                                | 5956   | 1        | 5957                       | 249 | April  | 6    | 20   | -          | v          |
| 3                                | 10392  | 1        | 10393                      | 433 | Oktober  | 7    | 0    | v          | -          |
| 4                                | 11913  | 1        | 11914                      | 497 | Desember   | 10   | 15   | -          | v          |
| 5                                | 15589  | 1        | 15590                      | 650 | Mei  | 12   | 11   | v          | -          |
| 6                                | 17870  | 1        | 17871                      | 745 | Agustus  | 15   | 10   | -          | v          |
| <b>Total Repair (Hour)</b>       |        |          | <b>6</b>                   |     | <b>Asumsi : Jika diimplementasikan sejak awal Agustus 2016</b> |      |      |            |            |
| <b>Opportunity Lost per hour</b> |        |          | <b>Rp 286.288.218,88</b>   |     |  |      |      |            |            |
| <b>Total Opportunity Lost</b>    |        |          | <b>Rp 1.717.729.313,28</b> |     |  |      |      |            |            |

Hasil antara penjadwalan awal dengan penjadwalan skenario terbaru yakni Tabel 4.11 dengan Tabel 4.17 akan dibandingkan dan dianalisa pada Bab 5.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 5**

### **ANALISA DAN INTERPRETASI DATA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisa dan interpretasi dari *probability density function*, fungsi keandalan, laju kerusakan, *mean time to failure*, *mean time to repair*, biaya kerusakan, dan interval perawatan. Analisa dan interpretasi yang dilakukan berdasarkan input dari hasil pengolahan data dari bab sebelumnya.

#### **5.1 Analisa *Fitting Distribution***

Hasil *fitting distribution* untuk *time to failure* menunjukkan bahwa Nip Roll 6 dan 3 berdistribusi Weibull 3 Parameter, namun diubah menjadi distribusi 2 Parameter. Perubahan ini didasarkan pada kondisi eksisting, data diambil dari sejak awal lini produksi BOPP 6 resmi beroperasi yakni sejak awal September 2013, sehingga parameter Gamma pada distribusi Weibull 3 Parameter tidak berlaku dan diubah menjadi Weibull 2 Parameter. Parameter Gamma berarti adanya pergeseran waktu dimana setelah waktu ( $t$ ) tertentu maka komponen atau mesin dipengaruhi oleh laju kerusakan sehingga nilai keandalan menurun mengikuti distribusi Weibull 3 Parameter. Jadi *fitting distribution* diubah menjadi Weibull 2 Parameter dan dihitung kedua parameternya untuk digunakan sebagai bahan analisa.

Komponen yang mengalami *fitting distribution* hanyalah komponen Nip Roll MDO 6 dan Nip Roll MDO 3 saja. Hal ini didasari dari data kerusakan yang diperoleh, data yang diperoleh hanya berjumlah 2 data kerusakan sehingga apabila dipaksa pada proses *fitting distribution* maka hasil distribusi yang terpilih akan bias dan tidak dapat merepresentasikan distribusi kerusakan komponen dengan tepat. Jadi hanya Nip Roll MDO 6 dan Nip Roll MDO 3 sajalah yang diolah pada proses *fitting distribution* dan menjadi dasar acuan penjadwalan komponen ke depannya.



## 5.2 Analisa Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan atau *reliability function* dimana dinyatakan dalam bentuk  $R(t)$  dihitung berdasarkan distribusi terpilih dari hasil *fitting distribution*. Berdasarkan Tabel 4.6 dan 4.7 serta Gambar 4.3 dan 4.4 maka didapatkan analisa bahwa fungsi keandalan semakin menurun seiring dengan waktu. Hal ini sesuai dengan konsep keandalan yakni semakin lama suatu komponen bekerja atau beroperasi maka peluang atau probabilitas komponen tersebut untuk tetap bekerja sesuai dengan fungsinya (fungsi keandalan) akan semakin menurun atau semakin sedikit. Jadi semakin lama waktu beroperasi sebuah komponen, maka peluang komponen tersebut untuk tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya dan tidak rusak semakin menurun.

Nilai keandalan atau *reliability* komponen yang digunakan sebagai dasar *maintenance* yakni sesuai dengan nilai MTTF dari komponen terkait. Degradasi penurunan nilai *reliability* sangat signifikan pada seluruh komponen kritis. Sebagai contoh misal Nip Roll 6 dengan nilai MTTF = 5195, nilai *reliability* pada jam ke-5195 sebesar 0,3629. Sedangkan pada komponen lainnya misal Nip Roll 3 dengan nilai MTTF = 5956, nilai *reliability* pada jam ke-5.956 sebesar 0,4093. Karakteristik dari *reliability* bergantung pada frekuensi kerusakan sehingga dari frekuensi kerusakan itulah dapat ditinjau distribusi yang merepresentasikan data dan dapat memberikan nilai nilai *reliability*.

Selama bertahun-tahun pihak PT Trias Sentosa belum melakukan *preventive maintenance* berdasarkan keandalan. Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini dapat menjawab tujuan poin 1 dan 2 pada penelitian ini.

## 5.3 Analisa Proposed Scheduling Awal

Pada Tabel 4.11 didapatkan bahwa dengan *adjustment schedule* yang didapat memberikan dampak *opportunity cost* sebesar Rp 1.717.729.313,28. Hal ini didapatkan dari hasil total *repair duration* dikalikan dengan *opportunity cost* yang ada. Jadwal ini akan dibandingkan pada sub bab berikutnya sebagai bahan pertimbangan lebih dalam dengan diikutsertakannya faktor *availability* terhadap *opportunity cost* yang terjadi. Berdasarkan *proposed scheduling* awal ini maka akan dilakukan analisa dan perhitungan *opportunity cost* sebagai dampak dari

*availability* komponen dengan perbandingan antara *proposed schedule* dengan kondisi eksisting.

#### **5.4 Analisa Availability Proposed Scheduling dengan Jadwal Eksisting**

Nilai *availability* dibandingkan antara kondisi *proposed schedule* dengan jadwal pemeliharaan eksisting. Pada *proposed schedule* digunakan nilai dari *original* MTTF dengan nilai MTTR perhitungan, sedangkan pada kondisi eksisting nilai MTTF dari interval perawatan rutin yakni setiap 4 bulan sekali (2920 jam) dan nilai MTTR yakni dari waktu perawatan yang biasanya dilakukan oleh operator (*time to repair*). Selain nilai *availability* dibandingkan, nilai *availability* memberikan dampak juga pada *opportunity cost* dari masing-masing komponen (dari hasil nilai *unavailability* dikalikan dengan *opportunity cost*). Berdasarkan hasil pengolahan dan perhitungan *proposed maintenance* memberikan hasil *opportunity cost* yang lebih tinggi dimana hal ini merupakan indikasi yang tidak baik.

*Proposed maintenance* akan memberikan nilai *opportunity cost minimum* apabila diberi perlakuan waktu perbaikan yang sama dengan kondisi operator ketika melakukan aktivitas *maintenance* yakni selama 1 jam. Sehingga apabila dilakukan demikian, maka akan memberikan nilai paling minimum yakni sebesar Rp 103.165,01. Output dari analisa ini adalah nilai *time to repair* menjadi 1 jam dan akan memberikan perubahan pada hasil *adjustment schedule* sebelumnya menjadi *schedule* skenario terbaru yang akan dianalisa pada sub bab berikutnya sehingga memberikan jadwal baru yang terintegrasi dengan kondisi eksisting.

#### **5.5 Analisa Optimum Scheduling Berdasarkan Kondisi Optimal**

Pada sub bab ini diberikan analisa mengenai perbandingan *proposed schedule maintenance* awal dengan jadwal *maintenance* skenario terbaru. Pada *proposed maintenance* MTTR yang digunakan yakni berdasarkan hasil perhitungan yang terjadi, sedangkan pada jadwal *maintenance* skenario terbaru nilai MTTR yang digunakan saat penggunaan algoritma *preventive maintenance* diubah berdasarkan kondisi eksisting yakni sebesar 1 jam untuk masing-masing komponen. *Proposed maintenance schedule* awal memberikan total *opportunity cost* sebesar Rp 8.588.646.566,40 sedangkan jadwal *maintenance* skenario terbaru memberikan total *opportunit cost* sebesar Rp 1.717.729.313,28. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya implementasi nilai *time to repair* eksisting

dengan *proposed maintenance schedule* awal memberikan dampak penurunan *opportunity cost*. Jadi jadwal *maintenance* skenario terburur merupakan jadwal optimal dan lebih baik daripada *proposed maintenance schedule* awal. Penerapan jadwal *maintenance* skenario terbaru akan memberikan dampak berkurangnya jumlah jam yang terbuang dalam aktivitas *maintenance* sehingga *opportunity cost* juga akan semakin berkurang.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari laporan penelitian yang dilakukan.

#### **6.1 Kesimpulan**

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian ini:

1. Berdasarkan analisa dan identifikasi data kerusakan dan frekuensi kerusakan pada *Machine Direct Order* (MDO) Lini Produksi BOPP 6 maka didapatkan 5 komponen kritis. Komponen-komponen tersebut diantaranya yakni Nip Roll 1, 2, 3, 6, dan 8. Berdasarkan analisa Pareto *Chart*, dengan memfokuskan kegiatan *maintenance* pada kelima komponen ini maka akan menyelesaikan 77,78% permasalahan *maintenance* pada MDO. Pengambilan kelima komponen ini tidaklah sampai mencakup lebih dari 80% sebagai syarat komponen kritis berdasarkan Pareto *Chart* dikarenakan apabila memasukkan komponen lainnya yang hanya memiliki 1 buah kerusakan dalam kurun waktu 3 tahun terakhir, maka distribusi dari data akan semakin bias dan semakin tidak valid. Komponen yang dianalisa hanyalah Nip Roll MDO 6 dan Nip Roll MDO 3 karena memiliki data yang cukup untuk dilakukan *fitting distribution*, sedangkan komponen yang lain tidak dilakukan *fitting distribution* karena memiliki data kerusakan yang minim sehingga bila tetap dilakukan *fitting distribution* dan dianalisa maka memberikan hasil yang kurang tepat.
2. Perbandingan dampak *availability* terhadap *opportunity cost* menunjukkan bahwa *opportunity cost* yang hilang akan bernilai minimum yakni Rp 103.165,01 apabila mengintegrasikan *time to repair* eksisting pada jadwal rekomendasi daripada *milestone* atau jadwal rutin perusahaan dengan nilai sebesar Rp 196.020,70. Hal ini menunjukkan bahwa MTTF perhitungan lebih baik untuk dijadikan *milestone* jadwal perawatan dan perbaikan.

3. Jadwal yang direkomendasikan yakni jadwal *maintenance* skenario terbaru dimana jadwal ini merupakan hasil dari integrasi dari *time to repair* eksisting ke dalam *proposed maintenance schedule*. Jadwal *maintenance* skenario terbaru memberikan nilai *opportunity cost* yang lebih kecil sehingga jadwal lebih optimal serta jadwal sudah tersaji dalam format yang efisien dan sistematis sehingga memudahkan operator dalam melihat jadwal.

## **6.2 Saran**

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai saran untuk penelitian ke depannya dan saran bagi pihak PT Trias Sentosa.

### **6.2.1 Saran bagi Penelitian Selanjutnya**

Saran serta *improvement* untuk penelitian selanjutnya yakni :

1. Penelitian ini belum melibatkan penjadwalan *preventive maintenance* yang optimal untuk mendukung target produksi yang ada pada lini produksi BOPP 6.
2. Penelitian berikutnya diharapkan dapat memberikan model simulasi dalam sebuah *software* misalnya dalam Ms. Excel sehingga dari data historis yang dibutuhkan dapat dilakukan simulasi oleh pihak perusahaan secara kontinyu.

### **6.2.2 Saran bagi Objek Penelitian**

Saran atau rekomendasi yang diberikan kepada pihak PT Trias Sentosa antara lain sebagai berikut :

1. Divisi *Maintenance* PT Trias Sentosa hendaknya tetap selalu melakukan *record data maintenance* secara terperinci khususnya pada *time to failure* dan *time to repair* sehingga tidak ada data yang hilang.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan *event occurance* atau berdasarkan kejadian kerusakan yang terjadi. Apabila pihak perusahaan akan menggunakan penelitian ini sebagai acuan, maka

diperlukan iterasi setiap tahun untuk menghasilkan jadwal yang lebih akurat dengan data kerusakan setiap tahun sebagai iterasi lanjutan.

3. Apabila perusahaan hendak menggunakan metode ini, maka format pencatatan *time to failure* pada *software* SAP perlu dikonversi menjadi satuan jam dan bukan dalam bentuk tanggal kerusakan saja.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Afey, I. H., 2010. Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study. *Scientific Research*, Volume II, pp. 863-873.
- Dhillon, B. S. & Reiche, H., 1985. *Reliability and Maintainability Management*. New York: Van Nostrand Reinhold Compsny Inc..
- Groover, M. P., 2001. *Automation, Production System, and Computer-Integrated Manufacturing*. 2nd ed. s.l.:Upper Sadle River: Prentice Hall.
- Hameed, A., Khan, F. & Ahmed, S., 2016. A Risk-Based Shutdown Inspection and Maintenance Interval Estimation Considering Human Error. *Process Safety and Environmental Protection*, pp. 9-21.
- Hamsi, A., 2012. Studi Preventive Maintenance pada Sistem Angkat dan Turun (Hoisting System) Anode Baking Crane di PT. INALUM dengan Kapasitas Angkat 6.780 Ton dan Tinggi Angkat 7,5 Meter. *Jurnal Dinamis*, II(10), pp. 19-22.
- Islamidina, F., Sugiono & Efranto, R. Y., 2013. *Implementasi Teknik Keandalan untuk Mengoptimalkan Interval Perawatan pada Sistem Coal Feeder (Studi Kasus: PT PJB UP Paiton)*, Malang: Universitas Brawijaya.
- Kenne, J. P., Gharbi, A. & Nodem, F. I. D., 2010. Preventive Maintenance and Replacement Policies for Deteriorating Manufacturing Systems. pp. 98-103.
- Lewis, E. E., 1987. *Introduction to Reliability Engineering*. Canada: John & Wiley Sons.
- Lynch, P., Adendorff, K., Yadavalli, V. & Adetunji, O., 2013. Optimal Spares and Preventive Maintenance Frequencies for Constrained Industrial Systems. *Computers & Industrial Engineering*, Issue 65, pp. 378-387.
- Matondang, N., Ishak, A. & P, P. O., 2013. Perancangan Sistem Perawatan Mesin Dengan Pendekatan Reliability Engineering Dan Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) Pada PT XXX. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU*, III(1), pp. 52-56.

- Montgomery, D. C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th ed. Jefferson: John Wiley & Sons, Inc.
- Moubray, J., 1997. *Reliability-Centred Maintenance*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Nejad, A. R., Gao, Z. & Moan, T., 2014. Fatigue Reliability-Based Inspection and Maintenance Planning of Gearbox Components in Wind Turbine Drivetrains. pp. 248-257.
- Novarina, E. R., 2009. *Sistem Perawatan Berbasis Pencegahan Menurut Rancangan Modularity Task dalam Upaya Penurunan Biaya Perawatan pada PT Cakra Compact Aluminium Industries*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- PCP, K., 2002. Evolution of “Asset Management”. pp. 1-11.
- Prasetyawan, Y., 2011. *Penjadwalan Pemeliharaan Sederhana Berdasarkan Prinsip Preventive Maintenance*. Surabaya, Fakultas Teknologi Industri - ITS.
- PT Trias Sentosa, 2010. *PT TRIAS SENTOSA, tbk*. [Online] Available at: <http://www.trias-sentosa.com/company/index/> [Accessed 11 July 2016].
- Rahimdel, M. J., Ataei, M., Khalokakei, R. & Hoseinie, S. H., 2013. Reliability-Based Maintenance Scheduling of Hydraulic System of Rotary Drilling Machines. *International Journal of Mining Science and Technology*, Issue 23, pp. 771-775.
- Regattieri, A., Giuzzi, A., Gamberi, M. & Gamberini, R., 2015. An Innovative Method to Optimize The Maintenance Policies in an Aircraft : General Framework and Case Study. *Journal of Air Transport Management*, Issue 44-45, pp. 8-20.
- Sarker, B. R. & Faiz, T. I., 2016. Minimizing Maintenance Cost for Offshore Wind Turbines following Multi-level Opportunistic Preventive Strategy. *Renewable Energy*, pp. 104-113.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B. & Desai, S., 2013. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop : A Case Study. *Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma*

*University International Conference on Engineering*, Issue 51, pp. 592-599.

Soebroto, W., 2008. *Presentation Pengantar Teknik Industri.pdf*, Surabaya: s.n.

Tarigan, P., Ginting, E. & Siregar, I., 2013. Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance dengan Modularity Design pada PT. RXZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU*, III(3), pp. 35-39.

Wolde, M. t. & Ghobbar, A. A., 2013. Optimizing Inspection Intervals - Reliability and Availability in Terms of A Cost Model : A Case Study on Railway Carriers. *Reliability Engineering and System Safety*, Issue 114, pp. 137-147.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Malang, 16 Juli 1994 dan diberi nama Yulien Gidion Rukmana Hermanto. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan suami istri bambang Hermanto dan Sri Rukmi Sumariati. Penulis mulai meniti dunia pendidikan sebagai siswa pada TKK Santo Fransiscus Lawang, SDK Santo Fransiscus Lawang, SMPN 1 Singosari, dan SMAN 1 Lawang. Setelah lulus dari SMAN 1 Lawang pada tahun 2012, penulis memilih jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan tercatat dengan nomor mahasiswa 2512100107.

Pada masa perkuliahan yang dijalani penulis, penulis aktif dalam organisasi kepanitiaan dan pelayanan kampus. Penulis pernah menjadi Staff Departemen Kewirausahaan HMTI ITS 2013-2014. Penulis juga menjadi Pembimbing Kelompok Kecil di Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) ITS serta menjadi Badan Pengurus Harian PMK ITS sebagai Koordinator Divisi Persekutuan PMK ITS. Penulis juga terlibat aktif dalam kepanitiaan lainnya diantaranya yakni Business Training (BRAIN), Industrial Challenge (INCHALL), dan lain sebagainya. Penulis juga terlibat dalam seminar dan pelatihan diantaranya yakni LKMM Pra-TD X FTI ITS sebagai peserta, 3Dsmax Training, Seminar Kepemimpinan Kaum Muda Kristen Haggai Institute, Quality Improvement engineering Training (QIET) 2015, LINGO Training for Optimization, Entrepreneur Club HMTI ITS, dan lain sebagainya.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai penelitian ini, penulis dapat dihubungi via email/facebook [gidion.rukmana@gmail.com](mailto:gidion.rukmana@gmail.com).