

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 435/ Teknik Industri

## LAPORAN PENELITIAN



Perencanaan Penjadwalan Maintenance pada Mesin jumbo Roll Tissue  
(JRT) Menggunakan Model Age Replacement

### TIM PENGUSUL

<b>KETUA</b>	<b>:</b>	<b>LAILATUL SYIFA TANJUNG, S.T., M.T</b>	<b>NIDN :1001079401</b>
<b>ANGGOTA</b>	<b>:</b>	<b>RESY KUMALA SARI, S.T.,M.S</b>	<b>NIDN :1029119502</b>
		<b>PUTRI ZULIA JATI, S.Pt., M.Pt</b>	<b>NIDN : 1001079401</b>
		<b>MUHAMMAD SILMA</b>	<b>NIM : 2126201006</b>
		<b>FEBRI ANTONI</b>	<b>NIM : 2126201002</b>

**PROGRAM STUDI S1 PETERNAKAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**  
**TA 2021/2022**

## HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN

Judul Penelitian : Perencanaan Penjadwalan Maintenance pada Mesin Jumbo Roll Tissue (JRT) Menggunakan Model Age Replacement

Unit Lembaga Pengusul : Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai

Ketua Tim Pengusul

a. Nama Lengkap : Lailatul Syifa Tanjung, S.T.,M.T

b. NIDN : 1016029601

c. Pangkat/Golongan : Tenaga Pendidik

d. Jurusan/Fakultas : Teknik Industri/Fakultas Teknik

e. Perguruan Tinggi : Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai

f. Bidang Keahlian : Supply Chain Management

g. Alamat Kantor : Jl.Raya Pekanbaru – Bangkinang

h. Alamat Rumah : Perumahan Damai Langgeng Blok 1/6 No.4

Anggota Tim Pengusul

a. Jumlah Anggota : 5 orang

b. Nama Anggota/NIDN/ NIM : Emon Azriadi,S.T.,M.Sc.E /1018048701  
Resy Kumala Sari,S.T.,M.S /1029119502  
Putri Zulia Jati, S.Pt.,M.Pt / 10011079401  
Muhammad Silma /2126201006  
Febri Antoni / 2126201002

c. Lokasi Kegiatan

1) Mitra PKM : Jalan Perawang, Tualang, Pinang Sebatang

2) Kabupaten/Kota : Siak

3) Provinsi : Riau

4) Jarak PT ke lokasi : 150,1 Km

Biaya Penelitian : Rp 3.250.000,-

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai



**Emon Azriadi, ST., M.Sc**  
NIP-TT 096.542.194

Bangkinang, 10 Agustus 2022  
Ketua Peneliti

**Lailatul Syifa Tanjung, S.T.,M.T**  
NIP-TT 101029069

Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Palawan Tuanku Tambusai

**Dr. Musnar Indra Daulay, M.Pd**  
NIP-TT 096.542.108

## IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Perencanaan Penjadwalan Maintenance pada Mesin Jumbo Roll Tissue (JRT) Menggunakan Model Age Replacement

2. Tim Peneliti :

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi
1.	Lailatul Syifa Tanjung, S.T.,M.T	Dosen	Supply Chain Management	S1 Teknik Industri
2	Emon Azriadi,S.T.,M.Sc.E	Dosen	Manufaktur	S1 Teknik Industri
3	Resy Kumala Sari, S.T., M.S	Dosen	Ergonomi	S1 Teknik Industri
4	Putri Zulia Jati, S.Pt.,M.Pt	Dosen	Nutrisi dan Makanan Ternak	S1 Teknik Industri

3. Objek Penelitian penciptaan (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian) : Penjadwalan Maintenance mesin Jumbo Roll Tissue dengan model Age Replacement

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan Februari tahun 2022

Berakhir : bulan Juli tahun 2022

5. Lokasi Penelitian (lab/lapangan) Divisi produksi pembuatan tissue PT. Pindo Deli Pulp And Paper

6. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontribusinya)

-

8. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi, nasional terakreditasi, atau nasional tidak terakreditasi dan tahun rencana publikasi)

Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, tahun publikasi 2022;

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Pengesahan .....</b>	<b>i</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>iv</b>
<b>Ringkasan .....</b>	<b>v</b>
<b>Bab I. Pendahuluan .....</b>	<b>7</b>
1.1. Latar Belakang Penelitian .....	7
1.2. Rumusan Masalah .....	9
1.3. Tujuan Penelitian .....	10
1.4. Manfaat Penelitian .....	10
<b>Bab II. Tinjauan Pustaka .....</b>	<b>11</b>
2.1. <i>Maintenance</i> (Perawatan) .....	11
2.2. Tujuan <i>Maintenance</i> .....	12
2.3. Strategi Perawatan .....	14
2.4. Jenis Perawatan.....	15
2.5. Model <i>Age Replacement</i> .....	16
2.6. Distribusi Kerusakan.....	18
2.7. Penentuan Parameter.....	25
2.8. Konsep Keandalan .....	26
2.9. Perhitungan Biaya Komponen .....	27
<b>Bab III. Metode Penelitian .....</b>	<b>29</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	29
3.2 Implementasi Metode .....	29
<b>Bab IV. Biaya dan Jadwal Penelitian .....</b>	<b>31</b>
4.1. Anggaran Biaya Penelitian .....	31
4.2. Jadwal Penelitian .....	32
<b>BAB V. Hasil Penelitian dan Pembahasan .....</b>	<b>33</b>
5.1. Hasil Penelitian .....	33
5.2. Penentuan Sistem dan Pengumpulan Informasi.....	33
5.3. Menentukan <i>Index of Fit</i> .....	34

5.4. Distribusi Kerusakan Komponen <i>Unwinder 1</i> .....	35
5.5. Perhitungan MTTF Komponen <i>Unwinder 1</i> .....	39
5.6. Perhitungan Biaya Kerusakan ( <i>Cost of Failure</i> ).....	41
5.7. Penentuan Seloang Waktu Pergantian Pencegahan dengan Model <i>Age Replacement</i> .....	42
5.8. Perhitungan Ongkos Saat ini dan Usulan .....	44

## DAFTAR TABEL

1	Data Biaya Perawatan pada Mesin <i>Jumbo Roll Tissue</i> .....	9
2	Pola atau Bentuk Distribusi <i>Weibull</i> .....	23
3	Rincian Anggaran Biaya Penelitian .....	32
4	Skala Waktu Antar Kerusakan .....	36
5	Perhitungan Distribusi <i>Weibull</i> pada Komponen <i>Unwinder1</i> .....	36
6	Perhitungan Distribusi <i>Ekspensial</i> pada Komponen <i>Unwinder1</i> .....	38
7	Perhitungan Distribusi Normal pada Komponen <i>Unwinder1</i> .....	39
8	Perhitungan Distribusi Lognormal pada Komponen <i>Unwinder1</i> ....	40
9	Rekapitulasi Distribusi Selang Waktu Kerusakan Komponen <i>Unwinder 1</i> .....	41
10	Perhitungan Distribusi Normal pada Komponen <i>Unwinder1</i> .....	41
11	Rekapitulasi Perhitungan Model Age Replacement.....	45
12	Rekapitulasi Biaya Penghematan dan Usulan .....	46

**DAFTAR GAMBAR**

1	Skema Pelaksanaan Pekerjaan Perawatan .....	17
2	Pola Grafik Fungsi Distribusi <i>Weibull</i> .....	24
3	Data Biaya Perawatan Komponen Mesin <i>Jumbo Roll Tissue</i> .....	35

## RINGKASAN

PT. Pindo Deli Pulp and Paper Tbk Perawang merupakan industri dibidang pembuatan kertas dan *tissue*. Semakin meningkatnya jumlah penggunaan *tissue* di masyarakat membuat industri kertas semakin berkembang. PT. Pindo Deli Pulp and Paper mampu menghasilkan *tissue* dengan berbagai variasi. Mesin *Jumbo Roll Tissue* (JRT) salah satu mesin yang sangat penting dalam proses pembuatan *tissue*. Mesin ini merupakan salah satu komponen mesin yang membutuhkan biaya yang cukup besar apabila melakukan perawatan. Berdasarkan hasil pengamatan dan melihat data biaya perawatan mesin diketahui bahwa biaya terbesar yang dikeluarkan perusahaan dalam melakukan perawatan adalah sebesar 256.000.000 yang apabila terus berlanjut akan merugikan perusahaan. Untuk meminimalkan pengeluaran serta mengoptimalkan kinerja komponen perlu dilakukan analisa kebijakan perawatan/pergantian menggunakan metode *Age Replacement*. Salah satu komponen yang mengalami pengeluaran biaya yang cukup besar adalah *Unwinder 1* yang akan ditentukan penjadwalan pergantian dan perawatan menggunakan *Age Replacement*. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Age Replacement*, didapat jadwal pergantian komponen *Unwinder 1* yaitu 10 bulan dengan penghematan biaya sebesar Rp.248.444 (90,46%).

**Kata Kunci :** *Jumbo Roll Tissue, Age Replacemet, Penjadwalan, Biaya*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Penelitian**

Dunia perindustrian sangat membutuhkan adanya dukungan teknologi dan sumber daya untuk memperoleh produk yang berkualitas. Sumber daya yang terdapat pada dunia industri adalah sumber daya manusia dan mesin. Sumber daya mesin diperlukan karena terdapat proses produksi yang tidak dapat dilakukan oleh manusia, seperti proses produksi yang rumit dengan waktu proses yang telah ditentukan.

PT. Pindo Deli *Pulp & Paper*, Tbk Perawang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri *pulp & paper*. Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan yang banyak menggunakan mesin dalam proses produksinya. Perusahaan PT. Pindo Deli *Pulp & Paper*, Tbk Perawang memproduksi produk berupa *tissue*. Adapun jenis *tissue* yang diproduksi antara lain *tissue facial*, *tissue toilet* dan *tissue towel* . Perusahaan ini melayani pemesanan dari luar dan dalam negeri. Aktivitas produksi PT. Pindo Deli *Pulp & Paper*, Tbk Perawang terdiri atas beberapa blok atau sesi. Setiap blok memproduksi berbagai macam *tissue* dari bahan mentah menjadi bahan jadi atau siap kirim ke pelanggan. Untuk proses pembuatan *tissue* perusahaan menggunakan berbagai macam mesin pembuat *tissue* sesuai dengan fungsinya.

Adapun proses pembuatan *tissue* diproduksi menggunakan mesin pencetak dengan menggunakan sebuah silinder pengering yang berukuran besar. Silinder disemprot dengan perekat yang bertujuan untuk merekatkan lapisan *tisuue*. Proses perekatan dilakukan dengan menggunakan bilah perata pada mesin yang akan mengikis *tissue* kering yang menempel pada permukaan silinder. Kerutan yang timbul diatur oleh kekuatan bahan perekat.

Dalam melakukan proses produksi perusahaan ini juga banyak mengalami permasalahan. Salah satu permasalahan yang dialami perusahaan adalah adanya kerusakan pada komponen mesin produksi. Kerusakan pada komponen mesin merupakan salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan, hal ini dikarenakan

semakin banyak kerusakan yang terjadi pada tiap komponennya maka semakin besar biaya perawatan yang dikeluarkan dalam melakukan perawatan bahkan pemulihan mesin tersebut. Selain itu apabila mesin yang digunakan mengalami kerusakan tentu akan mempengaruhi dari segi kualitas bahkan kuantitas produk.

Pada PT. Pindo Deli *Pulp & Paper*, Tbk Perawang, mesin yang sering mengalami kerusakan adalah pada mesin *Jumbo Roll Tissue*. Permasalahan yang muncul adalah kerusakan yang terjadi pada salah satu komponen mesin. Selain itu mesin komponen mesin *Jumbo Roll Tissue* juga merupakan salah satu komponen mesin yang membutuhkan biaya perawatan yang cukup besar apabila mengalami kerusakan. Berikut merupakan biaya perawatan komponen mesin *Jumbo Roll Tissue*

**Tabel 1 Data Biaya Perawatan pada Mesin *Jumbo Roll Tissue***

No	Komponen Mesin	Biaya Perawatan (Rp)	Jumlah Reject (ton)
1	<i>Unwinder 1</i>	256.000.000	7600
2	<i>Embossing Roll</i>	25.000.000	1120
3	<i>Pneumatic knife holders(slitter)</i>	125.000.000	5600
4	<i>Rewinder Section</i>	97.000.000	2300
5	<i>Loading Table</i>	35.000.000	900

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa jumlah biaya perawatan terbesar yang akan dikeluarkan perusahaan apabila terjadi kerusakan pada mesin *Jumbo Roll Tissue* adalah biaya komponen mesin *Unwinder 1*. Selain itu jumlah *reject* terbesar juga terdapat dari hasil produksi komponen mesin *unwinder 1*. Hal ini dikarenakan komponen ini dapat memproduksi produk dengan jumlah yang besar. Komponen *Unwinder 1* merupakan salah satu komponen penting yang terdapat pada mesin *Jumbo Roll Tissue*. Hal ini dikarenakan komponen ini adalah untuk mendukung sistem kerja *Jumbo Roll Tissue* dan mampu meredam getaran jumbo saat mesin berjalan dan memegang *jumbo reel* selama mesin beroperasi. Apabila komponen ini mengalami kerusakan tentu akan dapat menghambat pembuatan *tissue* untuk ke proses selanjutnya. Selain dapat menghambat proses produksi kerusakan komponen *Unwinder 1* juga akan membuat produk yang dihasilkan menjadi tidak bagus atau cacat.

Dalam proses produksi perusahaan hanya menerapkan proses pengecekan atau perawatan mesin secara berkala, namun untuk tiap komponen mesin perusahaan melakukan pergantian komponen hanya apabila telah terjadi kerusakan. Maka dari itu perusahaan memerlukan interval waktu yang optimal untuk melakukan pergantian komponen mesin *Jumbo Roll Tissue* sehingga kerja mesin menjadi lebih optimal sehingga perusahaan dapat meminimalisir biaya kerusakan serta kerusakan mesin yang lebih besar akan dapat dihindarkan.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui interval waktu yang optimal untuk melakukan pergantian komponen adalah dengan menggunakan model *Age Replacement*. Model *age replacement* yaitu dimana interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat, jika terjadi suatu kerusakan model ini akan menyesuaikan kembali jadwalnya setelah penggantian komponen dilakukan, baik akibat terjadi kerusakan maupun hanya bersifat sebagai perawatan pencegahan.

Bedasarkan permasalahan diatas maka perlu adanya usulan perencanaan pergantian komponen *Unwinder 1* yang optimal sehingga akan mengurangi resiko kegagalan produksi, memperendah biaya perawatan mesin serta dapat menghindari kerusakan mesin *Jumbo Roll Tissue* yang akan menghambat proses produksi dan dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari laporan ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan waktu yang optimal untuk penggantian komponen berdasarkan biaya komponen perawatan terbesar ?
2. Bagaimana menentukan penekanan biaya yang terjadi dan menganalisis kinerja perusahaan setelah adanya tindakan pencegahan?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu yang optimal untuk penggantian komponen berdasarkan biaya perawatan terbesar serta menganalisis kinerja perusahaan setelah adanya tindakan pencegahan.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang waktu yang optimal untuk penggantian komponen berdasarkan biaya perawatan terbesar serta menganalisis kinerja perusahaan setelah adanya tindakan pencegahan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Maintenance* (Perawatan)

*Maintenance* (perawatan) adalah Semua tindakan teknik dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin atau peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa seiring berlalunya waktu, fungsi mesin serta peralatan yang digunakan untuk produksi semakin lama akan berkurang (Hartono, 2014). Namun dengan adanya suatu *system* perawatan yang baik, maka usia kegunaan mesin dapat diperpanjang dengan melakukan perawatan secara berkala dengan perawatan yang tepat. Terdapat dua hasil yang diharapkan dari kegiatan perawatan, yaitu *condition maintenance* dan *replacement maintenance*.

Pemeliharaan (*Maintenance*) mesin yang baik dan tepat dapat mempengaruhi produktivitas suatu perusahaan dalam menjalankan produksinya. Pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas dan peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan (Corder, 1996). Peranan bagian pemeliharaan tidak hanya sekedar untuk menjaga agar pabrik tetap dapat beroperasi dan produk dapat diproduksi, diserahkan kepada pelanggan tepat pada waktunya, akan tetapi juga untuk menjaga agar pabrik dapat bekerja secara efisien dengan menekan atau mengurangi kemacetan menjadi sekecil mungkin (Assauri, 1993).

Pemeliharaan dibagi menjadi dua, yaitu pemeliharaan terencana dan pemeliharaan tak terencana. Pemeliharaan terencana adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Sedangkan pemeliharaan tak terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan seketika ketika mesin mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sebelumnya (Corder, 1996).

Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Pada dasarnya, hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin atau peralatan mencakup dua hal sebagai berikut (Corder, 1996):

1. *Condition Maintenance* yaitu mempertahankan kondisi mesin atau peralatan agar berfungsi dengan baik sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam mesin juga berfungsi sesuai dengan umur ekonomisnya.
2. *Replacement Maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

Adapun tujuan pemeliharaan yang utama menurut (Rahayu, 2014) antara lain:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan asset yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi yang maksimum.
3. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
4. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamatan dan sebagainya.

## **2.2 Tujuan *Maintenance***

Kegiatan *Maintenance* (perawatan) secara garis besar dilakukan untuk mencegah kerusakan mesin atau peralatan yang digunakan untuk kegiatan produksi terlalu cepat, selain itu kegiatan perawatan haruslah memiliki kriteria efektif, efisien, serta berbiaya rendah. Berikut ini beberapa tujuan kegiatan perawatan, antara lain memperpanjang usia pakai dari mesin atau peralatan, menjaga fungsi dari mesin atau peralatan agar tetap baik, menjamin ketersediaan optimum mesin atau peralatan, menjamin kesiapan operasional mesin atau peralatan, mengurangi waktu *downtime* dari mesin atau peralatan,

memaksimalkan ketersediaan (*availability*), menjamin keselamatan *user* mesin atau peralatan tersebut, serta menjamin kepuasan pelanggan (Hartono, 2014).

Perawatan (*Maintenance*) disebutkan bahwa disana tercakup dua pekerjaan yaitu istilah perawatan dan perbaikan. Perawatan dimaksudkan sebagai aktivitas untuk mencegah kerusakan, sedangkan istilah perbaikan dimaksudkan sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan. Pemilihan program perawatan akan mempengaruhi kelangsungan produktivitas produksi pabrik. Karena itu perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai bentuk perawatan yang akan digunakan terutama berkaitan dengan kebutuhan produksi, waktu, biaya, keterandalan, tenaga perawatan dan kondisi peralatan yang dikerjakan (Hasriyono, 2009).

Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. Proses perawatan atau sistem perawatan merupakan sub sistem dari sistem produksi, dimana tujuan sistem produksi menurut tersebut adalah (Ansori, 2013):

- a. Memaksimalkan profit dari peluang pasar yang tersedia
- b. Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses konversial material menjadi produk.

Adapun beberapa tujuan *maintenance* yang utama menurut adalah (Hutagaol, 2009):

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.

- d. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*).
- e. Memperpanjang umur masa pakai dari mesin atau peralatan.

### 2.3 Strategi Perawatan

Filosofi perawatan untuk fasilitas produksi pada dasarnya adalah menjaga level maksimum konsistensi optimasi produksi dan availabilitas tanpa mengesampingkan keselamatan. Untuk mencari filosofi tersebut digunakan strategi perawatan. Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan pada umumnya terbagi dalam dua bagian yaitu perawatan terencana dan perawatan tidak terencana (Ansori, 2013).

Strategi dalam perawatan menurut adalah sebagai berikut (Ansori, 2013):

#### 1. Penggantian

Merupakan penggantian peralatan atau komponen untuk melakukan perawatan. Kebijakan penggantian ini dilakukan pada seluruh atau sebagian *part* dari sebuah sistem yang dirasa perlu dilakukan upaya penggantian oleh karena tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas produksi berada pada kondisi yang kurang baik. Tujuan strategi perawatan penggantian antara lain adalah untuk menjamin berfungsinya suatu sistem sesuai pada keadaan normalnya.

#### 2. Perawatan peluang

Perawatan dilakukan ketika terdapat kesempatan, misalnya perawatan pada saat mesin sedang *shut down*. Perawatan peluang dimaksudkan agar tidak terjadi waktu menganggur (*idle*) baik oleh operator maupun petugas perawatan, perawatan bisa dilakukan dengan skala yang paling sederhana seperti pembersihan (*cleaning*) maupun perbaikan fasilitas pada sistem produksi.

#### 3. Perbaikan

Merupakan pengujian secara menyeluruh dan perbaikan pada sedikit komponen atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi yang dapat diterima. Perawatan perbaikan merupakan jenis perawatan yang terencana



dan biasanya proses perawatannya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem, sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar sub sistem beradaptasi pada kondisi yang handal.

4. Perawatan pencegahan

Merupakan perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan.

5. Modifikasi desain

Perawatan dilakukan pada sebagian kecil peralatan sampai pada kondisi yang dapat diterima, dengan melakukan perbaikan pada tahap pembuatan dan penambahan kapasitas.

6. Perawatan koreksi

Perawatan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan, sehingga merupakan bagian dari perawatan yang tidak terencana.

7. Temuan kesalahan

Merupakan tindakan perawatan dalam bentuk inspeksi untuk mengetahui tingkat kerusakan.

8. Perawatan berbasis kondisi

Perawatan berbasis kondisi dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci peralatan yang akan mempengaruhi kondisi peralatan.

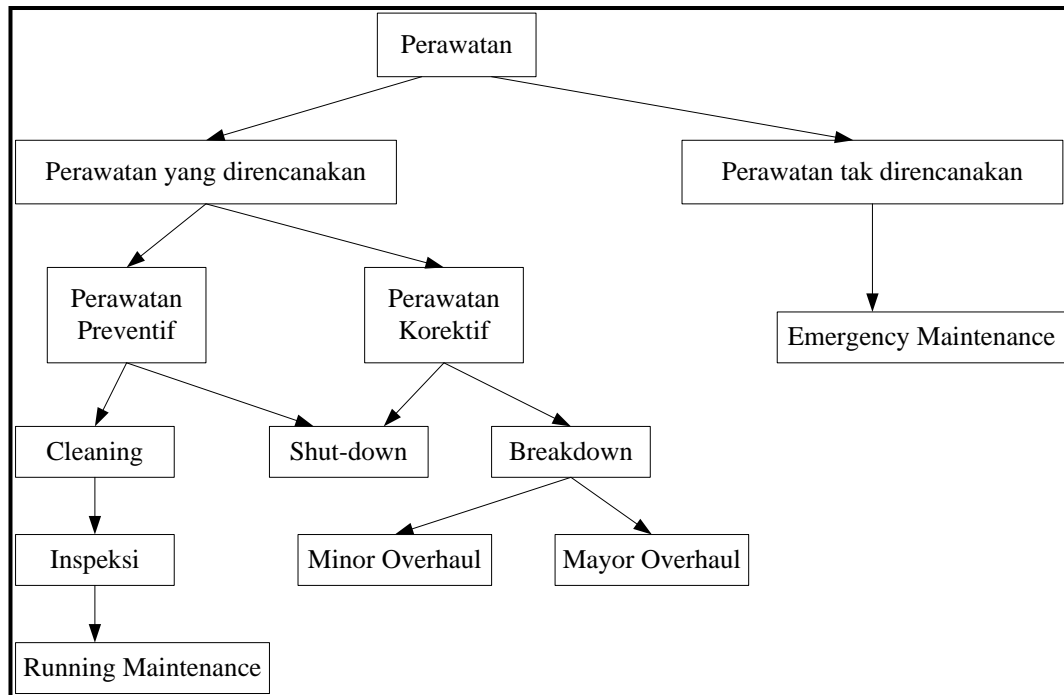
9. Perawatan penghentian

Kegiatan perawatan ini hanya dilakukan sewaktu fasilitas produksi sengaja dihentikan.

#### **2.4 Jenis Perawatan**

Kegiatan pemeliharaan atau perawatan dibagi ke dalam dua bentuk, pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tak berencana (*unplanned maintenance*), dalam bentuk pemeliharaan darurat (*breakdown maintenance*). Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) merupakan tempat kegiatan perawatan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan terlebih dahulu. Pemeliharaan terencana ini terdiri dari pemeliharaan pencegahan

(*preventive maintenance*) dan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) (Iswanto, 2008).



**Gambar 1. Skema Pelaksanaan Pekerjaan Perawatan**

Skema pelaksanaan pekerjaan perawatan diatas memberikan gambaran secara umum kegiatan perawatan yang direncanakan dan kegiatan perawatan tak direncanakan. Ruang lingkup pekerjaan *preventive* pada perawatan yang direncanakan termasuk inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetulan, sehingga peralatan atau mesin-mesin terhindar dari kerusakan. *Emergency maintenance* pada perawatan tak direncanakan adalah pekerjaan yang harus dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga (Darmo, 2009).

## 2.5 Model Age Replacement

Model *age replacement* yaitu dimana interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat, jika terjadi suatu

kerusakan model ini akan menyesuaikan kembali jadwalnya setelah penggantian komponen dilakukan, baik akibat terjadi kerusakan maupun hanya bersifat sebagai perawatan pencegahan (Rajagukguk, 2010).

Model ini cocok diterapkan terhadap komponen yang interval waktu pengantiannya relatif tidak mempengaruhi umur komponen lainnya atau komponen yang pengantiannya sekaligus dalam artian model ini berlaku jika ada kerusakan komponen dalam satu set mesin maka hanya satu komponen yang rusak saja yang mengalami penggantian. Dalam model *age replacement*, intinya pada saat dilakukan penggantian adalah tergantung pada umur komponen, jadi penggantian pencegahan akan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan (Rajagukguk, 2010).

Terdapat beberapa tahapan dalam proses pengerjaan model *Age Replacement* sebagai berikut :

1. Penentuan sistem dan pengumpulan informasi  
Pemilihan sistem dalam tahap ini adalah menentukan jenis komponen kritis. Pemilihan berdasarkan data downtime komponen mesin yang merupakan komponen yang menyebabkan downtime tertinggi.
2. Menentukan *index of fit*  
Menentukan nilai *index of fit* dilakukan berdasarkan nilai dari pengujian distribusi kerusakan. Distribusi kerusakan dipilih dengan melakukan pengujian terhadap distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Pengujian pola distribusi dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan tiap – tiap komponen. Penentuan *index of fit* dilakukan berdasarkan nilai yang terbesar dengan menggunakan metode *least Square* (Kuadrat terkecil) secara manual.
3. Menentukan nilai MTTF  
Merupakan rata-rata selang waktu sampai terjadinya kerusakan atau failure (Smith, 1993). MTTF mempunyai perhitungan yang berbeda -beda untuk data kerusakan yang mengikuti distribusi kerusakan yang berbeda.

#### 4. Penentuan jadwal pergantian

Pengukuran waktu aktif perawatan meliputi waktu untuk mempelajari kerusakan yang terjadi dan data-data kerusakan yang pernah terjadi sehingga dapat memperhitungkan waktu perawatan serta durasi yang tepat. *Preventive maintenance* melakukan tindakan-tindakan pencegahan perawatan sederhana seperti pelumasan, pembersihan atau pemeriksaan terhadap masalah-masalah yang ada. Waktu perawatan ini dapat diukur dengan menggunakan waktu pada saat melakukan aktivitas perawatan dalam frekwensi tertentu. *Preventive maintenance* merupakan *downtime* yang dijadwalkan, biasanya secara periodik, yang terdiri dari beberapa set aktivitas, seperti pemeriksaan dan perbaikan, penggantian, pembersihan, pemberian minyak, dan penjajaran dilakukan. Pengutamaan urutan perawatan merupakan tugas yang krusial dalam sebuah sistem produksi, terutama saat kebutuhan akan perawatan lebih tinggi dari teknisi maupun sumber daya yang dibutuhkan untuk mengerjakannya. Urutan kerja yang dilakukan secara acak ataupun secara khusus tidak hanya dapat membuang tenaga kerja yang ada dan sumber daya yang digunakan, namun juga dapat menambah *downtime* yang terjadi sehingga dapat mengakibatkan kerugian.

### 2.6 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan adalah informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi. Distribusi kerusakan suatu peralatan memiliki bentuk yang berbeda-beda. Yang umum digunakan adalah distribusi Eksponensial, Weibull, Normal dan Lognormal, dimana distribusi kerusakan ini dapat memenuhi berbagai fase kerusakan. Distribusi Weibull dapat digunakan pada model yang mengalami laju kerusakan menaik maupun menurun (Ebellling, 1997). Distribusi Eksponensial biasanya digunakan jika laju kerusakan tidak berubah dan konstan terhadap waktu (Ebellling, 1997). Distribusi Normal biasanya cocok digunakan pada fenomena terjadinya *wearout region* (Ebellling, 1997). Sedangkan Distribusi Lognormal memiliki kemiripan dengan Distribusi Weibull sehingga

jika pada suatu kasus memiliki Distribusi Weibull maka kasus tersebut juga cocok menggunakan Distribusi Lognormal.( Ebellling, 1997 ).

Dalam perhitungan nilai fungsi distribusi kumulatif ( $F(t_i)$ ) digunakan metode pendekatan median rank karena metode ini memberikan hasil yang lebih baik untuk distribusi kerusakan yang mempunyai penyimpangan distribusi (*skewed distribution*).

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

Dimana :

- $F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif
- $i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 ..... n
- $n$  = jumlah data kerusakan
- $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$

#### 1. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull sering dipakai sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi Weibull mempunyai sifat tertentu ataupun ekuivalen dengan distribusi tertentu. Penaksiran parameter dilakukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} X_i &= t_i \\ Y_i &= \ln \{ \ln 1/(1-F(t_i)) \} \\ F(t_i) &= (i-0,3)/(n+0,4) \\ \text{MTTF} &= \Theta r \frac{1}{\beta} \\ &= \Gamma(x) = (x-1)\Gamma(x-1) \end{aligned}$$

Dimana :

- $F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif
- $i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 ..... n
- $n$  = jumlah data kerusakan
- $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$
- $\Gamma(x)$  = adalah fungsi gamma

## 2. Distribusi Exponential

Distribusi ini memiliki laju kerusakan yang tidak berubah dan konstan terhadap waktu (*Constant Failure rate Model*). Jika ada peralatan yang memiliki laju kerusakan yang tetap, maka bisa dipastikan termasuk dalam distribusi Eksponensial (Ebellling, 1997). Penaksiran parameter dilakukan dengan rumus :

$$X_i = t_i$$

$$Y_i = \ln \{1/(1-F(t_i))\}$$

$$F(t_i) = (i-0,3)/(n+0,4)$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Dimana :

$F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif

$i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 ..... n

$n$  = jumlah data kerusakan

$t_i$  = data kerusakan ke -  $i$

## 3. Distribusi Log Normal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu parameter bentuk ( $s$ ) dan parameter lokasi ( $ted$ ). Seperti distribusi weibull, distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi. Yang sering terjadi, biasanya data yang dapat didekati dengan distribusi Weibull juga bisa didekati dengan distribusi Lognormal (Ebellling,1997). Penaksiran parameter dilakukan dengan rumus :

$$X_i = t_i$$

$$Y_i = \eta^{-1} F(t_i)$$

$$F(t_i) = (i-0,3)/(n+0,4)$$

$$MTTF = t_{Mede} \left( \frac{s^2}{2} \right)$$

Dimana :

$F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif

$i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 ..... n

$n$  = jumlah data kerusakan

$t_i$  = data kerusakan ke -  $i$

#### 4. Distribusi Normal

Bentuk distribusi Normal menyerupai lonceng sehingga memiliki nilai simetris terhadap nilai rata-rata dengan dua parameter bentuk yaitu  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Parameter  $\mu$  (nilai tengah) memiliki sembarang nilai, positif maupun negatif. Sedangkan parameter  $\sigma$  (standar deviasi) selalu memiliki nilai positif (Ebell, 1997). Penaksiran parameter dilakukan dengan rumus :

$$X_i = t_i$$

$$Y_i = \eta (F(t_i))$$

$$F(t_i) = (i-0,3)/(n+0,4)$$

$$MTTF = \mu$$

Dimana :

$F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif

$i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 ..... n

$n$  = jumlah data kerusakan

$t_i$  = data kerusakan ke -  $i$

Alasan pemakaian metode weibull dalam pemeliharaan mesin/peralatan adalah dikarenakan untuk memprediksikan kerusakan sehingga dapat dihitung keandalan mesin/ peralatan, dan dapat meramalkan kerusakan yang akan terjadi walaupun belum terjadi kerusakan sebelumnya.

Distribusi Weibull secara luas digunakan untuk berbagai masalah keteknikan karena kegunaannya yang bermacam-macam. Pada dasarnya distribusi weibull ini dimaksudkan untuk menggambarkan keadaan optimal dari suatu mesin atau peralatan baik perbagiannya ataupun komponen komponennya. Distribusi weibull ini yang paling sering digunakan untuk menganalisa data kerusakan. Karena weibull dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal, periode pengausan (*wear out*). Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi weibull. Distribusi weibull mempunyai laju kerusakan menurun untuk  $\beta < 1$ , laju kerusakan konstan  $\beta = 1$ , dan laju kerusakan naik  $\beta > 1$

Fungsi-fungsi distribusi *weibull* adalah sebagai berikut:

Fungsi kepadatan kerusakan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Dimana untuk  $t > 0$

$\alpha$  = Parameter skala dengan  $\alpha > 0$

$\beta$  = Parameter bentuk dengan  $\beta > 0$

Fungsi distribusi kumulatif:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Fungsi keandalannya:

$$R(t) = e^{-\left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Fungsi laju kerusakannya:

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

Perubahan nilai  $\beta$  akan mengakibatkan distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi tertentu, akibatnya sering digunakan pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan. Hal ini dapat dilihat pada perubahan nilai  $\beta$  sebagai berikut :

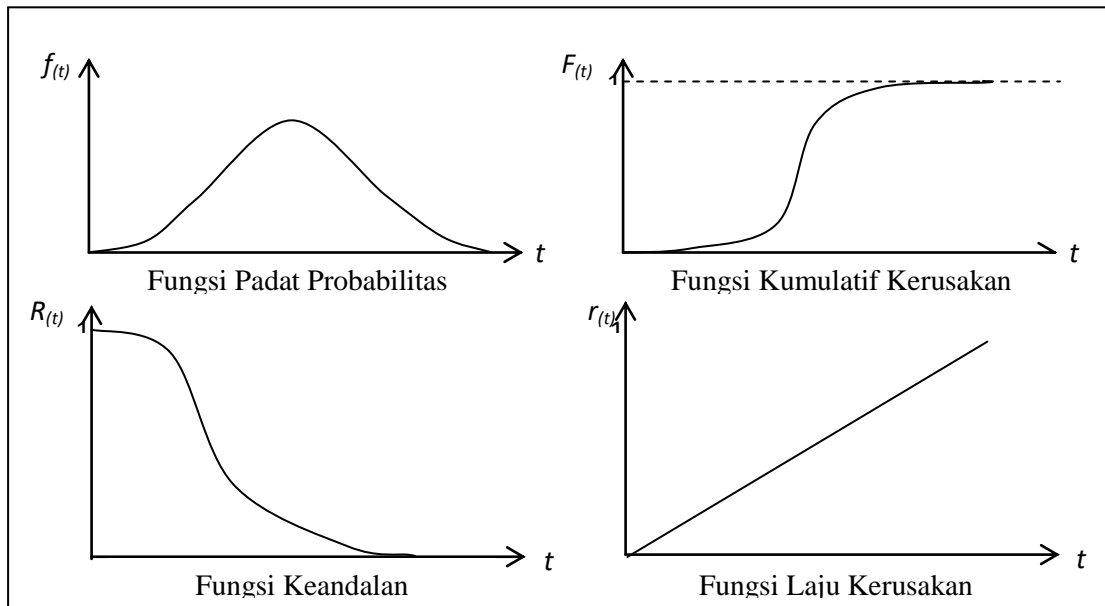
1. Distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi eksponensial, jika  $\beta = 1$
2. Distribusi weibull dengan distribusi hyperekspensial, jika  $\beta = 0$
3. Distribusi weibull ekuivalen dengan distribusi normal, jika  $\beta < 4$

**Tabel 2 Pola atau Bentuk Distribusi Weibull**

Value	Property
$0 < \beta < 1$	<i>Decreasing Failure Rate (DFR)</i>
$\beta = 1$	<i>Exponential Distribution (CFR)</i>
$1 < \beta < 2$	<i>IFR, Concave</i>
$\beta = 2$	<i>Rayleigh Distribution</i>
$\beta > 2$	<i>IFR, Convex</i>
$3 \leq \beta \leq 4$	<i>IFR, Approaches Normal Distribution; Symmetrical</i>



Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi *weibull* mendekati bentuk pola berikut:



Gambar 2. Pola Grafik Fungsi Distribusi *Weibull*

Adapun langkah perhitungan untuk menentukan nilai parameter distribusi weibull sebagai berikut :

#### 1. *Index Of Fit* (r)

Ukuran korelasi linier antara dua perubah yang paling banyak yaitu koefisien korelasi. *Index of fit* atau koefisien korelasi (r) menunjukkan hubungan linier yang kuat antara dua perubah acak  $X_i$  dan  $Y_i$ . Pada distribusi kerusakan, nilai dari  $x_i$  dan  $Y_i$  sebagai berikut :

##### 1. Distribusi Weibull

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \ln \frac{\ln(1)}{1-F(t_i)}$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 - (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Dimana :

$F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif

- $i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 .....  $n$   
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$   
 $X_i, Y_i$  = hubungan linear dua peubah acak  
 $r$  = koefisien korelasi (index of fit)

## 2. Distribusi Exponential

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \frac{\ln(1)}{1-F(t_i)}$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 - (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Dimana :

- $F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif  
 $i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 .....  $n$   
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$   
 $X_i, Y_i$  = hubungan linear dua peubah acak  
 $r$  = koefisien korelasi (index of fit)

## 3. Distribusi Log Normal

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \eta^{-1} F(t_i)$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 - (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Dimana :

- $F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif

$i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 .....  $n$   
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$   
 $X_i, Y_i$  = hubungan linear dua peubah acak  
 $r$  = koefisien korelasi (index of fit)

#### 4. Distribusi Normal

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \eta(F(t_i))$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 - (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Dimana :

$F(t_i)$  = fungsi distribusi kumulatif  
 $i$  = urutan data kerusakan 1,2,3 .....  $n$   
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $t_i$  = data kerusakan ke -  $i$   
 $X_i, Y_i$  = hubungan linear dua peubah acak  
 $r$  = koefisien korelasi (*index of fit*)

### 2.7 Penentuan *Parameter*

Parameter ini merupakan variabel dari MTTF dan MTTR. Untuk menentukan parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan MTTF dan MTTR perlu diketahui jenis distribusi data kerusakan terlebih dahulu karena parameter yang digunakan sesuai dengan jenis distribusi, berikut beberapa distribusi (Virgiawan, 2015) :

1. Distribusi Weibull
2. Distribusi Exponential
3. Distribusi Log Normal

#### 4. Distribusi Normal

##### a. *Mean Time To Failure (MTTF)*

Merupakan rata-rata selang waktu sampai terjadinya kerusakan atau failure (Smith, 1993). MTTF mempunyai perhitungan yang berbeda-beda untuk data kerusakan yang mengikuti distribusi kerusakan yang berbeda.

Untuk menentukan rata-rata waktu untuk melakukan pergantian dan interval waktu pemeriksaan. Rumus sebagai berikut :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Rata-rata jumlah kerusakan dalam 1 bulan :

$$K = \frac{t}{f}$$

Rata-rata waktu pergantian ( $I/\mu$ )

$$k \frac{1}{\mu} = \frac{Tf}{t}$$

Rata-rata waktu pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{Ti}{t}$$

## 2.8 Konsep Keandalan

Keandalan (*Reliability*). Keandalan (*Reliability*) adalah kemungkinan mesin itu berfungsi dengan baik dalam waktu operasi yang telah ditetapkan. *Reliability* 90% artinya bahwa unit akan melaksanakan tugas hanya 90% dari waktu yang ditetapkan, atau juga unit akan gagal 10% dari waktu tersebut. Keandalan juga didefinisikan sebagai probabilitas bahwa mesin, peralatan atau sistem akan melakukan fungsi khusus untuk waktu yang ditetapkan tanpa kegagalan. Agar angka keandalan berarti, kondisi operasi harus hati-hati dan didefinisikan dengan jelas. Istilah-istilah yang sering dikenal dalam kaitan dengan keandalan adalah sebagai berikut (Ariyanto, 2015):

1. MTBF, waktu *mean* antara kegagalan (*mean time between failure*). Saat diterapkan untuk mesin yang dapat diperbaiki, ini adalah rata-rata waktu sistem akan beroperasi sampai kegagalan berikutnya.

2. Tingkat kegagalan adalah jumlah kegagalan perunit tekanan. Tekanan dapat berupa waktu (contoh, kegagalan mesin pergiliran), siklus muatan (contoh, keretakan pesawat per 100.000 penyimpangan dari 6 inchi) atau sejumlah tekanan lainnya.
3. MTTF atau MTFF, waktu *mean* pada kegagalan pertama (*mean time to first failure*). Ini adalah ukuran yang diterapkan pada sistem yang tidak dapat diperbaiki selama misinya. Sebagai contoh, MTBF akan menjadi tidak relevan pada pesawat luar angkasa *voyager*.
4. MTTR, waktu *mean* untuk memperbaiki (*mean time to repair*). Rata-rata waktu berlalu antara satu unit menjadi rusak dan sedang diperbaiki dan kembali ke pelayanan.
5. Ketersediaan adalah proporsi dari waktu suatu sistem dapat dioperasikan. Ini hanya relevan untuk sistem yang dapat diperbaiki.

Untuk menghitung keandalan peralatan atau komponen, langkah pertamaharus mengetahui model probabilitas atau komponen yang dinyatakan dengan distribusi statistik. Distribusi statistik tergantung pada jenis kerusakan dari suatu sistem independen terhadap umurnya dan karakteristik-karakteristik lain dari sejarah pengoperasiannya. Distribusi eksponensial digunakan untuk laju kegagalan yang konstan, sedangkan jika laju kegagalan tergantung pada bertambahnya umur sistem, maka digunakan distribusi Weibull (Smith, 2001). Untuk menentukan jenis distribusi data yang akan diproses, diperlukan pengujian distribusi (*Probability Distributions*), sehingga diketahui apakah data berdistribusi secara Normal, *Lognormal*, *Exponential* atau *Weibull* (Ariyanto, 2015).

## 2.9 Perhitungan biaya Komponen

Menghitung Biaya Penggantian Komponen. Biaya *Corrective Maintenance* adalah biaya yang timbul pada saat terjadi kerusakan yang menyebabkan terhentinya mesin pada saat proses produksi. Perhitungan biaya penggantian komponen secara *corrective* dapat dicari dengan menggunakan rumus (Ariyanto, 2015):

$$CF = (a+b) \times c + d$$

Dimana:

a = Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)

b = Biaya Kehilangan Produksi (Rp/Jam)

c = Total waktu penggantian *Corrective* (Jam)

d = Harga Komponen/unit (Rp. 000)

CF = *Cost of Failure*/Biaya penggantian komponen secara korektif

Biaya *preventive maintenance* adalah biaya penggantian suatu komponen yang dibutuhkan sebelum komponen tersebut mengalami kerusakan. Biaya penggantian komponen secara *preventive* dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$CP = (a+b) \times c + d$$

Dimana:

a = Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)

b = Biaya Kehilangan Produksi (Rp/Jam)

c = Total waktu penggantian *Corrective* (Jam)

d = Harga Komponen/unit (Rp. 000)

CP = *Cost of Preventive*/Biaya penggantian komponen secara *preventif*

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Metode penelitian kuantitatif, sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono (2011: 8) yaitu : “Metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan”.

### 3.2 Implementasi Metode

#### 1. Tahap *Age Replacement*

##### 1) Penentuan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem dalam tahap ini adalah menentukan jenis komponen kritis. Untuk menentukan data komponen kritis dapat dilakukan dengan menggunakan diagram batang sehingga dapat diketahui dari keseluruhan komponen mesin, komponen mana yang memiliki jumlah *downtime* tertinggi (kritis) sehingga diperlukan adanya perbaikan

##### 2) Menentukan *Index of Fit*

Menentukan nilai *index of fit* dilakukan berdasarkan nilai dari pengujian distribusi kerusakan. Distribusi kerusakan dipilih dengan melakukan pengujian terhadap distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Pengujian pola distribusi dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan tiap – tiap komponen. Penentuan *index of fit* dilakukan berdasarkan nilai yang terbesar dengan menggunakan metode *least Square* (Kuadrat terkecil) secara manual.

### 3) Perhitungan MTTF

Perhitungan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) didasari oleh hasil perhitungan *index of fit*, selang waktu antar kerusakan komponen mesin. Nilai ini berfungsi untuk menentukan rata – rata waktu melakukan pergantian serta interval waktu pemeriksaan komponen.

### 4) Penentuan Jadwal Pergantian

Perhitungan ini dilakukan kepada komponen kritis yang telah ditentukan sebelumnya serta berdasarkan distribusi yang telah didapatkan sebelumnya. Penentuan selang waktu pergantian pencegahan komponen dilakukan dengan cara *trial error*.

## 2. Perhitungan Biaya

### 1) Perhitungan biaya kerusakan dan biaya pencegahan

Biaya kerusakan merupakan biaya komponen dan biaya kehilangan produksi sedangkan biaya pencegahan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian komponen.

### 2) Perhitungan ongkos saat ini dan usulan

Biaya ini merupakan ongkos perawatan yang dikeluarkan saat ini (sebelum adanya pergantian terencana) selama periode tertentu.



**BAB IV**  
**BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN**

**A. Anggaran Biaya**

Honorarium penelitian mengacu pada Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 78 /PMK.02/2019 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2020 dengan contoh rincian anggaran sebagai berikut :

**Tabel 3. Rincian Anggaran Biaya Penelitian**

No	Uraian	Satuan	Volume	Besaran	Volume x Besaran
<b>1.</b>	<b>Honorarium</b>				
	a. Honorarium Koordinator Peneliti/Perekayasa	OB	2	500.000	1.000.000
	b. Pembantu Peneliti/Perekayasa	OK	8	50.000	400.000
<b>Subtotal Honorarium</b>					<b>1.400.000</b>
<b>2</b>	<b>Bahan Penelitian</b>				
	a. ATK				
	1) Kertas A4	Rim	2	50.000	50.000
	2) Pena	Kotak	1	50.000	50.000
	3) Tinta	Pcs	6	5.000	30.000
<b>Subtotal Bahan Penelitian</b>					<b>130.000</b>
<b>3.</b>	<b>Pengumpulan Data</b>				
	a. Transport	Ok	5	300.000	1.150.000
	b. Biaya Konsumsi	Ok	10	20.000	200.000
<b>Subtotal biaya pengumpulan data</b>					<b>1.350.000</b>
<b>4.</b>	<b>Pelaporan, Luaran Penelitian</b>				
	a. Foto Copy Proposal dan Laporan, Kuisisioner dsb	OK	200	150	30.000
	b. Jilid Laporan	OK	2	5000	10.000

	c. Luaran Penelitian	OK			
	1) Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi		Con	200000	200.000
	2) Jurnal Nasional Terakreditasi :		Con		
	a) Sinta 6-5		Con		
	b) Sinta 4-3		Con		
	c) Sinta 2-1			500.000	500.000
	3) Jurnal Internasional		Con		
	4) Prosiding Nasional		Con		
	5) Prosiding Internasional		Con		
<b>Subtotal biaya Laporan dan Luaran Penelitian</b>					<b>740.000</b>
<b>Total</b>					<b>3.250.000</b>

Keterangan :

1. OB = Orang/Bulan
2. OK = Orang/Kegiatan
3. Ok = Orang/kali
4. OR = Orang/Responden
5. Con (Conditional) = Disesuaikan dengan biaya yang ditetapkan oleh penerbit.

## B. Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Pindo Deli Pulp and Paper Tbk Perawang pada bulan Mei sampai Juni yang berlokasi di Jalan Perawang Tualang, Pinang Sebatang, Siak, Kabupaten Siak, Provinsi Riau.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

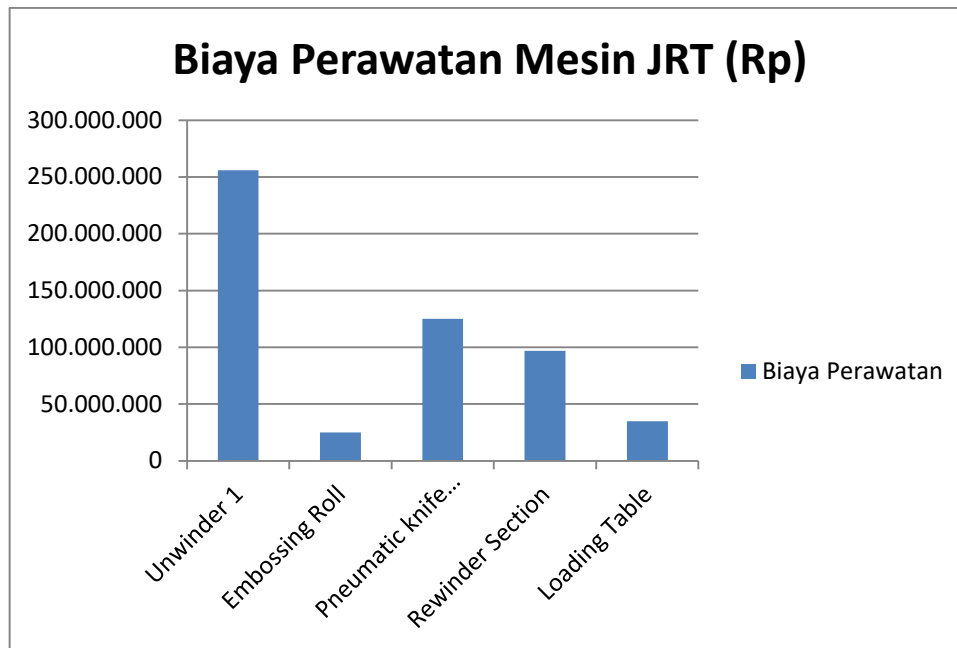
#### 5.1 Hasil Penelitian

Tahapan *age replacement* merupakan tahapan untuk penggantian komponen dengan memperhatikan pemakaian komponen tersebut. Model ini mendasari pada umur pakai mesin atau peralatan, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat. Apabila terjadi suatu kerusakan, model ini akan menyesuaikan jadwalnya kembali setelah ada penggantian komponen sehingga akan mengurangi biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam melakukan perbaikan yang tentu akan dapat menambah keuntungan bagi perusahaan. Tahapan *age replacement* dimulai dari tahap penentuan sistem pengumpulan informasi, definisi batasan sistem, jenis penjadwalan pergantian komponen dengan melakukan perhitungan selang waktu antar kerusakan (*Time To failure*) berdasarkan nilai *index of fit* distribusi *weibull*, *exponential*, *log normal*, *normal*.

Pada tahapan ini akan menghasilkan pemilihan penjadwalan pergantian komponen yang efektif berdasarkan kategori perawatan dan perhitungan dari waktu antar kerusakan operasional dari komponen *Unwinder 1* pada mesin *Jumbo Roll Tissue* (JRT). Adapun tahapannya sebagai berikut :

#### 5.2 Penentuan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Penentuan sistem pada tahap ini adalah pemilihan berdasarkan data biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam melakukan perawatan pada mesin *Jumbo Roll Tissue* periode 2017. Karena dengan melihat data tersebut dapat terlihat biaya terbesar yang akan dikeluarkan perusahaan jika terjadi kerusakan. Berikut merupakan data biaya perawatan mesin *Jumbo Roll Tissue* :



**Gambar 3. Data Biaya Perawatan Komponen Mesin *Jumbo Roll Tissue***

Pada gambar diatas diketahui bahwa biaya perawatan terbesar yang dikeluarkan perusahaan adalah biaya perawatan pada komponen mesin *Unwinder 1* maka penelitian difokuskan pada komponen tersebut. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pengolahan data pada tahap menentukan kegiatan perawatan berdasarkan nilai *index of fit* ( $r$ ) distribusi *weibull*, *exponential*, *log normal*, *normal* berdasarkan data *downtime* pada komponen mesin *Unwinder 1*.

### 5.3 Menentukan *Index Of Fit*

Untuk menentukan nilai *Index of Fit* didapatkan dengan melakukan pengujian terhadap beberapa distribusi kerusakan yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Pengujian pola distribusi dilakukan dengan menggunakan data selang waktu antar kerusakan komponen. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* yang terbesar.

Data selang waktu antar kerusakan merupakan selang waktu mesin beroperasi normal atau selesai diperbaiki sampai mesin mengalami kerusakan kembali. Perhitungan selang waktu antar kerusakan ini dipengaruhi oleh jam kerja

produksi, dimana perusahaan berproduksi setiap hari. Berikut merupakan data selang waktu antar kerusakan komponen mesin *unwinder 1* pada tahun 2017.

**Tabel 4. Skala Waktu Antar Kerusakan**

No	Selang Waktu Antar Kerusakan (Hari)	
	<i>Unwinder 1</i>	
1	26 Februari 2017	62
2	28 April 2017	76
3	13 Juli 2017	105
4	26 Oktober 2017	56

Penetapan hari kerja perusahaan yaitu senin-minggu untuk bagian pembuatan produk *tissue* dengan waktu kerja 24 jam, akan tetapi waktu perawatan dan perbaikan kerusakan mesin *Jumbo Roll Tissue* di mulai pukul 07.00-23.00 WIB, dimana waktu pergantian kerusakan dari ketentuan manufaktur 22,10 jam dan waktu pemeriksaan 0,45 jam/bulan.

Dalam perhitungan selang waktu antar kerusakan (*Time To Failure*) dilakukan dengan cara memasukkan semua hari kerja yang ditetapkan perusahaan dan sesuai waktu perawatan, pemeriksaan dan pergantian atau perbaikan.

#### 5.4 Distribusi Kerusakan Komponen *Unwinder 1*

Perhitungan secara manual dilakukan dengan menghitung *index of fit*. Pemilihan pola distribusi dilakukan dengan cara memilih *index of fit* yang terbesar. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan distribusi kerusakan komponen sensor.

##### 1. Distribusi weibull

Berikut tabel perhitungan distribusi Weibull pada komponen *unwinder 1*

**Tabel 5. Perhitungan Distribusi Weibull pada Komponen *Unwinder 1***

i	Ti (Hari)	$X_i = \ln t_i$	F (ti)	Yi	$X_i \cdot Y_i$	$X_i^2$	$Y_i^2$
1	62	4,1271	0,1590	-1,7528	-7,2344	17,0332	3,0726
2	76	4,3307	0,3863	-0,7167	-3,1039	18,7552	0,5136
3	105	4,6539	0,6136	-0,0502	-0,2339	21,6593	0,0025

4	56	4,0253	0,8409	0,6088	2,4507	16,2034	0,3706
Total		17,1371	2	-1,9110	-8,1215	73,6512	3,9595

Ada pun rumus untuk mencari nilai r dari distribusi weibull yaitu :

$$i = 1$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,1590$$

$$X_i = \ln t_i = \ln 62 = 4,1271$$

$$Y_i = \ln \frac{\ln(1)}{1-F(t_i)}$$

$$= \ln \frac{\ln(1)}{1-0,1590}$$

$$= \ln(\ln \frac{1}{1-0,1590})$$

$$= \ln(1,1732)$$

$$= -1,7528$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 - (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{4 \cdot (-8,1215) - (17,1371)(-1,9110)}{\sqrt{4 \cdot (73,6512) - (17,1371)^2 - (3,9595 - (-1,9110)^2)}}$$

$$r = \frac{-32,4861 - (-32,75)}{\sqrt{(294,6051) - (17,1371)^2 - (3,9595 - 1,9110)^2}}$$

$$r = \frac{-32,4861 - (-32,75)}{\sqrt{294,6051 - 17,1371^2 - 0,0250}}$$

$$r = \frac{0,2638}{\sqrt{227,443}}$$

$$r = \frac{0,2638}{16,6566}$$

$$r = 0,0158$$

## 2. Distribusi eksponensial

Berikut tabel perhitungan distribusi eksponensial pada komponen *unwinder* 1

**Tabel 6. Perhitungan Distribusi *Eksponensial* pada Komponen *Unwinder 1***

<b>i</b>	<b>Ti (Hari)</b>	<b>Xi= ln ti</b>	<b>F (ti)</b>	<b>Yi</b>	<b>Xi.Yi</b>	<b>Xi<sup>2</sup></b>	<b>Yi<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	62	4,1271	0,1590	0,1732	0,7151	17,0332	0,0300
<b>2</b>	76	4,3307	0,3863	-0,7167	-3,1039	18,7552	0,5136
<b>3</b>	105	4,6539	0,6136	-0,0502	-0,2339	21,6593	0,0025
<b>4</b>	56	4,0253	0,8409	0,6088	2,45075	16,2034	0,3706
<b>Total</b>		17,1371	2	3,4508	14,6555	73,6512	4,5521

Ada pun rumus untuk mencari nilai r dari distribusi weibull yaitu :

$$i = 1$$

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,159091$$

$$Xi = \ln ti = \ln 62 = 4,127134$$

$$\begin{aligned} Yi &= \frac{\ln(1)}{1-F(ti)} \\ &= \frac{\ln(1)}{1-0,159091} \\ &= \left( \ln \frac{1}{1-0,159091} \right) \\ &= \ln(1,189189) \\ &= 1,73272 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{n \cdot \sum xi \cdot yi - (\sum xi) (\sum yi)}{\sqrt{n \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2 - (\sum yi^2 - (\sum yi)^2)}} \\ r &= \frac{4 \cdot (14,65557) - (17,13718)(3,45088)}{\sqrt{4 \cdot (73,65129) - (17,13718)^2 - (0,916907 - (3,45088)^2)}} \\ r &= \frac{58,62227 - 59,13836}{\sqrt{(294,6051707) - (17,13717977) - (3,959523 - 0,000229)}} \\ r &= \frac{-0,51608}{\sqrt{294,6051707 - 17,13717977 - 3,959294446}} \\ r &= \frac{-0,51608}{\sqrt{273,5087}} \\ r &= \frac{-0,51608}{16,5381} \end{aligned}$$

$$r = -0,03121$$

### 3. Distribusi Normal

Berikut tabel perhitungan distribusi Normal pada komponen *unwinder 1*

**Tabel 7. Perhitungan Distribusi Normal pada Komponen Unwinder 1**

i	Ti (Hari)	Xi= ln ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	62	4,1271	0,1590	0,0890	0,3674	17,0332	0,0079
2	76	4,3307	0,3863	0,0571	0,2476	18,7552	0,0032
3	105	4,6539	0,6136	0,1405	0,6542	21,6593	0,0197
4	56	4,0253	0,8409	0,2518	1,0137	16,2034	0,0634
Total		17,1371	2	0,5386	2,2831	73,6512	0,0943

Ada pun rumus untuk mencari nilai r dari distribusi weibull yaitu :

$$i = 1$$

$$\eta = 0,5596$$

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,159091$$

$$Xi = \ln ti = \ln 62 = 4,127134$$

$$Yi = \eta = 0,5596$$

$$r = \frac{n \cdot \sum xi \cdot yi - (\sum xi) (\sum yi)}{\sqrt{n \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2 - (yi^2 - (\sum yi)^2)}}$$

$$r = \frac{4 \cdot (2,2831) - (17,1371)(0,5386)}{\sqrt{4 \cdot (73,6512) - (17,1371)^2 - (0,0943 - (0,5386)^2)}}$$

$$r = \frac{9,1325 - 1,6175}{\sqrt{294,6052 - 17,1371^2 - (0,0943 - (0,2901)}}$$

$$r = \frac{7,5149}{\sqrt{294,6052 - 17,1371^2 - (-0,1957)}}$$

$$r = \frac{7,5149}{\sqrt{277,6637}}$$

$$r = \frac{7,5149}{16,6632}$$



$$r = 0,4509$$

#### 4. Distribusi Lognormal

Berikut tabel perhitungan distribusi Lognormal pada komponen *unwinder 1*

**Tabel 8. Perhitungan Distribusi Lognormal pada Komponen Unwinder 1**

I	Ti (Hari)	Xi= ln ti	F (ti)	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	62	4,1271	0,1590	0,2842	1,1733	17,0332	0,0808
2	76	4,3307	0,3863	2,6105	11,3056	18,7552	6,8150
3	105	4,6539	0,6136	2,6784	12,4654	21,6593	7,1741
4	56	4,0253	0,8409	3,6640	14,7492	16,2034	13,4255
Total		17,1371	2	9,2374	39,6937	73,6512	27,4956

Ada pun rumus untuk mencari nilai r dari distribusi lognormal yaitu :

$$i = 1$$

$$\eta = 0,5596$$

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,1590$$

$$Xi = \ln ti = \ln 62 = 4,1271$$

$$Yi = \eta = 0,5596$$

$$= 0,5596^{-1} (0,1590)$$

$$= 0,2842$$

$$r = \frac{n \cdot \sum xi \cdot yi - (\sum xi) (\sum yi)}{\sqrt{n \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2 - (\sum yi^2 - (\sum yi)^2)}}$$

$$r = \frac{4 \cdot (39,6937) - (17,1371)(9,2374)}{\sqrt{4 \cdot (73,6512) - (17,1371)^2 - (27,4956 - (9,2374)^2)}}$$

$$r = \frac{158,7748 - 158,3033}{\sqrt{294,6052 - 17,1371^2 - (27,4956 - (85,3298))}}$$

$$r = \frac{0,4715}{\sqrt{294,6052 - 17,1371^2 - (-57,8342)}}$$

$$r = \frac{0,4715}{\sqrt{335,3022}}$$

$$r = \frac{11,6628}{18,3112}$$

$$r = 0,0257$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pola distribusi waktu selang waktu kerusakan komponen *Unwinder 1* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

**Tabel 9. Rekapitulasi Distribusi Selang Waktu Kerusakan Komponen *Unwinder 1***

Distribusi	<i>Index Of Fit</i>
Weibull	0,015842
Eksponensial	-0,03121
Normal	0,4059
Lognormal	0,0257

Setelah dilakukannya perhitungan secara manual, dapat kita ketahui hasil dimana *index of fit* terbesar adalah 0,4059 yang terdapat pada distribusi normal. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa data selang waktu antar kerusakan komponen *Unwinder 1* adalah berdistribusi normal.

### 5.5 Perhitungan MTTF Komponen *Unwinder 1*

Didasari oleh hasil perhitungan *index of fit*, selang waktu antara kerusakan pada komponen *Unwinder 1* adalah berdistribusi normal. Sehingga parameter yang digunakan yaitu  $\mu$  dan  $\sigma$  berikut perhitungan parameter distribusi untuk komponen *unwinder 1*.

**Tabel 10. Perhitungan Distribusi Normal pada Komponen *Unwinder 1***

I	Ti (Hari)	$X_i = \ln t_i$	F (ti)	Yi	$X_i \cdot Y_i$	$X_i^2$	$Y_i^2$
1	62	4,1271	0,1590	0,0890	0,3674	17,0332	0,0079
2	76	4,3307	0,3863	0,0571	0,2476	18,7552	0,0032
3	105	4,6539	0,6136	0,1405	0,6542	21,6593	0,0197
4	56	4,0253	0,8409	0,2518	1,0137	16,2034	0,0634

Total	17,1371	2	0,899	0,5386	2,2831	73,6512
-------	---------	---	-------	--------	--------	---------

Dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n \cdot \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \\
 &= \frac{4 \cdot 0,6386 - 17,1371(0,899)}{4 \cdot 73,6512 - (17,1371)^2} \\
 &= \frac{15,3225 - 15,4063}{294,6052 - 293,6829} \\
 &= \frac{-0,0837}{0,9222} \\
 &= -0,0908 \\
 a &= \frac{(\sum y_i)}{n} - b \frac{(\sum x_i)}{n} \\
 &= \frac{0,899}{4} - (-0,0908) \frac{17,1371}{4} \\
 &= 0,2247 - (-0,0908)(4,2829) \\
 &= 0,6139
 \end{aligned}$$

Setelah nilai  $a$  dan  $b$  diketahui, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $\square$  dan  $\square$ . Perhitungannya sebaga berikut :

$$\begin{aligned}
 \square &= \frac{1}{b} \\
 &= \frac{1}{-0,0908} \\
 &= -11,009 \\
 \square &= -a \cdot \square \\
 &= -0,6139 \cdot (-11,009) \\
 &= 6,7585 \sim 7 \text{ hari.}
 \end{aligned}$$

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai MTTR (*Mean time to repair*) dengan satuan hari. Perhitungan sebagai berikut :

$$MTTR = \square$$

$$MTTR = 7 \text{ hari}$$

## 5.6 Perhitungan Biaya Kerusakan (*Cost of Failure*)

Biaya ini terdiri dari biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.

1. Biaya Komponen

- a. Komponen *Unwinder* 1 terdiri dari 5 unit. Jika salah satu unit mengalami kerusakan, maka semua sensor akan diganti karena dalam komponen tersebut memiliki keterkaitan satu sama lain. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Total biaya Komponen *Unwinder* 1 : Rp.300.000.000

2. Biaya kehilangan produksi didasarkan atas *output* dan laba yang seharusnya diperoleh.

*Output* : 4500 kg/hari  
 Laba/kg : Rp. 70.000/kg  
 Biaya kehilangan produksi =Rp.70.000/kg x4500 kg/hari  
 = Rp. 315.000.000/hari

3. Biaya pencegahan (*cost of preventive*)

Biaya ini terdiri dari biaya pembelian komponen.

*Cp (cost of preventive)* : Rp. 300.000.000

### 5.7 Penentuan Selang waktu pergantian Pencegahan dengan model *Age Replacement*

Untuk mendapatkan selang waktu antar kerusakan ( $t_p$ ) maka dibutuhkan data-data yang telah diperoleh sebelumnya. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan selang waktu penggantian adalah:

1. Data waktu kerusakan komponen berdistribusi normal dengan parameter :

MTTF = 6,75858 hari

$$\bar{x} = \frac{\text{Jumlah } \ln T_i}{n} = \frac{17,1371}{4} = 4,4842$$

$$s^2 = \frac{(\text{Jumlah } \ln T_i - \mu)^2}{n} = \frac{(17,1371 - 4,4842)^2}{4} = 40,0239$$

$$s = \sqrt{40,02} = 6,3245553$$

Data waktu perbaikan adalah 1 hari. Mak  $T_f = T_p = 1$  hari

2. Data *Cf (cost of failure)* dan data *Cp (cost preventive)*

$$\begin{aligned}
 C_f (\text{Cost Failure}) &= \text{Biaya komponen} + \text{biaya kehilangan} \\
 &\quad \text{Produksi} \\
 &= \text{Rp. } 300.000.000 + \text{Rp. } 315.000.000 \\
 &= \text{Rp. } 615.000.000 \\
 C_p (\text{Cost Preventive}) &= \text{biaya komponen} \\
 &= \text{Rp. } 300.000.000
 \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah contoh perhitungan untuk  $t_p = 2$  bulan

$$\begin{aligned}
 1. \quad R(t_p) &= 1 - \square \left( \frac{t-1}{\square} \right) \\
 &= 1 - \square \left( \frac{2-1}{6,3245} \right) \\
 &= 1 - \square (0,1581) \\
 &= 1 - 0,596 \\
 &= 0,404 \\
 2. \quad F(t_p) &= 1 - R(t_p) \\
 &= 1 - 0,404 \\
 &= 0,569 \\
 3. \quad (t_p + T_p) \times R(t_p) &= (2 + 1) \times (0,404) \\
 &= 1,212 \\
 4. \quad M(t_p) &= \frac{MTTF}{1 - R(t_p)} \\
 &= \frac{6,7585}{1 - 0,404} \\
 &= 6,3545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C(t_p) &= \frac{(T_p \cdot R(t_p)) + 1 \cdot (1 - R(t_p))}{((t_p + T_p) \cdot R(t_p)) + (M(t_p) + 1) \cdot (1 - R(t_p))} \\
 &= \frac{(2 \times 0,404) + 1 \cdot (1 - 0,404)}{((0,596 + 2) \times 0,404) + (6,3545 + 1) \times (1 - 0,404)} \\
 &= 0,2584
 \end{aligned}$$

$$T = \text{Age Replacement} = 2 \text{ bulan}$$

Hasil perhitungan selang waktu penggantian yang lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini

**Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Model Age Replacement**

<b>Tp (Bulan)</b>	<b>R(tp)</b>	<b>F(tp)</b>	<b>(tp + Tp) x R(tp)</b>	<b>M(tp) (Hari)</b>	<b>C(tp) (Rp)</b>
1	1	0	2	5,75858	1
2	0,404	0,596	1,212	6,35458	0,258463
3	0,5951	0,4049	2,3804	6,16348	0,444553
4	0,7192	0,2808	3,596	6,03938	0,624598
5	0,7643	0,2357	4,5858	5,99428	0,718063
6	0,5148	0,4852	3,6036	6,24378	0,521503
7	0,6711	0,3289	5,3688	6,08748	0,693372
8	0,2357	0,7643	2,1213	6,52288	0,339058
9	0,3038	0,6962	3,038	6,45478	0,421647
<b>10</b>	<b>0,0778</b>	<b>0,4222</b>	<b>0,8558</b>	<b>6,68078</b>	<b>0,214321</b>
11	0,272	0,728	3,264	6,48658	0,430543
12	0,269	0,731	3,497	6,48958	0,444855

Didasari oleh perhitungan pada tabel diatas, diperoleh  $C(tp)$  paling minimum terdapat pada  $Tp$  10 yaitu 0,214321 atau Rp.214.321 . Sehingga selang waktu penggantian pencegahan yang optimum dengan kriteria minimasi ongkos adalah 10 bulan.

### 5.8 Perhitungan Ongkos Saat Ini dan Usulan

Ongkos perawatan yang dikeluarkan perusahaan saat ini (sebelum adanya penggantian terencana) selama periode tahun 2017 adalah :

*Failure Cost* = biaya komponen + biaya kehilangan produksi

- a. *Failure cost* untuk 1 kali kerusakan :
- $$= \text{Rp. } 300.000.000 + \text{Rp. } 315.000.000$$
- $$= \text{Rp. } 615.000.000,-$$

Perhitungan ongkos perawatan usulan meliputi ongkos penggantian terencana (*preventive replacement cost*) yang didasarkan pada selang waktu penggantian yang telah diperoleh sebelumnya. Perhitungan besarnya ongkos penggantian terencana (*preventive replacement cost*) adalah :

*Preventive Replacement Cost* = Biaya Tenaga Kerja + Biaya komponen

- a. *Preventive Replacement Cost* untuk 1 kali penggantian :

= Rp.214.321,-

b. Jumlah Penggantian

Jumlah operasi mesin periode tahun 2017

= 12 bulan x 30 hari = 360 hari

Jumlah penggantian

=  $360 / 10 = 36$  kali

c. ongkos perawatan usulan :

=  $36 \times \text{Rp. } 214.321$

= Rp. 7.715.556,-

Untuk perhitungan ongkos perawatan usulan dilakukan berdasarkan selang waktu penggantian yang diperoleh dengan menggunakan metode *age replacement*. Komponen ongkos perawatan usulan ini terdiri dari ongkos tenaga kerja dan pembelian komponen.

Besarnya penghematan dan usulan setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel penghematan ongkos perawatan saat ini (sebelum adanya penggantian terencana) dan usulan setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 12. Rekapitulasi Biaya Penghematan dan Usulan**

Komponen	Ongkos Perawatan (Rp./tahun)		Besarnya Penghematan	
	Saat ini	Usulan	Rp	%
<i>Unwinder</i> 1	256.000.000	7.715.556	248.284.444	93,62

penghematan ongkos perawatan komponen *unwinder* 1 yang diperoleh jika perusahaan melakukan kebijakan penggantian komponen kritis secara terencana adalah sebesar Rp.248.284.444 (93,62%)

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan pada bab selanjutnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu yang optimal digunakan dalam penggantian komponen dengan menggunakan metode *age replacement* pada komponen *unwinder 1* adalah sebesar 7 hari dengan selang waktu pergantian komponen selama 10 bulan yang artinya komponen *unwinder 1* harus diganti sebelum beroperasi selama 10 bulan.
2. Dalam menentukan dengan penghematan biaya perawatan yang diperoleh jika perusahaan menerapkan kebijakan penggantian komponen kritis dengan metode *age replacement* adalah sebesar Rp.248.284.444 (90,46%).



## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Nachnul.2013. “*Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*”, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Ariyanto, Budi. 2015. “*Analisis Penggantian Komponen Mesin Tube Splicing Dan Mesin Tube Curing Dengan Distribusi Weibull Dan Perhitungan Efisiensi Biaya di PT Gajah Tunggal Tbk*”. Jurnal MIX, Volume V, No. 1.
- Assauri, Sofyan.1993. “*Manajemen Produksi dan Operasi*”. Lembaga PenerbitFakultas Ekonomi Universitas Indonesia : Jakarta.
- Corder, Anthony S.1996. “*Teknik Manajemen Pemeliharaan*”. Erlangga: Jakarta.
- Dania, W.A.P, dkk. 2011. “*Aplikasi Optimal Preventive Replacement Age Model Untuk Menentukan Jadwal Penggantian Komponen Dumping Grate pada MesinKetel Uap*”.JurnalTeknologi Pertanian.Vol.12. No.1.
- Darmo, Suryo.2009. “*Manajemen perawatan dan Pemeliharaan Mesin Industri*”Lembaga Penerbit Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Hariastuti, Ni Luh Putu. 2013. “*Aplikasi Ages Replacement Methods Dalam Menentukan Optimasi Penjadwalan Perawatan Kendaraan*”. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.
- Hartono, Gunawarman.2014,“*Analisis Efektifitas Mesin Overhead Crane DenganMetode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. BTU, DivisiBoarding Bridge*”, Jurnal INASEA, Vol. 15 No.1.
- Hasriyono, Miko.2009“*Evaluasi Efektifitas Mesin Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Hadi Baru*“, Tugas Akhir JurusanTeknik Industri Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hutagaol, Henry Joy.2009. “*Penerapan Total Produktive Maintenance untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi dengan Menggunakan Metode OverallEquipment Effevtiveness di PT. Perkebunan Nusantara III Gunung Para*”.Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Iswanto, Apri Heri.2009. “*Manajemen Pemeliharaan Mesin Mesin Produksi*” TugasAkhir Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Jardine, A.K.S. 1973. *Maintanance, Replacement, and Reliability*. Canada : Pitman Publishing
- Kurniawan, Fajar.2013. “*Manajemen Perawatan Industri*”. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Rahayu, Andita.2009.”*Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln Dengan Penerapan TotalProductive Maintenance Pada Pabrik II/III PT Semen Padang*”  
Jurnal teknik Industri Universitas Andalas.Padang.
- Rajagukguk, Kristina. 2010. *Analisis Perbandingan Sistem Perawatan Antara Metode Age Replacement Atau Block Replacement Berdasarkan Selang Waktu Dan Ongkos Perawatan Studi Kasus PT. PDM Indonesia*. Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Saedudin, Rd. Rochman, dkk. 2014. *Penjadwalan Penggantian Komponen Untuk Mesin Printing Menggunakan Model Age Replacement*. Bandung. Universitas Telkom.
- Virgiawan, Septiana. 2015. *Usulan Perbaikan Interval Waktu PenggantianKomponen Kritis Pada Mesin Conveyor DenganMenggunakan Metode Age Replacemant di PT. Sumber Djantin*.  
Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Tanjung pinang.
- Widyaningsih, Sri Astuti.2011. “*Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada MesinProduksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Kehandan Mesin DenganMetode Reliability Centered Maintenance (RCM)*”.Tugas Akhir TeknikIndustri Universitas Indonesia.

## LAMPIRAN

1. Jenis Cacat Roll Putus dalam Gulungan dan Cacat Roll Cembung

