

**USULAN JADWAL PEMELIHARAAN PENCEGAHAN PENGGANTIAN  
KOMPONEN *HEATER NOZZLE* PADA MESIN INJEKSI PLASTIK  
BERBASIS PENGGANTIAN UMUR DI PT AHM**

**TUGAS AKHIR**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV  
Program Studi Teknik dan Manajemen Industri pada  
Politeknik STMI Jakarta**

**OLEH :  
KARIMA PRATIWI  
NIM. 1113019**



**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.  
JAKARTA  
2017**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama** : **Karima Pratiwi**

**Nim** : **1113019**

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul

**“USULAN JADWAL PEMELIHARAAN PENCEGAHAN PENGGANTIAN KOMPONEN *HEATER NOZZLE* PADA MESIN INJEKSI PLASTIK BERBASIS PENGGANTIAN UMUR DI PT AHM”**

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, assistensi dengan dosen pembimbing dan buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/ Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 15 November 2017

Yang Membuat Pernyataan

**Karima Pratiwi**

## ABSTRAK

Pemeliharaan pencegahan merupakan suatu pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya. PT Astra Honda Motor dalam melakukan pemeliharaan komponen mesin pada mesin *Plastic Injection*, yang dalam hal ini adalah masih bersifat *corrective maintenance*, artinya komponen akan diganti apabila benar-benar telah mengalami kerusakan. Pada mesin injeksi plastik downtime terbesar diakibatkan oleh komponen *Heater Nozzle* yang mengalami kerusakan sebanyak 7 kali dalam satu tahun. Usulan dalam perawatan pencegahan ini difokuskan pada komponen *Heater Nozzle* dalam mesin proses produksi komponen plastik. Data yang digunakan adalah data kerusakan komponen pada Januari sampai dengan Desember 2016. Satuan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah produk, jadi perhitungan diukur dengan seberapa banyak produk yang dapat dihasilkan oleh suatu komponen dalam keadaan yang optimal. Metode yang digunakan untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan adalah berbasis pergantian umur yaitu menentukan interval penggantian pencegahan berdasarkan umur optimal komponen. Dari hasil perhitungan yang dilakukan maka diketahui interval waktu penggantian pencegahan dengan menggunakan metode berbasis pergantian umur untuk komponen *Heater Nozzle* 32000 menit. Berdasarkan hasil perhitungan biaya sebelum melakukan tindakan preventive maintenance sebesar Rp 40.950.000 dan sesudah adanya tindakan preventive maintenance sebesar Rp 33.727.280. Penghematan biaya yang terjadi adalah 17,63%.

**Kata kunci : Komponen Kritis, Pemeliharaan Pencegahan, Minimasi Biaya, Penggantian Umur**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahuwataalla yang telah memberikan berkah dan rahmatNya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan judul **“USULAN JADWAL PEMELIHARAAN PENCEGAHAN PENGGANTIAN KOMPONEN HEATER NOZZLE PADA MESIN INJEKSI PLASTIK BERBASIS PENGGANTIAN UMUR DI PT AHM”**. Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan pemenuhan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Studi D-IV Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta d.h. Sekolah Tinggi Manajemen Industri (STMI) Kementerian Perindustrian RI.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini. Terutama untuk Bapak H. Sudaryanto dan Ibu Almh. Maemunah yang selalu memberikan dukungan dan kasih sayang yang tiada terhingga, Mas Bayu Mas Dilah Mas Egi Mas Agus yang selalu mendukung penulis dalam setiap suasana. Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada :

1. Bapak Dr. Mustofa, ST, MT selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta dan selaku pembimbing penulis dalam menyelesaikan laporan ini
2. Bapak Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT selaku Pembantu Direktur 1 Politeknik STMI Jakarta.
3. Bapak Muhamad Agus, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik dan Manajemen Industri.
4. Seluruh dosen di Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Bapak Prasetyo Bayu, yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di PT Astra Honda Motor.
6. Bapak Bayu, selaku pembimbing yang selalu memberikan ilmu dan saran selama penulis berada pada divisi *plastic injection* di PT Astra Honda Motor.

7. Mas Dian selaku staf *Plastic Engineer* yang tidak pernah bosan untuk memberikan ilmu tentang mesin injeksi kepada penulis.
8. Seluruh staf *engineering, planner, QCO, polimer, MTC*, teknisi, dan operator yang berada dalam struktur organisasi divisi *plastic injection* yang bersedia menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis dan semua ilmu yang diberikan di PT Astra Honda Motor.
9. Mas Rian yang selalu bikin kerusuhan yang membuat penulis selalu semangat dalam pembuatan laporan ini.
10. Sahabat selama-lamanya (Septi, Claudia, Wisnu, Rama, Galih Andhika, Rony) penulis di Politeknik STMI Jakarta yang selalu memberikan semangat moral yang tak pernah berhenti.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan baik dalam tata cara penulisan, peletakkan gambar dan lainnya yang terdapat di dalam laporan ini. Oleh karena itu penulis dengan segala kerendahan hati penulis sangat ingin menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang akan mengevaluasi laporan ini, agar kiranya laporan ini tidak hanya menjadi dokumen biasa tetapi dapat digunakan di masa yang akan datang dan dapat berguna bagi kita semua. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 15 November 2017

Karima Pratiwi

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1. Pemeliharaan .....	6
2.2. Tujuan Pemeliharaan.....	7
2.3. Jenis Pemeliharaan .....	8
2.4. Kegiatan Pemeliharaan.....	9
2.5. Pemeliharaan Pencegahan.....	12
2.6. <i>Corrective Maintenance</i> .....	16
2.7. Konsep Pemeliharaan.....	17
2.8. Fungsi Kerusakan.....	20
2.9. Distribusi Kerusakan.....	22
2.10. Identifikasi Distribusi Kerusakan.....	30
2.11. <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF).....	37
2.12. <i>Downtime</i> .....	38
2.13. Model Penentuan Interval Waktu Penggantian dengan Kriteria Minimasi Biaya Pemeliharaan .....	39
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
3.1 Studi Lapangan.....	43
3.2 Studi Pustaka.....	43

3.3	Perumusan Masalah .....	43
3.4	Tujuan Penelitian .....	44
3.5	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	44
3.6	Analisis dan Pembahasan.....	46
3.7	Kesimpulan dan Saran.....	46
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>47</b>
4.1.	Pengumpulan Data .....	47
4.1.1.	Sejarah Perusahaan.....	47
4.1.2.	Visi dan Misi Perusahaan.....	48
4.1.3.	Struktur Organisasi Perusahaan dan Uraian Jabatan.....	49
4.1.3.1.	Struktur Organisasi .....	49
4.1.3.2.	Uraian Jabatan .....	52
4.1.4.	Tenaga Kerja dan Jam Kerja .....	56
4.1.3.1.	Tenaga Kerja.....	56
4.1.3.2.	Jam Kerja ... ..	56
4.1.5.	Jenis Produk .....	56
4.1.6.	Bahan Baku .....	57
4.1.7.	Proses Produksi .....	60
4.1.8.	Mesin Injeksi Plastik.....	62
4.2.	Pengolahan Data.....	66
4.2.1.	Data Komponen Kritis Mesin Injeksi Plastik .....	67
4.2.2.	Data Waktu Penggantian Kerusakan dan Pencegahan.....	67
4.2.3.	Data Biaya Penggantian Kerusakan dan Pencegahan .....	68
4.2.4.	Perhitungan Selang Waktu antar Kerusakan Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	69
4.2.5.	Perhitungan <i>Index of Fit</i> (IoF) TTF (Time To Failure).....	70
4.2.5.1.	Perhitungan <i>Index of Fit</i> (IoF) TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	71
4.2.5.2.	Pemilihan Distribusi TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	76
4.2.6.	Pengujian Keselarasan Distribusi Terpilih.....	76
4.2.6.1.	Pengujian Keselarasan TTF Komponen <i>Heater</i>	

<i>Nozzle</i> .....	76
4.2.7. Perhitungan Estimasi Parameter Setiap Distribusi Terpilih.....	78
4.2.7.1. Perhitungan Estimasi Parameter Komponen <i>Heater</i>	
<i>Nozzle</i> .....	78
4.2.8. Perhitungan <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF).....	83
4.2.8.1. Perhitungan <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF)	
Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	83
4.2.9. Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan	
Komponen Kritis dengan metode <i>Age Replacement</i> .....	84
4.2.9.1. Perhitungan Interval Waktu Penggantian	
Pencegahan Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	84
4.2.9.2. Perhitungan Biaya Pemeliharaan Saat Ini dan	
Usulan.....	86
<b>BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH.....</b>	<b>88</b>
5.1. Analisa Penentuan Komponen Kritis .....	88
5.2. Analisa Perhitungan Selang Waktu antar Kerusakan .....	88
5.3. Analisa Pemilihan Distribusi Kerusakan Komponen Kritis .....	89
5.4. Analisa Pengujian Keselarasan Distribusi Terpilih.....	89
5.5. Analisa Estimasi Parameter .....	90
5.6. Analisa <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF) .....	90
5.7. Analisa Waktu Penggantian Pencegahan Komponen Kritis.....	91
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>92</b>
6.1. Kesimpulan.....	92
6.2. Saran .....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>93</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>94</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Nilai Parameter $\beta$ .....	24
4.1	Jam Kerja PT Astra Honda Motor .....	56
4.2	Data Kerusakan Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	67
4.3	Data Waktu Penggantian Kerusakan dan Pencegahan.....	67
4.4	Data Perhitungan TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	70
4.5	Perhitungan IoF Distribusi Weibull TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> ...	71
4.6	Perhitungan IoF Distribusi Normal TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> ....	72
4.7	Perhitungan IoF Distribusi Lognormal TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i>	73
4.8	Perhitungan IoF Distribusi Exponential TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	74
4.9	Nilai IoF TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	76
4.10	Perhitungan Uji Keselarasan TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	77
4.11	Perhitungan MLE TTF Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	79
4.12	Iterasi Metode Newton Raphson Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	79
4.13	Iterasi Kelima Metode Newton Raphson Komponen <i>Heater Nozzle</i> ...	81
4.14	Iterasi Keenam Metode Newton Raphson Komponen <i>Heater Nozzle</i> ..	81
4.15	Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen <i>Heater Nozzle</i> .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Pemeliharaan .....	8
Gambar 2.2 <i>Bathtub curve</i> .....	18
Gambar 2.3 Kurva Fungsi Kepadatan Probabilitas.....	20
Gambar 2.4 Kurva Distribusi Weibull .....	23
Gambar 2.5 Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Weibull .....	24
Gambar 2.6 Fungsi Kumulatif Distribusi Weibull.....	24
Gambar 2.7 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Weibull.....	25
Gambar 2.8 Fungsi Keandalan Distribusi Weibull .....	25
Gambar 2.9 Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Eksponensial.....	26
Gambar 2.10 Fungsi Kumulatif Distribusi Eksponensial .....	26
Gambar 2.11 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Eksponensial .....	27
Gambar 2.12 Fungsi Keandalan Distribusi Eksponensial.....	27
Gambar 2.13 Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Normal.....	28
Gambar 2.14 Fungsi Kumulatif Distribusi Normal .....	28
Gambar 2.15 Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Normal.....	29
Gambar 2.16 Fungsi Keandalan Distribusi Normal .....	29
Gambar 2.17 Model Penggantian Umur .....	40
Gambar 3.1 Flowchart Pemecahan Masalah.....	42
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Astra Honda Motor.....	50
Gambar 4.2 Struktur Organisasi Sektor Produksi .....	52
Gambar 4.3 <i>Cover Front K81</i> .....	57
Gambar 4.4 Polypropylene.....	58
Gambar 4.5 Acronitrile Butadiene Styrene.....	59

Gambar 4.6 Masterbatch <i>Black</i> .....	60
Gambar 4.7 <i>Flow Process</i> Part Plastik.....	61
Gambar 4.8 Mesin Injeksi Plastik.....	63
Gambar 4.9 Proses Injeksi .....	66

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini mencakup gambaran besar yang akan diuraikan dalam penelitian ini, mulai dari latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi hingga sistematika penulisan dalam penelitian ini. Pembahasan akan dibahas secara komprehensif lagi pada bab berikutnya.

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu cepat mendorong lahirnya berbagai kemudahan yang diperoleh manusia di setiap bagian dalam kehidupannya. Hal ini dirasakan pula oleh seluruh pelaku industri, dimana kegiatan memproduksi suatu produk yang sesuai dengan keinginan konsumen semakin mudah dan cepat untuk dilakukan, sehingga memacu para pelaku industri untuk berlomba-lomba memenuhi permintaan konsumen secepat mungkin dengan tetap memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan untuk memperoleh laba perusahaan semaksimal mungkin. Keadaan persaingan yang seperti ini memaksa seluruh pelaku industri untuk dapat menyesuaikan dirinya agar mampu bertahan dalam persaingan memenuhi permintaan konsumen tersebut.

Oleh karena itu, para pelaku industri dituntut agar dapat memiliki cara untuk dapat terus memperbaiki seluruh komponen dalam kegiatan industrinya secara berkesinambungan dengan memanfaatkan sumber daya yang ada secara efisien dan efektif sehingga produktivitas kerja dapat meningkat pula. Tidak terkecuali PT Astra Honda Motor yang terus melaksanakan perbaikan-perbaikan mulai dari sistem kerja produksi, kebutuhan bahan baku, kebutuhan tenaga kerja dan lain sebagainya.

Dalam melakukan perbaikan pada sistem kerja produksi, perusahaan terus menerus melakukan perbaikan agar dapat menciptakan sebuah sistem kerja yang produktif, efisien dan efektif. Sistem kerja yang produktif, efektif dan efisien harus dilihat sebagai sebuah satu kesatuan utuh dari berbagai kegiatan kerja yang

dilakukan dalam perusahaan. Kegiatan produksi merupakan “jantung” dari perusahaan manufaktur seperti PT Astra Honda Motor, dimana kegiatan produksi yang dihasilkan berupa kendaraan roda dua (motor). Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh keandalan dan ketersediaan mesin atau alat penunjang proses produksi yang dipergunakan. Mesin atau alat penunjang proses produksi yang tidak beroperasi dengan normal akibat kerusakan dapat menyebabkan terjadinya *downtime*, sehingga mengganggu jalannya proses produksi yang telah direncanakan. Cara yang tepat untuk mengatasi hal tersebut adalah diperlukan suatu pemeliharaan. Pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/ penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Pemeliharaan tersebut terbagi atas pemeliharaan pencegahan dan pemeliharaan perbaikan. Pemeliharaan pencegahan adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala pada saat sebelum mesin mengalami kerusakan, sedangkan pemeliharaan perbaikan adalah perbaikan yang dilakukan saat sudah terjadi kerusakan pada mesin. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk menjaga mesin agar dalam keadaan siap pakai ketika diperlukan dan memperpanjang umur ekonomis mesin. Oleh karena itu, perusahaan harus menerapkan sistem pemeliharaan yaitu pemeliharaan pencegahan pada mesin-mesin produksinya.

PT Astra Honda Motor merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan sepeda motor. Dalam proses pembuatan sepeda motor terdapat beberapa seksi yang ada pada PT Astra Honda Motor. Salah satunya adalah Seksi *Plastic Injection*, pada seksi Plastic Injection terdapat 20 mesin injeksi plastic yang beroperasi, di PI memproduksi part plastik sepeda motor. Kerusakan mesin Injeksi Plastik terjadi akibat rusaknya komponen mesin yang tidak dapat diketahui dengan pasti. Setiap komponen mesin yang berbeda jenisnya memiliki keandalan dan laju kerusakan yang juga berbeda. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukannya kebijakan perawatan yang baik serta memadai

pada saat dibutuhkan. Salah satu bentuk aktivitas perawatan adalah penggantian (*replacement*) komponen yang telah mengalami kerusakan. Pada perusahaan ini sistem penggantian komponen mesin yang diterapkan pada perusahaan ini masih *corrective* (komponen diganti bila terjadi kerusakan) yang mengakibatkan adanya pemberhentian proses produksi secara tiba-tiba. Metode *preventive maintenance* merupakan suatu solusi yang dapat dipertimbangkan dalam memperbaiki kinerja mesin yang ada. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan untuk menanggulangi hal tersebut. Metode *Age Replacement* dapat digunakan untuk menekan terjadinya kerusakan pada komponen kritis mesin Injeksi Plastik dengan cara menentukan waktu penggantian komponen kritis yang paling efektif, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana waktu penggantian komponen yang sering rusak pada mesin Injeksi Plastik ?
2. Bagaimana biaya penggantian komponen yang sering rusak sebelum penggantian pencegahan dan sesudah penggantian pencegahan ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan perumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menghasilkan waktu penggantian komponen yang sering rusak pada mesin Injeksi Plastik berdasarkan umur pakai komponen (*Age Replacement*).
2. Menghasilkan perbandingan perhitungan biaya penggantian pencegahan dan biaya penggantian kerusakan.

## **1.4 Batasan Masalah**

Melihat luasnya bidang yang harus diteliti dan keterbatasan kemampuan yang dimiliki peneliti dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini terdapat pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di PT Astra Honda Motor *Plant 1* Sunter.
2. Penelitian ini dilakukan pada Seksi *Plastic Injection* yaitu pada mesin Injeksi Plastik.
3. Data yang diambil adalah data produksi periode Januari 2016-Desember 2016.
4. Biaya yang diperhitungkan hanya biaya pemeliharaan sebelum pencegahan dan sesudah pencegahan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapatkan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Pihak perusahaan

Untuk memberikan saran kepada perusahaan dalam membuat perencanaan penjadwalan pencegahan terhadap komponen yang sering rusak agar dapat meminimalisir downtime dan biaya pemeliharaan, dan dapat diterapkan pada PT Astra Honda Motor untuk melakukan pemeliharaan pada komponen yang sering rusak tersebut.

2. Pihak peneliti

Mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang selama ini didapat secara akademis, dan mendapatkan tambahan wawasan mengenai dunia kerja secara langsung.

3. Bagi masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu dan informasi untuk melakukan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik, lebih mendalam dan lebih kompleks.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 6 (enam) bab dengan perincian sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat tugas akhir, serta sistematika penulisan.

**BAB II : LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan dan tujuan penelitian dan digunakan sebagai landasan teori dalam menyusun tugas akhir ini.

### BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi pendahuluan dan studi pustaka, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil evaluasi, kesimpulan dan saran.

### BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisi data-data yang diperoleh dari wawancara dan pengamatan. Data berupa dokumen perusahaan yang sudah ada, terdiri dari sejarah umum perusahaan dan struktur organisasi. Selain itu pada bab ini juga dilakukan pengolahan data *downtime* mesin Injeksi Plastik, selanjutnya data tersebut diolah untuk kemudian digunakan dalam metode *Age Replacement*.

### BAB V: ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH

Bab ini berisikan pembahasan dan analisa dari hasil pengumpulan dan pengolahan data mulai dari hasil penjadwalan pemeliharaan komponen yang sering rusak beserta masalah-masalah yang berkaitan dengan pengolahan data tersebut.

### BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan pengolahan dan analisis masalah, serta saran-saran yang mungkin bermanfaat bagi pihak perusahaan.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Pada bab ini memaparkan mengenai studi pustaka yang digunakan dalam penelitian dimulai dari teori pemeliharaan hingga perhitungan pemeliharaan pencegahan. Pada bab ini menjadi landasan untuk melakukan penelitian pada tahap berikutnya.

#### **2.1 Pemeliharaan**

Pemeliharaan adalah kombinasi dari berbagai kegiatan yang dilakukan untuk memelihara fasilitas dan peralatan agar tetap berfungsi dengan baik selama kegiatan produksi berlangsung. Pemeliharaan sangat penting karena apabila kita mempunyai peralatan atau fasilitas maka biasanya kita selalu berusaha untuk tetap mempergunakan peralatan atau fasilitas tersebut. Sama halnya dengan perusahaan pabrik, dimana pimpinan perusahaan pabrik akan selalu berusaha agar fasilitas atau peralatan produksinya dapat dipergunakan dengan baik sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi. Menurut Corder (1996), pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Menurut Assauri (2004), pemeliharaan (maintenance) dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Jadi dengan adanya kegiatan pemeliharaan (maintenance) ini, maka fasilitas atau peralatan pabrik dapat dipergunakan untuk produksi sesuai dengan rencana, dan tidak mengalami kerusakan selama fasilitas atau peralatan tersebut dipergunakan untuk proses produksi atau sebelum jangka waktu tertentu yang direncanakan tercapai. Pemeliharaan merupakan semua tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan atau mengembalikan item atau peralatan kedalam kondisi tertentu. Pada dasarnya program pemeliharaan suatu mesin atau peralatan terbagi menjadi empat tingkatan, yaitu (Defri, 2015):

1. Pemeriksaan

Kegiatan ini berusaha untuk memeriksa kemampuan suatu peralatan dibandingkan dengan standar yang ada berikut prosedur pengetesan yang harus dilakukan.

2. Reparasi dan Pergantian Komponen

Perbaikan atas mesin atau peralatan yang rusak harus segera dilakukan pergantian komponen yang didasarkan atas hasil pemeriksaan dan perbaikan.

3. Perbaikan dan Pembongkaran Mesin

Pada kegiatan ini peralatan diperiksa secara menyeluruh dan selanjutnya di set-up kembali. Ada saat dimana terdapat bagian-bagian yang diganti, diperbaiki atau dibersihkan saja.

4. Penggantian Mesin dan Peralatan

Pergantian ini dilakukan karena ketiga kegiatan diatas dianggap tidak mampu untuk mengembalikan mesin atau peralatan pada kondisi semula.

## 2.2 Tujuan Pemeliharaan

Dalam istilah *maintenance* terdapat dua istilah penting yaitu perawatan dan perbaikan. Perawatan adalah kegiatan yang digunakan untuk mencegah kerusakan, sedangkan perbaikan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan. Terdapat 4 (empat) tujuan pemeliharaan yang utama (Corder, 1996) :

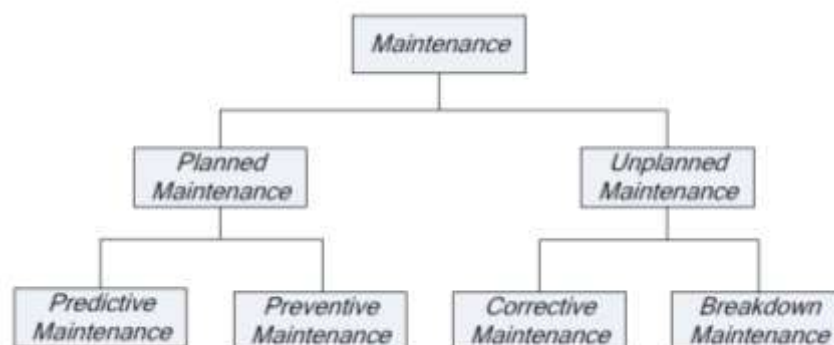
1. Untuk memperpanjang usia penggunaan asset yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan, dan isinya.
2. Untuk mnejamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi yang maksimum.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang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

Sedangkan menurut Assauri (1993), terdapat 6 (enam) tujuan perawatan yaitu:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya rendah.

### 2.3 Jenis Pemeliharaan

Setiap perusahaan memiliki teknik pemeliharaan yang berbeda, banyaknya jenis pemeliharaan yang ada diharapkan dapat menjadi alternatif bagi perusahaan agar dapat melakukan kegiatan pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi yang dialami oleh perusahaan. Terdapat dua jenis pemeliharaan, yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tidak terencana (*unplanned maintenance*).



## Gambar 2.1 Jenis Pemeliharaan

(Sumber : Dania, 2011 )

### 1. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Pemeliharaan terencana adalah pemeliharaan yang dijadwalkan dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya (Corder, 1996). Terdapat tiga jenis pemeliharaan terencana, antara lain:

#### a. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

*Preventive Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentukan sebelumnya, atau terhadap criteria lain yang diuraikan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan bagian bagian lain tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima.

#### b. *Predictive Maintenance*

*Predictive Maintenance* adalah pemeliharaan pencegahan yang diarahkan untuk mencegah kegagalan suatu sarana, dan dilaksanakan dengan memeriksa mesin-mesin tersebut pada selang waktu yang teratur dan ditentukan sebelumnya, pelaksanaan tingkat reparasi selanjutnya tergantung pada apa yang ditentukan selama pemeriksaan.

### 2. Pemeliharaan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Adalah suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan. *Unplanned Maintenance* terbagi atas 2, yaitu:

#### a. Pemeliharaan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

*Corrective Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian yang terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

#### b. *Breakdown Maintenance*

Adalah suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan. Cara ini dilakukan apabila efek *failure* tidak bersifat signifikan terhadap operasi ataupun produksi.

## 2.4 Kegiatan Pemeliharaan

Dalam pemeliharaan terdapat kegiatan yang harus dilakukan untuk menunjang keberhasilan dari pemeliharaan, menurut Assauri (2008) semua tugas atau kegiatan pemeliharaan dapat digolongkan ke dalam salah satu dari lima tugas pokok yang berikut:

### 1. Inspeksi (*inspection*)

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala (*routine schedule check*) bangunan dan peralatan pabrik sesuai dengan rencana serta kegiatan pengecekan atau pemeriksaan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan dan membuat laporan-laporan dari hasil pengecekan atau pemeriksaan tersebut. Maksud kegiatan inspeksi ini adalah untuk mengetahui apakah perusahaan pabrik selalu mempunyai peralatan/fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi. Jika seandainya terdapat kerusakan, maka dapat segera diadakan perbaikan-perbaikan yang diperlukan sesuai dengan laporan hasil inspeksi, dan berusaha untuk mencegah sebab-sebab timbulnya kerusakan dengan melihat sebab-sebab kerusakan yang diperoleh dari hasil inspeksi. Oleh karena itu hasil laporan inspeksi haruslah memuat keadaan peralatan yang diinspeksi, sebab-sebab terjadinya kerusakan bila ada, usaha-usaha penyesuaian atau perbaikan kecil yang telah dilakukan dan saran-saran/usul-usul perbaikan atau penggantian yang diperlukan.

Laporan hasil inspeksi dibuat dan diberikan oleh bagian pemeliharaan untuk pemimpin perusahaan, dan laporan ini sangat berguna bagi pimpinan. Misalnya laporan tentang mesin atau peralatan yang sering rusak, merupakan bahan pertimbangan bagi pimpinan perusahaan untuk dapat mengambil keputusan, apakah mesin atau peralatan tersebut perlu diganti atau tidak.

### 2. Kegiatan teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan pengembangan peralatan atau komponen peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut. Dalam kegiatan inilah dilihat

kemampuan untuk mengadakan perubahan-perubahan dan perbaikan-perbaikan bagi perluasan dan kemajuan dari pembangunan dan peralatan pabrik. Oleh karena itu kegiatan teknik ini sangat diperlukan terutama apabila dalam perbaikan mesin-mesin yang rusak tidak diperoleh/didapatkan komponen yang sama dengan yang dibutuhkan. Dalam hal ini perlu diadakan perubahan-perubahan atau perbaikan-perbaikan tertentu terhadap komponen dan mesin-mesin yang bersangkutan, agar mesin tersebut dapat bekerja kembali.

Dalam kegiatan teknik ini termasuk pula kegiatan penyelidikan sebab-sebab terjadinya kerusakan pada peralatan tertentu dan cara-cara atau usaha-usaha untuk mengatasi/memperbaikinya yang sangat diperlukan dalam kegiatan produksi. Dalam mengetahui sebab-sebab ini, maka dengan kegiatan teknik dapat atau harus pula diusahakan atau dibuat alat-alat penjaga atau pencegah terjadinya kerusakan pada masa-masa yang akan datang. Di samping itu dalam kegiatan ini dipelajari spesifikasi mesin dan usaha-usaha agar mesin dapat bekerja lebih efektif dan efisien.

### 3. Kegiatan produksi

Kegiatan produksi ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu memperbaiki dan mereparasi mesin-mesin dan peralatan. Secara fisik, melaksanakan pekerjaan yang disarankan atau diusulkan dalam kegiatan inspeksi dan teknik (*engineering*), melaksanakan kegiatan pelayanan (*service*) dan peminyakan (*lubrication*). Kegiatan produksi ini dimaksudkan agar kegiatan pengolahan pada pabrik dapat berjalan lancar sesuai dengan rencana, dan untuk ini diperlukan usaha-usaha perbaikan segera jika terdapat kerusakan pada peralatan.

### 4. Pekerjaan administrasi (*clerical work*)

Pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen atau *spareparts* yang dibutuhkan, *progress report* tentang apa yang telah dikerjakan, waktu dilakukannya inspeksi dan

perbaikan, serta selamanya perbaikan tersebut, dan komponen atau *spareparts* yang tersedia di bagian pemeliharaan. Jadi dalam kegiatan pencatatan ini termasuk penyusunan *planning* dan *scheduling*, yaitu rencana kapan suatu mesin harus dicek atau diperiksa, diminyaki/ di *service* dan direparasi.

Pekerjaan administrasi (clerical work) ini merupakan kegiatan administrasi dari pekerjaan pemeliharaan yang menjamin adanya catatan-catatan mengenai kegiatan atau kejadian-kejadian yang penting dari bagian pemeliharaan.

#### 5. Pemeliharaan bangunan (*House keeping*)

Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya. Jadi kegiatan ini meliputi pembersihan dan pengecatan gedung, pembersihan toilet, pembersihan halaman dan kegiatan pemeliharaan peralatan lain yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian pemeliharaan (*maintenance*).

### 2.5 Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Menurut Assauri (2008) *preventif maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Sedangkan menurut Heizer dan Render (2010) *preventive maintenance* adalah suatu rencana yang mencakup inspeksi rutin, perawatan rutin, dan pemeliharaan fasilitas untuk mencegah terjadinya kegagalan. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan pencegahan akan terjamin kelancaran kerjanya dan akan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap setiap saat. Berdasarkan hal tersebut maka memungkinkan pembuatan suatu rencana jadwal perawatan dan rencana produksi yang lebih tepat dan efektif dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk kedalam golongan *critical unit*. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam golongan *critical unit* apabila :

1. Kerusakan fasilitas akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.

2. kerusakan fasilitas atau peralatan produksi akan membahayakan keselamatan atau kesehatan para pekerja.
3. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
4. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut cukup besar dan mahal. Apabila pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) dilaksanakan pada fasilitas-fasilitas atau peralatan yang termaksud dalam “*critical unit*”, maka tugas-tugas pemeliharaan (*maintenance*) dapatlah dilakukan dengan suatu perencanaan yang intensif untuk unit yang bersangkutan, sehingga rencana produksi dapat dicapai dengan jumlah hasil produksi yang lebih besar dalam waktu yang lebih singkat (Assauri, 2008).

Menurut Assauri (2008) dalam praktiknya *preventive maintenance* yang dilakukan oleh suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas 2 macam, yaitu *routine maintenance* dan *periodic maintenance*.

1. *Routine Preventive Maintenance*

*Routine preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari. Sebagai contoh dari kegiatan pemeliharaan rutin (*routine maintenance*) adalah pembersihan fasilitas/peralatan, pelumasan (*lubrication*) atau pengecekan oliya, serta pengecekan isi bahan bakarnya dan mungkin termaksud pemanasan (*warming up*) dari mesin-mesin selama beberapa menit sebelum dipakai beroperasi sepanjang hari. Dengan adanya keterlibatan operator mesin terhadap kegiatan ini dapat mengurangi keterlibatan personel pemeliharaan dalam mengerjakan tugas harian ini.

2. *Periodic Maintenance*

*Periodic maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara berkala atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali, lalu meningkat setiap bulan sekali, dan akhirnya setiap satu tahun sekali. Pemeliharaan periodik (*Periodic maintenance*) dapat dilakukan pula dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal kegiatan, misalnya setiap seratus jam kerja

mesin sekali dan seterusnya. Jadi kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) ini tetap secara periodik atau berkala. Kegiatan pemeliharaan periodik (*periodic maintenance*) adalah jauh lebih berat dari pada *routine maintenance*. Sebagai contoh dari kegiatan *periodic maintenance* adalah pembongkaran karburator ataupun pembongkaran alat-alat di bagian sistem aliran bensin, penyetelan katup-katup pemasukan dan pembuangan silinder mesin dan pembongkaran mesin/fasilitas tersebut untuk penggantian roda (*bearing*), serta *service* dan *overhaul* besar ataupun kecil.

Menurut Ebeling (1997) *preventive maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, umumnya secara periodik, dimana sejumlah tugas pemeliharaan seperti *inspeksi*, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan dan penyesuaian dilaksanakan. Tindakan perawatan pencegahan dilakukan untuk menghindari kerusakan pada suatu peralatan atau sistem, tapi pada kenyataannya mungkin tidak dapat diketahui bagaimana cara untuk menghindari adanya kerusakan. Ada empat faktor dasar dalam memutuskan penerapan *preventive maintenance* :

1. Mencegah terjadinya kegagalan.
2. Mendeteksi kegagalan.
3. Mengungkap kegagalan tersembunyi (*hidden failure*).
4. Tidak melakukan apapun karena lebih efektif daripada dilakukan penggantian.

Dengan mengidentifikasi keempat faktor dalam melaksanakan *preventive maintenance*, terdapat empat kategori dalam mengspesifikasikan *preventive maintenance*. Keempat kategori tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Time Directed Maintenance* adalah perawatan yang diarahkan secara langsung pada pencegahan kegagalan atau kerusakan. Kebijakan perawatan yang sesuai untuk diterapkan pada *Time Directed Maintenance* adalah *periodic maintenance* dan *on condition maintenance*. *Periodic maintenance* (*hard time maintenance*) adalah perawatan pencegahan yang dilakukan secara terjadwal dan bertujuan untuk mengganti sebuah komponen atau sistem

berdasarkan interval waktu tertentu. *On condition maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan .

2. *Condition Directed Maintenance* adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan. Kebijakan yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah *Predictive Maintenance*. *Predictive Maintenance* merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan dengan menggunakan sistem *monitoring*.
3. *Failure Finding Maintenance* adalah perawatan yang diarahkan pada penemuan kegagalan tersembunyi, dilakukan dengan cara memeriksa fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk memastikan kapan suatu komponen mengalami kegagalan.
4. *Run to Failure Maintenance* adalah perawatan yang didasarkan pada pertimbangan untuk menjalankan komponen hingga rusak karena pilihan lain tidak memungkinkan atau tidak menguntungkan dari segi ekonomi. Disebut juga sebagai *no schedule maintenance* karena dilakukan jika tidak ada tindakan pencegahan yang efektif dan efisien yang dapat dilakukan, jika dilakukan pencegahan terlalu mahal atau dampak kegagalan yang tidak terlalu *esensial* (tidak terlalu berpengaruh) (Ebeling, 1997).

Menurut Ebeling (1997) kegiatan *preventive maintenance* dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

1. *Subjective Monitoring*

Monitoring yang dilakukan dengan menggunakan indera seperti mendengarkan, melihat, menyentuh, merasakan, dan membaui, kemudian mengestimasi kondisi berdasarkan indera tersebut. Perawatan ini bersifat subjektif karena bergantung pada keahlian operator dalam memonitor kondisi mesin.

2. *Objective Condition Monitoring*

Monitoring yang dilakukan berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh alat ukur. Pada metode ini perawatan dilakukan dengan cara memasang alat ukur pada peralatan/mesin yang tidak sedang beroperasi, kemudian sensor dari alat ukur tersebut akan memberikan informasi bila terjadi penyimpangan.

## 2.6 Corrective Maintenance

*Corrective maintenance* adalah pemeliharaan yang bersifat perbaikan yang terjadi ketika peralatan mengalami kegagalan dan menuntut perbaikan darurat atau berdasarkan prioritas. Dengan *corrective* atau *breakdown maintenance* dimaksudkan adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi. Akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* ataupun telah dilakukan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) tetapi sampai pada waktu tertentu fasilitas atau peralatan tersebut tetap rusak. Jadi dalam hal ini kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) sifatnya hanya menunggu sampai kerusakan terjadi dahulu, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan. Maksud tindakan perbaikan ini adalah agar fasilitas atau peralatan tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi, sehingga operasi atau proses produksi dapat berjalan lancar kembali. Dengan demikian apabila perusahaan hanya mengambil kebijaksanaan untuk melakukan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) saja, maka terdapatlah faktor ketidakpastian (*uncertainly*) dalam kelancaran proses produksinya akibat ketidakpastian atau kelancaran bekerjanya fasilitas, atau peralatan produksi yang ada. Oleh karena itu kebijaksanaan untuk melakukan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) saja tanpa pencegahan (*preventive*) ataupun memacetkan kegiatan produksi apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada fasilitas produksi yang digunakan.

Secara sepintas lalu kelihatan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) saja adalah lebih murah biayanya daripada mengadakan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*). Hal ini adalah benar, selama kerusakan belum terjadi pada fasilitas/peralatan sewaktu proses produksi berlangsung. Tetapi sekali kerusakan terjadi pada fasilitas/peralatan selama proses produksi berlangsung, maka akibat dari kebijaksanaan

pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) saja akan jauh lebih parah dari pada pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*). Di samping itu akan terdapat suatu kenaikan yang melonjak dari biaya-biaya perawatan dan pemeliharaan pada saat terjadinya kerusakan tersebut. Oleh karena *corrective maintenance* ini mahal, maka sedapat mungkin harus dicegah dengan mengintensifkan kegiatan *preventive maintenance*. Di samping itu perlu pula kita pertimbangkan bahwa dalam jangka panjang untuk mesin-mesin yang mahal dan termaksud dalam “*critical unit*” dari proses produksi, *preventive maintenance* akan lebih menguntungkan daripada *corrective maintenance* saja.

## 2.7 Konsep Pemeliharaan

Dalam melakukan pemeliharaan terhadap mesin/peralatan terdapat konsep yang harus dilakukan agar dapat memenuhi kriteria pemeliharaan yang baik diantaranya (Ebeling,1997):

### A. Konsep Keandalan (*Reliability*)

Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas sistem akan memiliki kinerja sesuai fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu (*Ebeling, 1997*). Definisi lain keandalan adalah probabilitas suatu sistem akan berfungsi secara normal ketika digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi yang spesifik. Berdasarkan definisi diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu (Ebeling, 1997):

#### 1. Probabilitas

Setiap elemen dalam suatu sistem akan selalu memiliki umur atau aktual hidup (berfungsi dengan baik) yang berbeda-beda, sehingga terdapat sekelompok elemen yang memiliki rata-rata hidup tertentu. Probabilitas nilai *reliability* adalah berada antara 0-1. Dimana nilai 0 berarti keandalan sangat rendah dan komponen tidak dapat dipakai, sehingga nilai 1 menunjukkan keandalan yang tinggi.

#### 2. Kemampuan yang diharapkan

Hal ini harus digambarkan secara terang atau jelas. Bagi setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. Tujuan yang diinginkan

Kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.

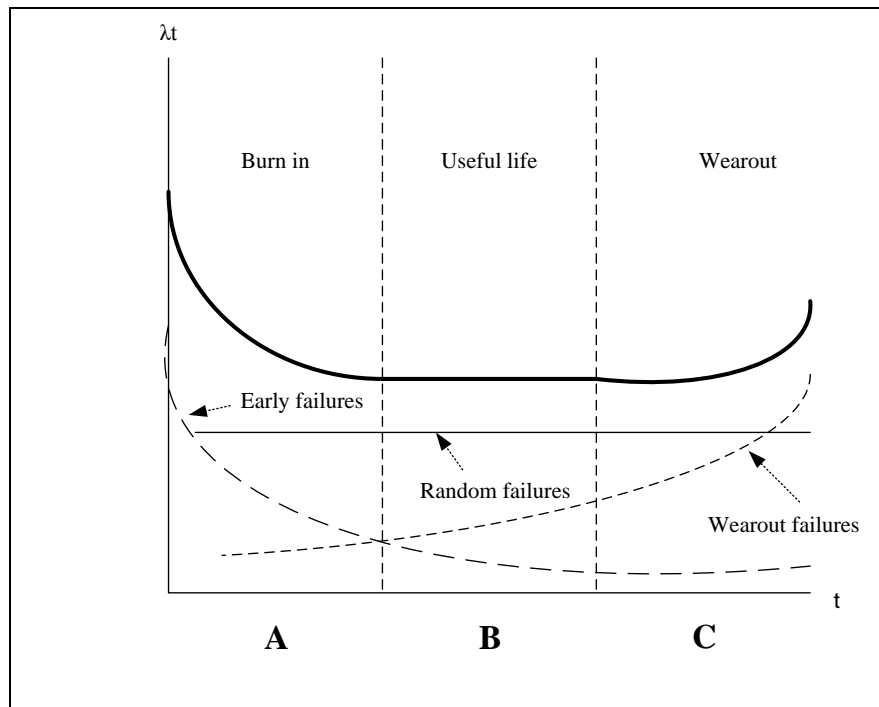
4. Waktu

Waktu merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem.

5. Kondisi operasi

Merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi jalannya operasi sistem tersebut. Faktor ini antara lain: suhu, kelembapan, kondisi listrik, getaran, tekanan, dan faktor lainnya.

Menurut pengertian umum, keandalan dapat dikatakan sebagai sebuah patokan atau standar kemampuan dari suatu komponen untuk dapat berfungsi pada kondisi operasi tertentu selama selang waktu tertentu. Pengetahuan mengenai keandalan suatu sistem terlebih dahulu harus memperhatikan laju kerusakan dari suatu sistem. Laju kerusakan suatu sistem umumnya digambarkan dalam *bathhtub curve* seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.2 *Bathtub curve*  
(Sumber : Ebeling, 1997 )

Keterangan gambar *bathtub curve* :

1. Merupakan kondisi yang terjadi pada fase awal penggunaan suatu alat, dimana laju kerusakan terus menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Kerusakan yang mungkin ditimbulkan pada fase ini adalah kerusakan yang diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh operator dalam menggunakan alat tersebut, rendahnya *quality control*, dan lain-lain.
2. Pada fase ini, kerusakan yang timbul relatif konstan dan salah satu penyebabnya adalah akibat *human error*.
3. Merupakan fase akhir dari penggunaan suatu alat. Fase ini ditandai dengan terjadinya peningkatan kerusakan serta penurunan fungsi dari peralatan tersebut. Pada umumnya, kerusakan yang timbul pada fase ini disebabkan oleh korosi, umur, dan *fatigue* dari alat yang digunakan.

B. Ketersediaan (*Avaibility*)

Ketersediaan adalah peluang suatu sitem atau komponen beroperasi sesuai dengan fungsinya pada jangka waktu tertentu, atau melebihi periode waktu yang seharusnya ketika digunakan, dan dirawat pada kondisi operasi yang ditetapkan

(Ebeling, 1997). Ketersediaan dapat diinterpretasikan sebagai peluang suatu sistem beroperasi untuk waktu yang diperlukan atau sebagai presentase dari waktu, dalam suatu interval waktu dimana sistem itu beroperasi. Ketersediaan berbeda dengan keandalan, dimana ketersediaan adalah probabilitas komponen berada dalam kondisi tidak mengalami kerusakan meskipun sebelumnya komponen tersebut telah mengalami kerusakan dan diperbaiki atau dipulihkan kembali pada kondisi operasi normalnya. Oleh karena itu, ketersediaan sistem tidak pernah lebih daripada keandalan sistem. Ketersediaan mengandung dua komponen utama yaitu keandalan (*reliability*) dan keterawatan (*maintainability*). Tingkat keandalan yang rendah dapat diimbangi dengan usaha peningkatan perawatan sehingga tingkat kecepatan aksi perawatan berpengaruh terhadap tingkat ketersediaan sistem. Seperti halnya pada keandalan dan keterawatan, ketersediaan merupakan probabilitas sehingga teori probabilitas dapat digunakan untuk menghitung nilai ketersediaan.

#### C. Keterawatan (*Maintainability*)

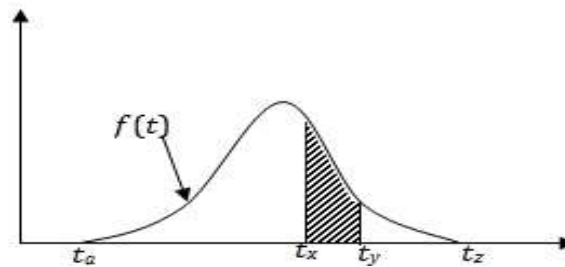
Keterawatan adalah probabilitas bahwa komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki ke dalam suatu kondisi tertentu dalam periode waktu tertentu sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan (Ebeling, 1997). Prosedur perawatan melibatkan perbaikan, ketersediaan sumber daya perawatan (tenaga kerja, suku cadang, peralatan), program perawatan pencegahan, keahlian tenaga kerja, dan jumlah orang yang termasuk di dalam bagian perawatan tersebut.

## 2.8 Fungsi Kerusakan

Ada empat macam fungsi probabilitas yang dapat digunakan dalam menghitung keandalan, yaitu fungsi kemungkinan kepadatan (*probability density function*), fungsi distribusi kumulatif (*cummulative distribution function*), fungsi keandalan (*reliability function*), dan fungsi laju kerusakan (*hazard rate function*).

### 1. Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

Fungsi kepadatan probabilitas merupakan suatu kurva kontinu yang menggambarkan distribusi kerusakan yang persamaan garis kurvanya dinyatakan dengan  $f(t)$ .



Gambar 2.3 Kurva fungsi kepadatan probabilitas

(Sumber : Ebeling, 1997 )

Luas daerah di bawah kurva menyatakan probabilitas terjadinya kerusakan dalam interval waktu tertentu, yaitu terjadi pada selang waktu  $t_x$  dan  $t_y$ , yang secara matematis dinyatakan sebagai :

$$\int_{t_x}^{t_y} f(t) dt$$

Sedangkan probabilitas terjadinya kerusakan dalam selang waktu antara  $t_a$  dan  $t_z$  adalah sama dengan satu yang dinyatakan sebagai :

$$\int_{t_a}^{t_z} f(t) dt = 1$$

Karakteristik kerusakan pada setiap peralatan berbeda-beda. Bahkan bila sejumlah peralatan yang sama dioperasikan pada lingkungan yang sama pun dapat mempunyai karakteristik yang berbeda.

## 2. Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

Fungsi distribusi kumulatif merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu  $t$ , yang dinyatakan sebagai  $F(t)$ .

$$F(t) = \text{Probabilitas kerusakan sebelum waktu } t = \int_{-\infty}^t f(t) dt$$

Jika  $t$  mendekati tak terhingga ( $\infty$ ) maka  $F(t)$  mendekati satu. fungsi ini merupakan laju kerusakan yang terintegrasi.

## 3. Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

Fungsi keandalan merupakan probabilitas bahwa suatu peralatan akan beroperasi tanpa mengalami kerusakan dalam rentang waktu tertentu. Fungsi keandalan dilambangkan dengan  $R(t)$  dan didefinisikan sebagai

$$R(t) = 1 - F(t) \qquad R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

Jika  $t$  mendekati tak terhingga ( $\infty$ ) maka  $R(t)$  mendekati nol, yang berarti keandalan mesin akan mendekati nol.

#### 4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

Fungsi ini memberikan nilai peluang terjadinya kerusakan sesaat dari besarnya peluang reliabilitas mesin pada rentang waktu tertentu. Fungsi ini dilambangkan dengan  $Z(t)$  Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

Bila peluang  $Z(t)$  meningkat sesuai dengan nilai waktu, maka sifatnya disebut laju kegagalan yang meningkat (*Increasing Failure Rate*), sebaliknya jika  $Z(t)$  menurun sesuai dengan nilai waktu disebut laju kegagalan yang menurun (*Decreasing Failure Rate*).

## 2.9 Distribusi Kerusakan

Fasilitas produksi seperti mesin, memiliki karakteristik komponen penyusun yang berbeda-beda. Demikian pula dengan karakteristik kegagalan yang mungkin terjadi. Data kerusakan suatu peralatan atau mesin mengikuti suatu distribusi kerusakan. Distribusi kerusakan adalah informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi. Ada beberapa distribusi kerusakan yang sering digunakan dalam mengidentifikasi fungsi kerusakan dan fungsi reliabilitas, yaitu distribusi normal, distribusi lognormal, Eksponensial dan distribusi Weibull. Distribusi Weibull dapat digunakan pada model yang mengalami laju kerusakan menaik maupun menurun. Distribusi eksponensial dapat digunakan pada model laju kerusakan tidak berubah atau konstan. Distribusi Normal dapat digunakan pada model terjadinya *wearout*

*region*. Distribusi Lognormal memiliki kesamaan dengan distribus Weibull. Berikut ini penjelasan mengenai distribusi-distribusi kerusakan:

1. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling banyak digunakan untuk waktu kerusakan karena distribusi ini baik digunakan untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Terdapat dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini yaitu  $\theta$  yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*), dimana  $\alpha$  dan  $\beta$  lebih besar dari 0.

Tabel 2.1 Nilai Parameter  $\beta$

Nilai	Sifat Distribusi
$0 < \beta < 1$	Fungsi kerusakan menurun (DFR)
$\beta = 1$	Fungsi kerusakan tetap, ekuivalen dengan distribusi eksponensial (CFR)
$1 < \beta < 2$	Fungsi kerusakan meningkat, kurva <i>concave</i> (rata-rata naik secara perlahan)
Nilai	Sifat Distribusi
$\beta = 2$	Fungsi kerusakn linier dengan disribusi <i>Rayleigh</i> (LFR)
$\beta > 2$	Fungsi kerusakan meningkat, kurva <i>convex</i> (rata-rata naik dan terus meningkat tajam/ IFR)
$3 < \beta < 4$	Fungsi kerusakan meningkat, ekuivalen dengan distribusi normal (IFR)

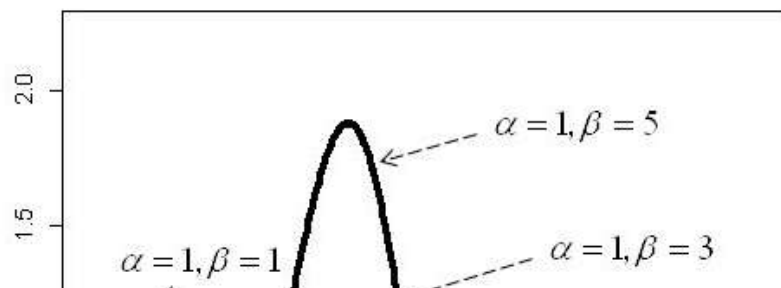
(Sumber: Ebeling, 1997)

Dimana: DFR = *Decreasing Failure Rate*

CFR = *Constan Failure Rate*

LFR = *Liniar Failure Rate*

IFR = *Increasing Failure Rate*



## Gambar 2.4 Kurva Distribusi Weibull

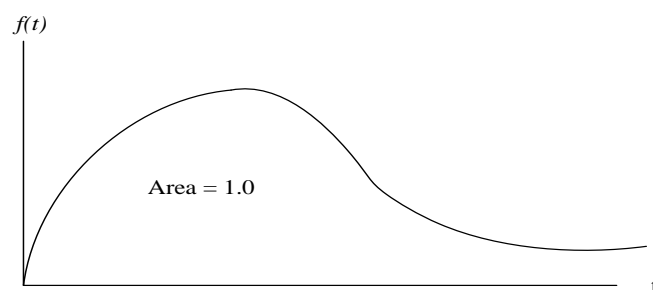
Sumber : Ebeling (1997)

Beberapa fungsi yang ada dalam distribusi weibull 2 parameter yaitu :

a. Fungsi kepadatan probabilitas

Merupakan probabilitas terjadinya kerusakan pada setiap satuan waktu.

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



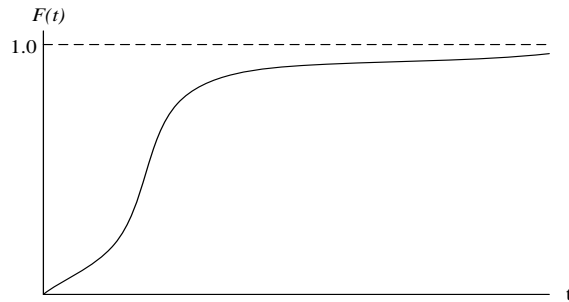
Gambar 2.5 Fungsi kepadatan probabilitas distribusi weibull

Sumber : Ebeling (1997)

b. Fungsi kumulatif distribusi kerusakan.

Merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu  $t$

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



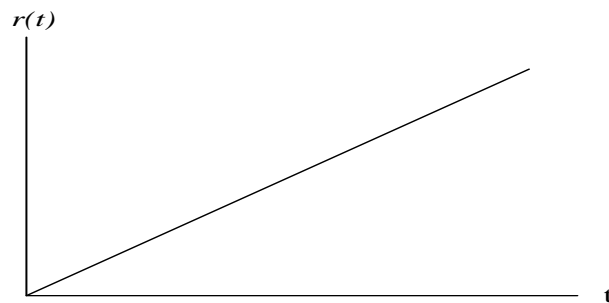
Gambar 2.6 Fungsi kumulatif distribusi kerusakan weibull

Sumber : Ebeling (1997)

c. Fungsi laju kerusakan.

Merupakan gambaran laju kerusakan dalam selang waktu tertentu

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



Fungsi laju kerusakan

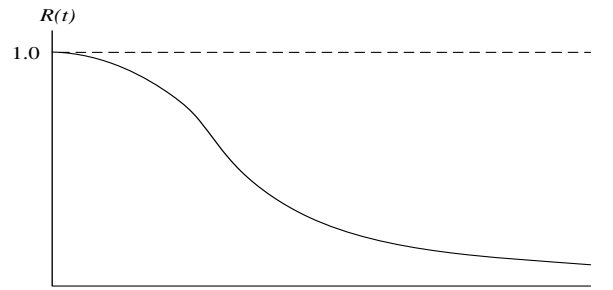
Gambar 2.7 Fungsi laju kerusakan distribusi weibull

Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

d. Fungsi keandalan

Merupakan probabilitas suatu alat/ komponen dapat berfungsi sampai suatu periode  $t$

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



Gambar 2.8 Fungsi keandalan distribusi weibull

Sumber : Ebeling (1997)

## 2. Distribusi Exponential

Distribusi Exponential digunakan untuk menghitung keandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa. Parameter yang digunakan dalam distribusi Exponential adalah  $\lambda$ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

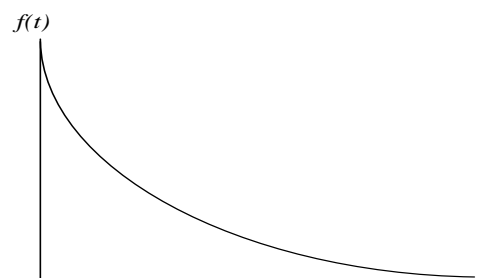
Fungsi-fungsi yang terdapat dalam distribusi ini adalah :

- a. Fungsi kepadatan probabilitas  $f(t)$

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

Untuk  $t > 0$

Dimana :  $\lambda$  = Rata-rata nilai kedatangan kerusakan

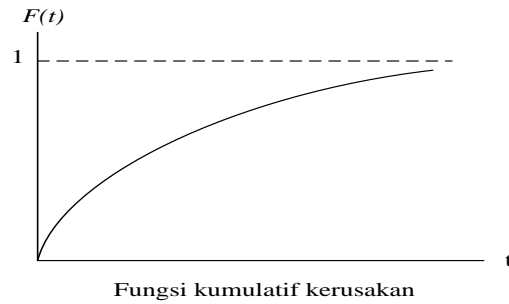


Fungsi kepadatan probabilitas

Gambar 2.9 Fungsi kepadatan probabilitas distribusi eksponensial  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

b. Fungsi kumulatif kerusakan  $F(t)$

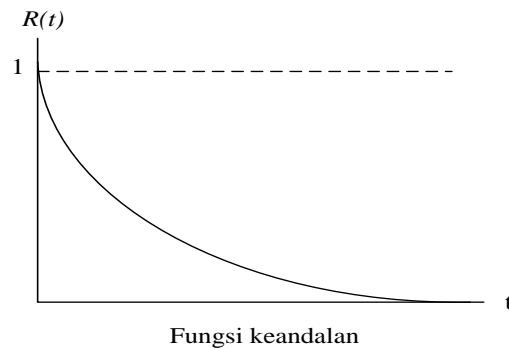
$$F(t) = 1 - e^{-(\lambda t)}$$



Gambar 2.10 Fungsi kumulatif kerusakan distribusi eksponensial  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

c. Fungsi keandalan  $R(t)$

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



Gambar 2.11 Fungsi keandalan distribusi eksponensial  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

d. Fungsi laju kerusakan  $r(t)$

$$r(t) = \lambda$$

Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi eksponensial mendekati pola berikut ini :



Gambar 2.12 Fungsi laju kerusakan distribusi eksponensial  
 Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

### 3. Distribusi Normal

Distribusi Normal cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan (kelelahan) atau kondisi *wearout* dari suatu item. Parameter yang digunakan adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Karena hubungannya dengan distribusi Lognormal, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisa probabilitas Lognormal.

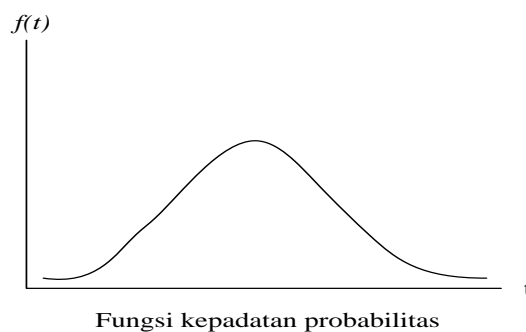
Fungsi-fungsi yang terdapat dalam distribusi ini adalah :

- a. Fungsi kepadatan probabilitas  $f(t)$

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

Dimana :  $\mu$  = Rata-rata dari distribusi

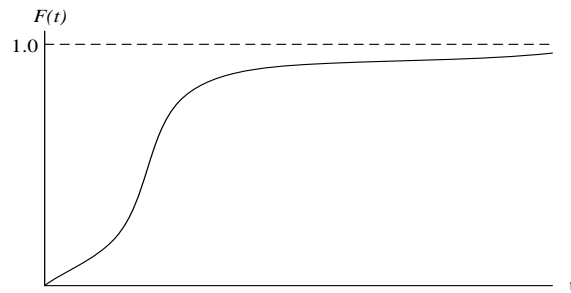
$\sigma$  = Standar deviasi distribusi



Gambar 2.13 Fungsi kepadatan probabilitas ditribusi normal  
 Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

b. Fungsi kumulatif kerusakan  $F(t)$

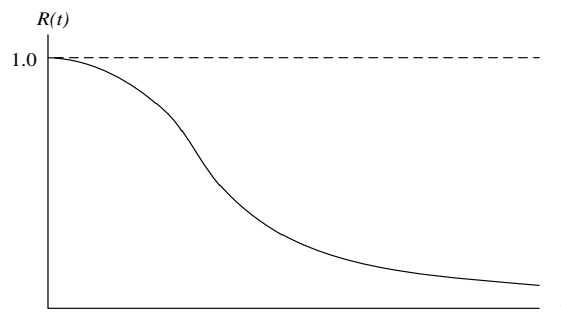
$$F(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^t e^{\left\{ \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\}}$$



Gambar 2.14 Fungsi kumulatif kerusakan distribusi normal  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

c. Fungsi keandalan  $R(t)$

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

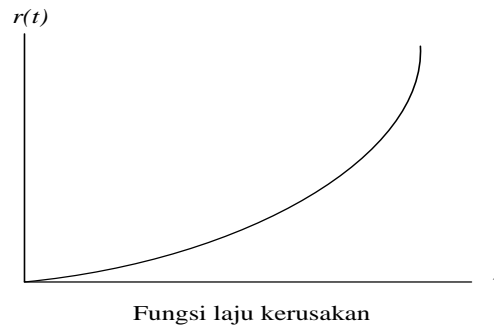


Gambar 2.15 Fungsi keandalan distribusi normal  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

d. Fungsi laju kerusakan  $r(t)$

$$r(t) = \frac{e^{\left\{ \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\}}}{\int_t^{\infty} e^{\left\{ \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\}} dt}$$

Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi normal mendekati pola berikut ini :



Gambar 2.16 Fungsi laju kerusakan distribusi normal  
Sumber : Jardine dan Tsang (2006)

#### 4. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal menggunakan dua parameter yaitu  $s$  yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan  $t_{med}$  sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal.

### 2.10 Identifikasi Distribusi Kerusakan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui distribusi dari suatu data kerusakan melalui tes statistik dalam hal menerima atau menolak suatu hipotesis bahwa suatu kerusakan atau perbaikan yang diteliti berasal dari distribusi tertentu (Ebeling,1997). Pemilihan distribusi ini menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square curve of fitting*). Pada metode ini identifikasi distribusi dilakukan dengan menggunakan *index of fit* yang merupakan ukuran hubungan *linier* antara peubah  $x$  dan  $y$ . Pada metode *least square curve fitting*, distribusi dengan nilai *index of fit* yang terbesar adalah yang dipilih.

#### 1. *Index of fit*

Pengidentifikasi kerusakan atau perbaikan suatu komponen digunakan *index of fit* ( $r$ ) yang merupakan ukuran hubungan linear antar peubah  $x$  dan  $y$  dengan *curve fitting distribution* yang terpilih (*index of fit* terbesar). Perhitungan umum pada metode *least square curve fitting* yaitu:

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

dimana :  $i$  = data waktu ke- $t$

$n$  = Jumlah data yang diamati.

Analisis *regresi* dikembangkan untuk mengkaji dan mengukur hubungan antara dua variabel atau lebih. Analisis ini menggunakan persamaan regresi atau persamaan estimasi yang digunakan untuk mengestimasi nilai dari suatu variabel berdasarkan nilai variabel lainnya. variabel yang diestimasi tersebut adalah variabel dependen (atau variabel terikat) yang dilukiskan pada arah sumbu-  $Y$  (dan karenanya diberi simbol  $y$ ). Sementara variabel yang mempengaruhinya adalah variabel independen (atau variabel bebas) dan dilukis pada sumbu-  $X$  dan lazimnya diberi simbol  $x$ , berdasarkan konsep ini, maka hubungan antara variabel  $y$  dan variabel  $x$  dapat diwakili dengan sebuah garis *regresi*.

$$\hat{y} = a + bx$$

dimana :  $a$  = menyatakan intersepsi atau perpotongan dengan sumbu tegak.

$b$  = kemiringan atau gradiennya.

Lambang  $\hat{y}$  digunakan untuk membedakan nilai ramalan yang dihasilkan garis regresi dengan nilai pengamatan  $y$  yang sesungguhnya untuk nilai  $x$  tertentu. Sedangkan nilai gradien dinyatakan dengan formulasi sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

untuk distribusi weibull, normal dan log normal.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

untuk distribusi eksponensial.

dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi

intersep:  $a = \hat{y} - bx$

Analisis korelasi mencoba mengukur kekuatan hubungan antara dua peubah melalui sebuah bilangan yang disebut *index of fit* atau koefisien korelasi yang dilambangkan dengan r. Dengan koefisien korelasi ini dua peubah dapat diukur hubungannya meskipun memiliki satuan yang berbeda.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

Nilai r berada antar -1 sampai dengan 1, nilai r yang mendekati -1 atau 1 menunjukkan hubungan yang kuat antara dua peubah acak, sedangkan nilai r yang mendekati nol menunjukkan hubungan yang lemah bahkan mungkin tidak ada hubungan antara kedua peubah acak tersebut.

Berikut ini merupakan perhitungan khusus untuk setiap distribusi (Ebeling,1997):

1. Distribusi Eksponensial

$x_i = t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data ke-i

$$y_i = \ln \left( \frac{1}{1 - Ft_i} \right)$$

$$\text{Parameter : } \lambda = b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

dimana : i = urutan data kerusakan (1,2,3,...,n)

$t_i$  = data kerusakan ke-i

n = jumlah data kerusakan

## 2. Distribusi Weibull

$x_i = \ln t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data ke-i

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - F_{t_i}}\right)\right)$$

$$\text{Parameter : } \beta = b \text{ dan } \theta = e^{\left(\frac{-a}{b}\right)}$$

dimana :  $i =$  urutan data kerusakan (1,2,3,...,n)

$t_i =$  data kerusakan ke-i

$n =$  jumlah data kerusakan

$a =$  intersep

$\beta =$  paramter bentuk

$\theta =$  paramter skala

## 3. Distribusi Normal

$x_i = t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data ke-i

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma}$$

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

dimana :  $i =$  urutan data kerusakan (1,2,3,...,n)

$t_i =$  data kerusakan ke-i

$n =$  jumlah data kerusakan

$a =$  intersep

$Z_i =$  indeks dari tabel distribusi normal

$b =$  gradien

$\mu =$  rata-rata

$\sigma =$  standar deviasi

## 4. Distribusi Lognormal

$x_i = \ln t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data ke-i

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{1}{s} \ln t - \frac{1}{s} \ln t_{med}$$

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

dimana :  $i =$  urutan data kerusakan (1,2,3,...,n)

$t_i$  = data kerusakan ke-i

$n$  = jumlah data kerusakan

$a$  = intersep

$Z_i$  = indeks dari tabel distribusi normal

$b$  = gradien

$t_{med}$  = nilai tengah (median)

$s$  = parameter bentuk

## 2. Uji Keselarasan Distribusi

Jika distribusi kerusakan terpilih, maka selanjutnya dilakukan uji statistik, yaitu dengan uji keselarasan (*goodness of fit*) terhadap distribusi tersebut. Uji dilakukan dengan membandingkan antara hipotesis nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi pilihan (Ebeling, 1997). Uji kesesuaian distribusi ini dilakukan dengan membandingkan dua hipotesis yang berlawanan yaitu :

$H_0$ : data kerusakan atau perbaikan menghampiri suatu distribusi tertentu.

$H_1$ : data kerusakan atau perbaikan tidak menghampiri suatu distribusi tertentu.

Pengujian distribusi pada penelitian ini menggunakan uji secara spesifik (*specific test*) yang dikhususkan untuk satu jenis distribusi. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji *Bartlett* untuk distribusi Ekspensial, uji *Mann* untuk distribusi Weibull, serta uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk distribusi Normal dan Lognormal. Berikut ini mengenai pengujian distribusi:

### 1. Uji Bartlett untuk Distribusi Ekspensial

Hipotesis yang digunakan untuk uji ini adalah (Ebeling, 1997):

$H_0$  : Data berdistribusi Ekspensial.

$H_1$  : Data tidak berdistribusi Ekspensial.

$$\text{Uji statistiknya : } B = \frac{2r \left[ \ln \left\{ \left( \frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i \right\} - \left( \frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

Keterangan:  $r$  = jumlah kerusakan

$t_i$  = data waktu kerusakan ke-i

$B$  = nilai uji statistik untuk *Bartlett test*

$H_0$  diterima apabila nilai  $B$  jatuh dalam wilayah kritis:

$$\frac{X_{1-\alpha}^2}{2, r-1} < B < \frac{X_{\alpha}^2}{2, r-1}$$

2. Uji *Mann* untuk Distribusi Weibull

Hipotesis yang digunakan untuk uji ini adalah (Ebeling, 1997):

$H_0$  : Data berdistribusi Eksponensial.

$H_1$  : Data tidak berdistribusi Eksponensial.

$$\text{Uji statistiknya : } \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[ \frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[ \frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]}$$

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor ; k_2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor$$

dimana :  $M_i = Z_{i+1} - Z_i$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$$

Keterangan:  $M$  = nilai uji statistik untuk *Mann's Test*

$t_i$  = data waktu kerusakan ke-i.

$t_{i+1}$  = data waktu kerusakan ke-(i+1)

$r$  = jumlah unit yang diamati.

Bila  $M > F_{erit}$  maka  $H_1$  diterima. Nilai  $F_{erit}$  diperoleh dari tabel distribusi

$F$  dengan  $v_1 = 2k_1$  dan  $v_2 = 2k_2$ .

3. Uji Kolmogorov-Smirnov untuk Distribusi Normal dan Lognormal

Hipotesis yang digunakan untuk uji ini adalah (Ebeling, 1997):

$H_0$  : Data berdistribusi Normal atau Lognormal.

$H_1$  : Data tidak berdistribusi Normal atau Lognormal.

Uji statistiknya adalah :  $D = \max \{D_1, D_2\}$

$$D_1 = \max \left\{ \Phi \left( \frac{t_1 - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

dimana :

$$D_2 = \max \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left( \frac{t_1 - \bar{t}}{s} \right) \right\}$$

$$i = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} \quad \text{dan} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Keterangan :  $t_i$  = data waktu antar kerusakan ke- $i$ .

$t$  = data waktu antar kerusakan.

$s$  = standar deviasi.

$n$  = banyaknya data kerusakan.

Bila  $D_n < D_{erit}$  maka terima  $H_0$ , dan bila sebaliknya maka terima  $H_1$ . Nilai  $D_{erit}$  diperoleh dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov test for Normality*.

3. Penentuan estimasi parameter dengan metode penaksiran kemungkinan maksimum (Maximum Likelihood Estimator/ MLE)

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai parameter-parameter dari distribusi data yang telah dipilih. Masing-masing distribusi memiliki jenis parameter dan cara perhitungan yang berbeda-beda. Estimasi parameter untuk tiap-tiap distribusi menggunakan perhitungan sebagai berikut (Ebeling, 1997):

1. Distribusi Weibull

Untuk distribusi ini, perhitungan estimasi parameter dengan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) diperoleh dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$g(\beta) = \frac{\sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i + (n-r)t_s^\beta \ln t_s}{\sum_{i=1}^r t_i^\beta + (n-r)t_s^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_i = 0$$

Kemudian, MLE mengestimasi nilai parameter  $\theta$  yang didapat dari persamaan:

$$\theta = \left\{ \frac{1}{r} \left[ \sum_{i=1}^r t_i^\beta + (n-r)t_s^\beta \right] \right\}^{\frac{1}{\beta}}$$

Dimana:  $r$  = Jumlah Kerusakan

$t_i$  = Data waktu kerusakan ke  $i$

$t_s$  = Waktu kerusakan = 1

$n$  = Jumlah unit yang diamati

## 2. Distribusi Eksponensial

Untuk distribusi ini, perhitungan estimasi parameter dengan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) diperoleh dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{r}{T}$$

Dimana:  $r$  = Jumlah kerusakan

$T$  = Total waktu pengujian

## 3. Distribusi Normal

Untuk distribusi ini, perhitungan estimasi parameter dengan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) diperoleh dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n-1} \text{ atau } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n-1}}$$

Dimana:  $t_i$  = Data waktu kerusakan ke  $i$

$n$  = Jumlah unit yang diamati

## 4. Distribusi Lognormal

Untuk distribusi ini, perhitungan estimasi parameter dengan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) diperoleh dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n}$$

$$t_{\text{med}} = e^\mu$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}$$

Dimana:  $t_i$  = Data waktu kerusakan ke  $i$

$n$  = Jumlah unit yang diamati

$t_{med}$  = Nilai tengah data kerusakan

### 2.11 Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan. Secara umum waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda. Cara untuk pengukuran keandalan dan keterawatan yang paling sering digunakan adalah *Mean Time To Failure* (MTTF). Berikut ini rumus-rumus untuk menghitung MTTF untuk distribusi Weibull, Eksponensial, Normal, dan Lognormal yang ditunjukkan pada persamaan berikut (Ebeling, 1997):

1. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma(x) = \theta \Gamma(1 + (1/\beta))$$

2. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = 1/\lambda \text{ atau } 1/r$$

3. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

4. Distribusi Lognormal

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

### 2.12 Downtime

*Downtime* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh mesin yang mengalami kerusakan atau berhenti, sampai dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan dan mesin yang digunakan kembali. *Downtime* terdiri dari beberapa unsur, yaitu (Ebeling, 1997):

1. *Supply Delay*

Merupakan waktu yang dibutuhkan oleh personil *maintenance* untuk memperoleh komponen yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses perbaikan.

2. *Maintenance Delay*

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menunggu ketersediaan sumber daya perawatan untuk melakukan proses perbaikan.

3. *Access Time*

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan akses ke komponen yang mengalami kerusakan.

4. *Diagnosis Time*

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menentukan penyebab kerusakan dan langkah perbaikan apa yang harus ditempuh untuk memperbaiki kerusakan.

5. *Repair or Replacement Time*

Merupakan waktu aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pemulihan, setelah permasalahan dapat diidentifikasi dan akses komponen yang rusak dapat dicapai.

6. *Verification and Allingment Time*

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memastikan bahwa unit telah kembali pada kondisi operasi semula.

### **2.13 Model Penentuan Interval Waktu Penggantian dengan kriteria minimasi biaya pemeliharaan**

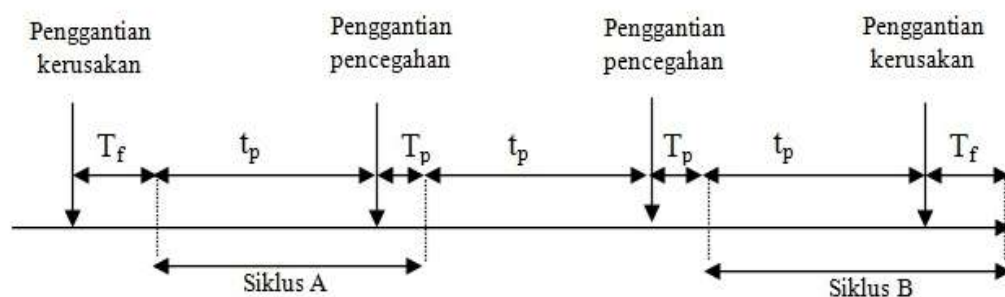
Prinsip pada manajemen pemeliharaan adalah untuk menekan periode kerusakan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan downtime pemeliharaan minimum menjadi sangat penting. Tujuan dilakukannya penggantian pencegahan adalah untuk menentukan waktu terbaik untuk melakukan penggantian pencegahan sehingga dapat meminimasi downtime per unit waktu.

Terdapat dua jenis model standar bagi permasalahan penggantian yang dikemukakan oleh Jardine (2006) yaitu penggantian blok (*Block Replacement*)

dan model penggantian umur (*Age Replacement*). Pada model *block replacement*, tindakan penggantian dilakukan pada suatu interval yang tetap. Model ini bertujuan menentukan interval penggantian optimal diantara penggantian pencegahan untuk meminimasi total *downtime* per unit waktu. Sedangkan pada model *age replacement* penggantian pencegahan dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Tujuan model ini untuk menentukan umur optimal dimana penggantian pencegahan harus dilakukan, sehingga dapat meminimasi total biaya pemeliharaan. Pada penelitian ini hanya menggunakan metode *Age Replacement*.

1. Model penggantian umur. (*Age Replacement*)

Pada model ini pelaksanaan penggantian pencegahan dilakukan dengan tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menurut dilakukannya tindakan penggantian. Terdapat dua macam siklus penggantian pada model ini, siklus pertama ditentukan oleh komponen yang telah mencapai umur penggantian ( $t_p$ ) sesuai dengan yang telah direncanakan atau siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan. Siklus kedua ditentukan oleh komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya atau siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan. Model penggantian umur dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.17 Model Penggantian Umur (*Age Replacement*)

(Sumber: Jardine, 2006)

Dari kedua model diatas, dapat terlihat bahwa dari segi efisiensi biaya penggantian, maka akan lebih efisien bila penentuan selang waktu perawatan

pengecahan dilakukan dengan model penggantian umur. Total *downtime* per unit waktu untuk penggantian pengecahan saat  $t_p$  dinotasikan dengan  $D(t_p)$ .

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

Total ekspektasi *downtime* per siklus (EDS) adalah

$$EDS = [T_p \times R(t_p)] + [T_f (1 - R(t_p))]$$

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS)

$$EPS = [(t_p + T_p) \times R(t_p)] + [(M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))]$$

sehingga

$$D(t_p) = \frac{[T_p \times R(t_p)] + [T_f (1 - R(t_p))]}{[(t_p + T_p) \times R(t_p)] + [(M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))]}$$

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

Dimana:

$D(t_p)$  = Total *downtime* per unit waktu untuk penggantian pengecahan

$T_f$  = Waktu untuk melakukan perbaikan karena kerusakan.

$T_p$  = Waktu untuk melakukan penggantian pengecahan.

$t_p$  = Panjang interval waktu penggantian.

$R(t_p)$  = Fungsi keandalan (probabilitas untuk siklus pengecahan).

$M(t_p)$  = Nilai harapan panjang siklus kerusakan.

Total biaya pemeliharaan per unit waktu untuk penggantian pengecahan saat  $t_p$  dinotasikan dengan  $C(t_p)$ .

$$C(t_p) = \frac{\text{Ekspektasi biaya pemeliharaan penggantian per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}}$$

Total ekspektasi *downtime* per siklus (EDS) adalah

$$EDS = [C_p \times R(t_p)] + [C_f (1 - R(t_p))]$$

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS)

$$EPS = [(t_p + T_p) \times R(t_p)] + [(M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))]$$

Sehingga

$$C(t_p) = \frac{[C_p \times R(t_p)] + [C_f (1 - R(t_p))]}{[(t_p + T_p) \times R(t_p)] + [(M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))]}$$

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

Dimana:

$C(t_p)$  = Total biaya per unit waktu untuk penggantian pencegahan

$T_f$  = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan

$T_p$  = Waktu untuk melakukan penggantian

$t_p$  = Panjang interval waktu penggantian.

$R(t_p)$  = Fungsi keandalan (probabilitas untuk siklus pencegahan).

$M(t_p)$  = Nilai harapan panjang siklus kerusakan.

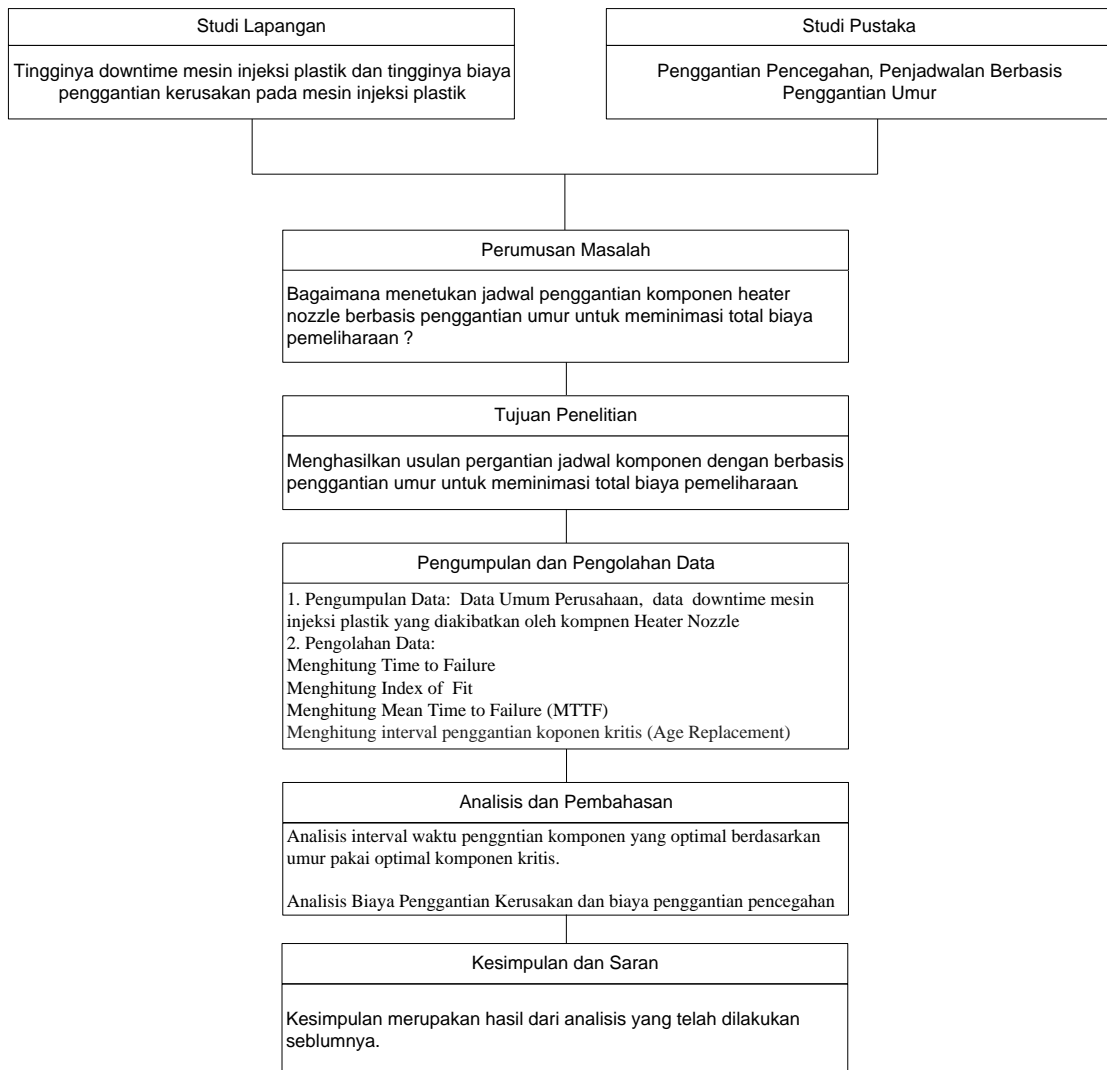
$C_p$  = Biaya penggantian terencana (penggantian pencegahan)

$C_f$  = Biaya penggantian tidak terencana (penggantian kerusakan)

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu cara melakukan sesuatu dengan menggunakan pikiran secara seksama secara sistematis untuk mengumpulkan, mengolah, dan menyimpulkan data dengan menggunakan metode dan teknik tertentu dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan yang dihadapi. Langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis dalam pemecahan masalah ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pemecahan Masalah

### **3.1 Studi Lapangan**

Studi lapangan dilaksanakan untuk mengamati objek yang akan diteliti. Studi lapangan merupakan salah satu proses kegiatan observasi pengungkapan fakta-fakta, dalam proses memperoleh keterangan atau data dengan cara terjun langsung ke lapangan. Studi lapangan berguna untuk berbagi penelitian dan merupakan cara ilmiah yang dilakukan dengan rancangan operasional, serta dapat memberikan hasil yang lebih akurat untuk menghindari kesalahan penelitian, serta dapat menambah pengalaman. Dari studi lapangan diharapkan dapat diperoleh gambaran tentang pendekatan yang sesuai untuk pelaksanaan penelitian.

### **3.2 Studi Pustaka**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dilakukan pula penelitian kepustakaan (*library research*) guna memenuhi dasar teori dalam menyusun tugas akhir ini. Penelitian kepustakaan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari data-data kepustakaan baik yang diperoleh melalui buku-buku, diktat kuliah, jurnal maupun literatur lainnya yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi sehingga dapat menunjang dalam penyusunan tugas akhir ini. Studi pustaka akan digunakan untuk mendapatkan kajian secara teoritis, mengenai metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Selain itu juga dilakukan studi terhadap penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya yang dapat dijadikan pertimbangan dan acuan bagi penelitian yang akan dilakukan.

### **3.3 Perumusan Masalah**

Setelah melakukan studi pendahuluan dan studi pustaka, maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Untuk tahap ini, telah dijelaskan pada bab I.

### 3.4 Tujuan Penelitian

Setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian ini. Tujuan penelitian ini telah disebutkan pada bab I.

### 3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi-informasi yang berkaitan dengan obyek yang akan diteliti. Informasi tersebut akan menjadi dasar dalam melakukan analisis dan pemecahan masalah. Dibutuhkan beberapa data untuk mendukung proses selanjutnya, yaitu proses pengolahan data. Data yang dibutuhkan tersebut diperoleh melalui data rekaman perusahaan, hasil wawancara, serta pengamatan langsung pada proses produksi *part plastic* pada mesin *Plastic Injection*. Adapun data-data yang dikumpulkan telah dijelaskan pada bagian jenis data.

Pada tahap pengolahan data dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan metode-metode yang dipilih guna memecahkan masalah secara baik dan terencana. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

1. Penentuan Komponen yang sering rusak dari Mesin *Plastic Injection*

Komponen kritis adalah suatu komponen dari mesin yang berkontribusi terhadap frekuensi *breakdown* terbanyak dalam kurun waktu tertentu, memiliki nilai *downtime* terbesar, dan berpengaruh terhadap proses produksi.

2. Perhitungan *Time To Failure* (TTF)

Selang waktu antar kerusakan (*time to failure*) adalah selang waktu dari kerusakan komponen yang pertama hingga kerusakan selanjutnya terjadi. Untuk itu diperlukan informasi tanggal dan waktu terjadinya kerusakan hingga waktu selesai dilakukan perbaikan masing-masing komponen. Data selang waktu antar kerusakan ini sebagai langkah awal untuk menentukan dan mengidentifikasi pola kerusakan yang terjadi.

### 3. Identifikasi Distribusi Peluang Kerusakan

Pengidentifikasian distribusi dari data waktu kerusakan dan data waktu perbaikan yang dimiliki dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi dipilih berdasarkan *index of fit* ( $r$ ) terbesar yang mendekati 1. Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi Weibull, Normal, Lognormal, dan Eksponensial.

### 4. Pengujian Keselarasan Distribusi

Setelah diketahui jenis distribusi yang sesuai dengan data kerusakan, selanjutnya dilakukan pengujian keselarasan distribusi dengan *goodness of fit* yang spesifik. Uji keselarasan ini dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipergunakan sesuai apa tidak. Apabila berdasarkan uji tersebut tidak memenuhi kecocokkan, maka diambil distribusi dengan nilai ( $r$ ) terbesar kedua, dan seterusnya. Pengujian yang dilakukan masing-masing distribusi antara lain: *Mann's test* untuk distribusi Weibull, *Bartlett's test* untuk distribusi Eksponensial, dan *Kolmogorov-Smirnov test* untuk distribusi Normal dan Lognormal.

### 5. Estimasi Parameter untuk Tiap Distribusi Terpilih

Perhitungan ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan optimal data secara lebih akurat. Metode yang digunakan dalam penaksiran parameter ini adalah penaksiran kemungkinan terbesar atau *Maximim Likelihood Estimator* (MLE). Parameter yang dihitung nanti akan digunakan dalam perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*)

### 6. Perhitungan Waktu Rata-Rata Antar Kerusakan (MTTF)

Setelah melakukan pengujian terhadap distribusi data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan komponen, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan MTTF dari komponen Heater Nozzle. MTTF adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan.

### 7. Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dilakukan berdasarkan biaya pemeliharaan minimum. Berdasarkan kenyataan bahwa

pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen pemeliharaan adalah untuk menekan biaya pemeliharaan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen berdasarkan biaya pemeliharaan minimum menjadi sangat penting. Setelah dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan, maka kita bisa mengetahui jadwal waktu penggantian pencegahan komponen kritis.

### **3.6 Analisis dan Pembahasan**

Setelah semua data diolah, kemudian dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan dengan menentukan interval waktu penggantian komponen yang optimal berdasarkan kriteria biaya pemeliharaan minimum. Penentuan interval waktu penggantian pencegahan dihitung berdasarkan umur pakai optimal dari komponen kritis.

### **3.7 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan diperoleh setelah memperoleh hasil pengolahan data dan analisa yang dilakukan terhadap data hasil penelitian yang telah diperoleh. Kesimpulan yang diambil sedapat mungkin harus dapat menjawab semua tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian atas dasar kesimpulan tersebut, penulis memberikan saran kepada perusahaan yang diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada kemajuan perusahaan.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan data yang terdiri dari sejarah perusahaan, visi misi perusahaan, waktu kerja operator, waktu kerja mesin, komponen mesin yang sering rusak, biaya pemeliharaan mesin, dan selanjutnya data tersebut akan diolah pada pengumpulan data.

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Kegiatan pengumpulan data merupakan sebuah keharusan dalam menyusun penulisan karya ilmiah. Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang ada. Berikut ini merupakan data yang dikumpulkan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

##### **4.1.1 Sejarah Perusahaan**

PT Astra Honda Motor (AHM) merupakan pelopor industri sepeda motor di Indonesia. Didirikan pada 11 Juni 1971 dengan nama awal PT Federal Motor. Saat itu, PT Federal Motor hanya merakit, sedangkan komponennya diimpor dari Jepang dalam bentuk CKD (*completely knocked down*). Tipe sepeda motor yang pertama kali di produksi Honda adalah tipe bisnis, S 90 Z bermesin 4 tak dengan kapasitas 90cc. Jumlah produksi pada tahun pertama selama satu tahun hanya 1500 unit, namun melonjak menjadi sekitar 30 ribu per tahun dan terus berkembang hingga saat ini. Sepeda motor terus berkembang dan menjadi salah satu moda transportasi andalan di Indonesia.

Seiring dengan perkembangan kondisi ekonomi serta tumbuhnya pasar sepeda motor pada tahun 2001 terjadi perubahan komposisi kepemilikan saham di pabrikan sepeda motor Honda ini. Pada tahun 2001 PT Federal Motor dan beberapa anak perusahaan di merger menjadi satu dengan nama PT Astra Honda Motor, yang komposisi kepemilikan sahamnya menjadi 50% milik PT Astra International Tbk dan 50% milik Honda Motor Co. Japan.

Saat ini PT Astra Honda Motor memiliki 4 fasilitas pabrik perakitan, pabrik pertama berlokasi Sunter, Jakarta Utara yang juga berfungsi sebagai kantor pusat. Pabrik ke dua berlokasi di Pegangsaan Dua, Kelapa Gading. Pabrik ke 3 berlokasi di kawasan MM 2100 Cikarang Barat, Bekasi. Pabrik ke 4 berlokasi di Karawang. Pabrik ke 4 ini merupakan fasilitas pabrik perakitan terbaru yang mulai beroperasi sejak tahun 2014. Dengan keseluruhan fasilitas ini PT Astra Honda Motor saat ini memiliki kapasitas produksi 5.8 juta unit sepeda motor pertahunnya, untuk permintaan pasar sepeda motor di Indonesia yang terus meningkat. Salah satu puncak prestasi yang berhasil diraih PT Astra Honda Motor adalah pencapaian produksi ke 50 juta pada tahun 2015. Prestasi ini merupakan prestasi pertama yang berhasil diraih oleh industri sepeda motor di Indonesia bahkan untuk tingkat ASEAN. Guna menunjang kebutuhan serta kepuasan pelanggan sepeda motor Honda, saat ini PT Astra Honda Motor di dukung oleh 1.800 *showroom* penjualan, 3.600 layanan *service* atau bengkel AHASS (Astra Honda *Authorized Service Station*), serta 7.400 gerai suku cadang, yang siap melayani jutaan pengguna sepeda motor Honda di seluruh Indonesia. Industri sepeda motor saat ini merupakan suatu industri yang besar di Indonesia. Karyawan PT Astra Honda Motor saat ini berjumlah sekitar 18.000 orang.

Pada PT Astra Honda Motor Plant 1 Sunter terdapat 5 departemen produksi, salah satunya adalah departemen produksi 3 yaitu Divisi *Plastic Injection* dan Divisi *Painting Plastic*. Pada divisi *Plastic Injection* terdapat 20 mesin yang memiliki fungsi untuk mencetak part-part yang berbahan dasar plastik.

#### **4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan**

*AHM berusaha untuk menjadi yang terbaik dalam industri sepeda motor di Indonesia, untuk memberi manfaat bagi masyarakat luas, dalam menyediakan alat transportasi yang berkualitas tinggi, sesuai kebutuhan konsumen, dengan harga yang terjangkau, serta didukung oleh fasilitas manufaktur terpadu, teknologi mutakhir, jaringan pemeliharaan, suku cadang dan manajemen kelas dunia. Dan AHM ingin mewujudkan impian konsumen, menciptakan kegembiraan bagi konsumen dan berkontribusi kepada masyarakat Indonesia. AHM memiliki misi untuk menyediakan sepeda motor yang berkualitas tinggi dan handal sebagai sarana transportasi bagi masyarakat yang sesuai kebutuhan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau dan menciptakan solusi mobilitas bagi masyarakat dengan produk dan pelayanan terbaik.*

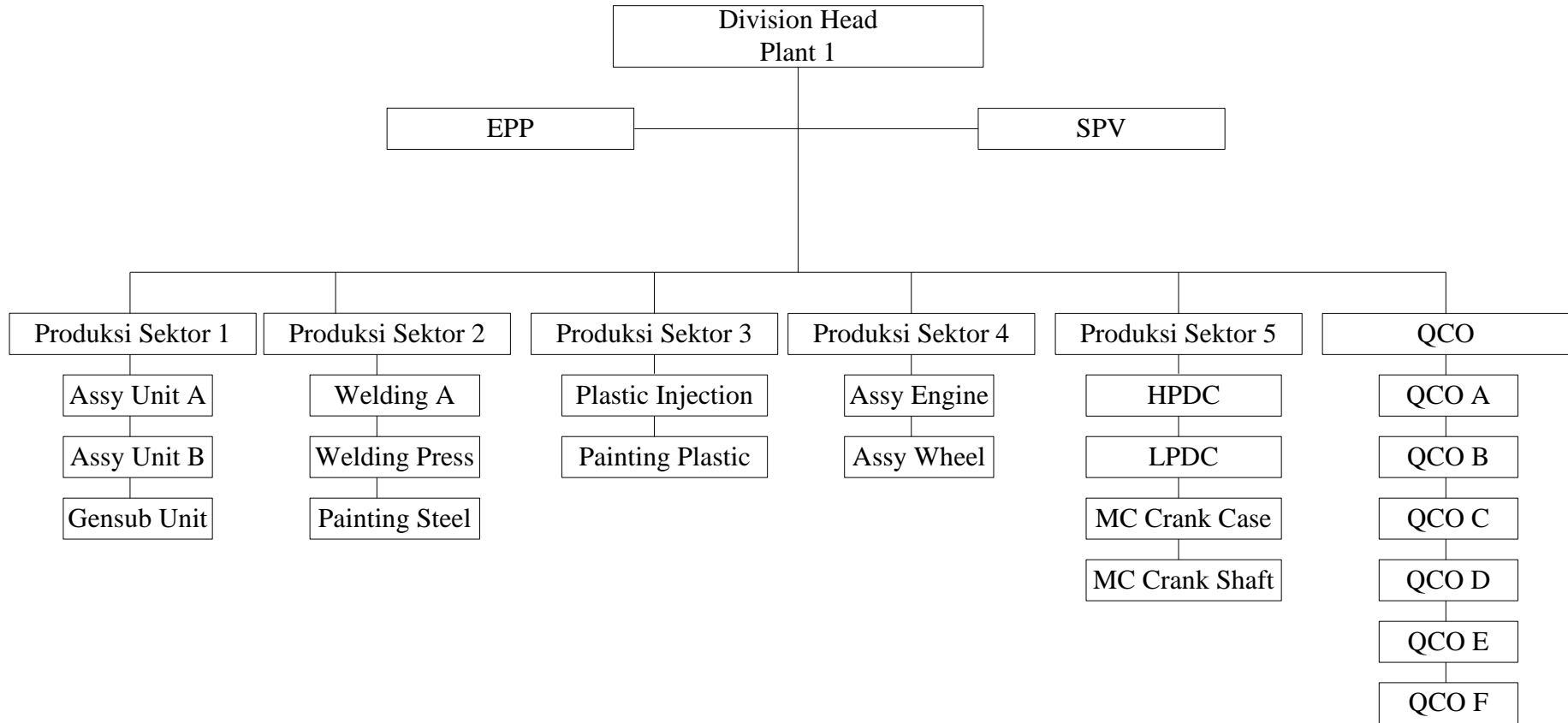
#### **4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan dan Uraian Jabatan**

Didalam sebuah perusahaan struktur organisasi diperlukan agar semua kegiatan yang berkaitan dengan kelancaran tugas yang akan dikerjakan bisa berjalan lancar dan tidak terjadi kesalahan dalam menyelesaikan *job desk* masing-masing. Uraian jabatan diperlukan agar setiap karyawan perusahaan mengetahui uraian pekerjaan apa saja yang wajib dilakukannya.

##### **4.1.3.1 Struktur Organisasi Perusahaan**

Struktur organisasi yang dianut perusahaan ini adalah struktur organisasi garis dan staff dimana asas komando dipertahankan, tetapi dalam kelancaran tugas pemimpin dibantu oleh para staff, dimana staff berperan memberi masukan, bantuan pikiran, saran, dan informasi yang dibutuhkan. Struktur organisasi memiliki peranan penting dalam menentukan dan mempelancar jalannya roda perusahaan. Pendistribusiantugas, wewenang, dan tanggung jawab serta hubungan satu sama lain dapat digambarkan pada struktur organisasi. Setiap perusahaan yang mempunyai tujuan tertentu akan berusaha semaksimal mungkin untuk membuat hubungan kerja sama baik dan harmonis. Struktur organisasi PT Astra Honda Motor terlihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:

**STRUKTUR ORGANISASI PLANT 1 SUNTER  
PT ASTRA HONDA MOTOR**

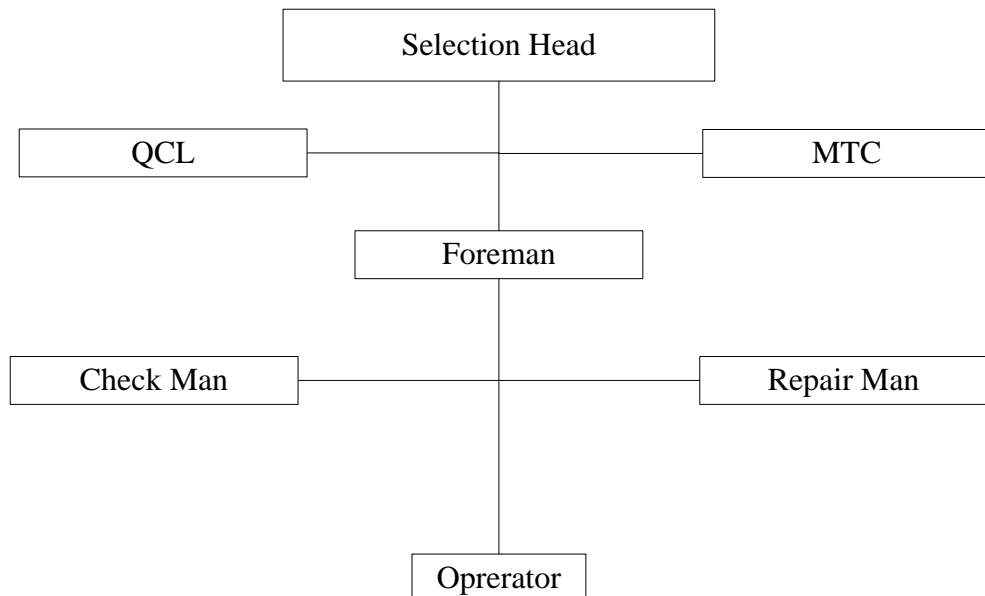


Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Astra Honda Motor Plant 1 Sunter

(Sumber: PT Astra Honda Motor)

PT Astra Honda Motor Plant 1 Sunter terbagi atas lima sektor produksi, pada sektor produksi 1 terdapat *assy unit A*, *assy unit B*, dan *gensub unit*. Pada produksi sektor 2 terdapat *weldingA*, *welding press*, dan *painting steel*. Pada produksi sektor 3 terdapat *plastic injection* dan *painting plastic*. Pada produksi sektor 4 terdapat *assy engine* dan *assy wheel*. Dan terakhir pada produksi sektor 5 terdapat HPDC (*High Pressure Die Casting*), LPDC (*Low Pressure Die Casting*), *mc crank case*, dan *mc crank shaft*. Pada struktur organisasi PT AHM Plant 1 Sunter terdapat divisi QCO (*Quality Control Operational*) yang berfungsi untuk mengontrol kualitas di setiap sector produksi yang ada di PT AHM Plant 1 Sunter. Pengorganisasian melalui pembagian tugas ke beberapa sector produksi maka akan tercipta kinerja yang lebih efektif karena setiap bagian akan bertanggung jawab secara langsung pada tugasnya masing-masing. Struktur organisasi yang baik akan memudahkan pelaksanaan tugas pada masing-masing bagian serta memudahkan pendelegasian wewenang dari atasan kepada bawahannya dan secara tidak langsung dapat menciptakan hubungan yang erat antara atasan dengan bawahannya. Pada kegiatan operasionalnya, dalam menetapkan perencanaan untuk mencapai tujuan, diperlukan susunan atau struktur yang baik sehingga diketahui dengan jelas fungsi dan tugas masing-masing dari setiap divisi dari PT Astra Honda Motor. Selain struktur organisasi keseluruhan yang ada di PT Astra Honda Motor, terdapat struktur organisasi yang ada pada setiap sektor produksi di PT Astra Honda Motor. Struktur organisasi dari tiap sektor produksi terdapat pada Gambar 4.2.

## STRUKTUR ORGANISASI SEKTOR PRODUKSI PT ASTRA HONDA MOTOR



Gambar 4.2 Struktur Organisasi Sektor Produksi

(Sumber: PT Astra Honda Motor)

### 4.1.3.2 Uraian Jabatan

Adapun untuk penjelasan struktur organisasi sektor produksi dari PT Astra Honda Motor, berikut adalah garis besar tugas dan wewenang dari masing-masing berdasarkan struktur organisasi di atas.

Tugas dan wewenang secara umum dari masing-masing anggota sector produksi PT Astra Honda Motor adalah sebagai berikut:

#### 1. *Selection Head*

Wewenang kepala seksi, yaitu:

- a. Memberhentikan produksi apabila terjadi penyimpangan kualitas dan *safety*
- b. Memutuskan *lay-off* produksi atas sepengetahuan *Product Planning Control (PPC)*
- c. Mengambil tindakan administrasi atau sanksi kepada bawahan yang melanggar ketentuan yang berlaku

d. Memberikan penilaian kerja bawahannya

Tugas kepala seksi, yaitu:

- a. Mengatur *loading* pekerjaan sesuai *planning* dan target
- b. Menjalankan line produksi sesuai *Quality, Cost, Delivery, Safety, Morale* (QCDSM)
- c. Menghitung kebutuhan *man power* sesuai dengan kebutuhan produksi
- d. Melakukan *coaching* dan konseling kepada bawahannya
- e. Membuat laporan rutin
- f. Menjadi perantara hubungan antar seksi
- g. Melaksanakan program lingkungan yang menjadi sasaran perusahaan
- h. Melakukan *improvement* produksi, quality, cost, dan safety

## 2. Foreman

Uraian wewenang foreman, yaitu:

- a. Memberikan pengarahan atau nasihat kepada bawahannya yang melakukan pelanggaran
- b. Memberikan sanksi kepada bawahan yang melakukan pelanggaran
- c. Mengusulkan sistem rotasi
- d. Memberi masukan atau pertimbangan kepada kepala seksi dalam membuat penilaian kerja

Uraian tugas foreman, yaitu:

- a. Menjaga kelancaran arus produksi
- b. Mengontrol hasil produksi dalam hal quality dan quantity
- c. Membuat laporan hasil produksi
- d. Mengontrol absensi karyawan
- e. Mengkordinir bawahan sesuai tugas dan stasion
- f. Melatih oprator baru
- g. Melaksanakan program lingkungan dan 5K2S
- h. Menjalankan sesuai dengan sistem yang berlaku

## 3. *Quality Control Leader* (QCL)

Uraian wewenang QCL, yaitu:

- a. Mengusulkan untuk menghentikan produksi kepada foreman dan atau kepala seksi bila ditemukan penyimpangan kualitas
- b. Menginformasikan pada *Quality Control Production* (QCP) untuk menolak part dari seksi sebelumnya bila ditemukan penyimpangan pada part tersebut

Uraian tugas QCL, yaitu:

- a. Memeriksa hasil proses part sesuai standar kualitas
- b. Mengisi checksheet pemeriksaan rutin kualitas
- c. Membantu foreman dalam menyusuri problem identification
- d. Mendata reject sesuai dengan standar yang berlaku
- e. Mengisi *Work Station Inspection Result Data* (WSIRD)

#### 4. *Material Tools and Consumable* (MTC)

Uraian wewenang MTC, yaitu:

- a. Membuat permintaan pembelian peralatan, material dan perlengkapan kerja dengan persetujuan atasan langsung
- b. Mengatur pemakaian perlengkapan kerja sesuai dengan kebutuhan
- c. Menolak barang, yang tidak sesuai dengan *Material Requirement Planning* (MRP)

Uraian tugas MTC, yaitu:

- a. Mengontrol dan mengelola material , perlengkapan kerja, dan sarana kerja produksi
- b. Bertanggung jawab terhadap data stock
- c. Keadministrasian seksi dan membuat *Material Requirement* (MR) membuat laporan data produksi
- d. Mengambil peralatan kerja dari gudang sesuai dengan sistem yang berlaku
- e. Pembukaan pencatatan part atau komponen saat masuk dan keluar
- f. Menyiapkan peralatan dan perlengkapan keperluan produksi
- g. Melakukan pengecekan terhadap peralatan perlengkapan penunjang produksi
- h. Membuat order pengadaan atau perbaikan perlengkapan keperluan

produksi

i. Menyimpan dan merawat peralatan dan perlengkapan kerja yang ada

#### 5. Checkman

Uraian wewenang checkman, yaitu:

- a. Berhubungan dengan part supply dalam hal masalah kekurangan part dan kesalahan part
- b. Menandatangani checksheet untuk part-part yang dikirim dari part supply seksi lain
- c. Menghentikan line sesaat jika terjadi kesulitan pemasangan part

Uraian tugas checkman, yaitu:

- a. Mengontrol beberapa proses kerja operator sesuai dengan OS
- b. Membantu operator apabila operator yang bersangkutan mengalami kesulitan dalam proses perakitan
- c. Memeriksa part-part sebelum dirakit
- d. Mengecek kualitas part dan menerima part dari part supply
- e. Menjalankan tugas yang diberikan atasan
- f. Melaksanakan 5K2S

#### 6. Repairman

Uraian wewenang repairman, yaitu:

- a. Melakukan perbaikan part untuk produksi

Uraian tugas repairman, yaitu:

- a. Melakukan reparasi terhadap part *Not Good* (NG)
- b. Melakukan proses terhadap part NG sehingga dapat diganti dengan part standar
- c. Mengganti part reject dengan *Part Preparation* (PP)

#### 7. Operator

Uraian wewenang operator, yaitu:

- a. Mengoperasikan mesin yang menjadi tanggung jawabnya

Uraian tugas operator, yaitu:

- a. Melaksanakan tugas sesuai dengan standard an proses
- b. Menjaga kualitas dengan check 100% hasil proses

- c. Menjaga 5K2S dan menjalankan OS
- d. Merawat mesin dan menjaga sarana yang ada
- e. Melaksanakan program lingkungan yang menjadi sasaran perusahaan

#### 4.1.4 Tenaga Kerja dan Jam Kerja

PT Astra Honda Motor memiliki tenaga kerja yang berbeda-beda disetiap sector produksi. Pada sector produksi yang mengerjakan perakitan (Assembling) memiliki tenaga kerja lebih banyak dibandingkan dengan tenaga kerja di sector lain.

##### 4.1.4.1 Tenaga Kerja

PT Astra Honda Motormemiliki banyak bagian yang didalamnya terdapat ribuan karyawan, pada seksi plastik injeksi terdapat 134 karyawan yang terbagi dalam divisi masing-masing.Tenaga yang bekerja di seksi plastic injeksi memiliki tingkat pendidikan yang bervariasi dari mulai SMU dan sarjana.

##### 4.1.4.2 Jam Kerja

Dalam kegiatan operasional kegiatan, PT Astra Honda Motor telah menetapkan jam operasional untuk bekerja. Jam operasional kerja di PT Astra Honda Motor dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jam Kerja PT Astra Honda Motor

Shift	Waktu	Istirahat	Persiapan, TPM, 4K
1	07.00 - 16.00	1 X 40 menit 1 X 10 menit	2 X 5 menit
2	16.00 - 24.00	1 X 40 menit 1 X 10 menit	2 X 5 menit
3	24.00 – 07.00	1 X 40 menit 1 X 10 menit	2 X 5 menit

(Sumber : PT Astra Honda Motor)

#### 4.1.5 Jenis Produk

Seksi *Plastic Injection* memproduksi banyak part plastik salah satunya adalah Cover Front dari tipe K81. Gambar dari Cover Front motor tipe K81 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Cover Front K81

(Sumber :PT Astra Honda Motor)

Adapun dalam penelitian ini hanya mengamati mesin yang digunakan dalam produksi plastik.

#### **4.1.6 Bahan Baku**

Polimer adalah senyawa yang besar yang terbentuk dari hasil penggabungan sejumlah unit-unit kecil. Polimer memiliki struktur dan sifat yang rumit, disebabkan oleh besarnya jumlah atom pembentuk yang dimilikinya. Beberapa sifat yang dimiliki polimer antara lain:

1. Kemampuan cetaknya baik. Pada temperatur rendah, bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, dan lain-lain.
2. Produk ringan dan kuat dibandingkan dengan logam dan keramik.
3. Merupakan isolasi listrik yang baik.
4. Ketahanan yang baik terhadap air dan zat kimia.
5. Umumnya bahan polimer lebih murah.

Polimer dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal, salah satunya berdasarkan daya tahan terhadap panas (termal). Klasifikasi polimer berdasarkan daya tahan dibagi menjadi dua jenis:

a. Polimer Termoplastik

Jenis ini merupakan jenis yang tidak tahan terhadap panas. Termoplastik mudah dipanaskan menjadi cair dan mengeras apabila didinginkan, sehingga pembentukan dapat dilakukan berulang-ulang. Salah satu kelebihan dari termoplastik adalah bahan yang telah mengeras dapat diolah kembali. Contoh dari polimer termoplastik adalah Polypropylene (PP), Polivinilklorida (PVC), Polietilena (PE), Acronitrile Butadiene Styrene (ABS), dan lain-lain.

b. Polimer Termoseting

Jenis ini sulit mencair bila dipanaskan. Bentuk molekul-molekul yang mengalami ikatan silang didalamnya mengakibatkan dibutuhkan temperatur yang sangat tinggi untuk mencairkan polimer jenis ini. Sehingga bahan ini sangat sulit untuk didaur ulang kembali. Contoh polimer termoseting adalah epoksi, polyester, plenol, dan lain-lain.

Seksi *Plastic injection* memproduksi part plastik dengan bahan dasar Polypropylene (PP) dan Acronitrile Butadiene Styrene (ABS). PP memiliki ciri yaitu tahan terhadap bahan kimia, memiliki sifat ulet yang baik, penyerapan kadar air yang rendah, ketahanan pukulnya rendah, serta sering digunakan sebagai bahan dasar plastik pada perusahaan manufaktur otomotif. PP memiliki titik leleh yang tinggi yaitu 190-200° C memiliki tingkat kristalisasi antara 130-135° C. Contoh dari PP dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Polypropylene

Sedangkan ABS memiliki sifat yaitu tahan terhadap bahan kimia, stabil terhadap panas, mudah diproses, dan penyerapan kadar airnya tinggi. Selain itu, ABS biasa digunakan untuk part plastik yang nantinya memerlukan pelapisan

cat.ABS juga memiliki sifat higroskopis yaitu memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap molekul air. ABS dapat cair dengan temperature 200-280° C. ABS banyak digunakan untuk gagang telepon, perabotan, interior bagian luar dan dalam kendaraan, serta perlengkapan otomotif lainnya. Contoh ABS dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Acronitrile Butadiene Styrene

Bijih plastik yang digunakan pada pembuatan part plastik masih belum berwarna, dari itu masih diperlukan pewarna yang digunakan sebagai campuran untuk bijih plastik tersebut. Masterbatch adalah bahan yang dapat dicampurkan dengan seluruh jenis polimer untuk digunakan sebagai pewarna. Masterbatch yang disebut sebagai resin carrier ini memiliki beberapa jenis yang kemudian dipilih penggunaannya sesuai dengan jenis polimer yang akan dicampuri. Polimer disini disebut juga sebagai resin aplikasi. Intinya, resin carrier masterbatch yang digunakan harus kompatibel dengan resin aplikasinya. Penggunaan banyak masterbatch yang dicampurkan tergantung dengan warna yang ingin dihasilkan dan sifat dari resin aplikasinya. Pencampuran kedua bahan ini biasanya disebut dengan proses *mixing*. Contoh masterbatch yang digunakan dalam pembuatan part plastik dapat dilihat pada Gambar 4.6.

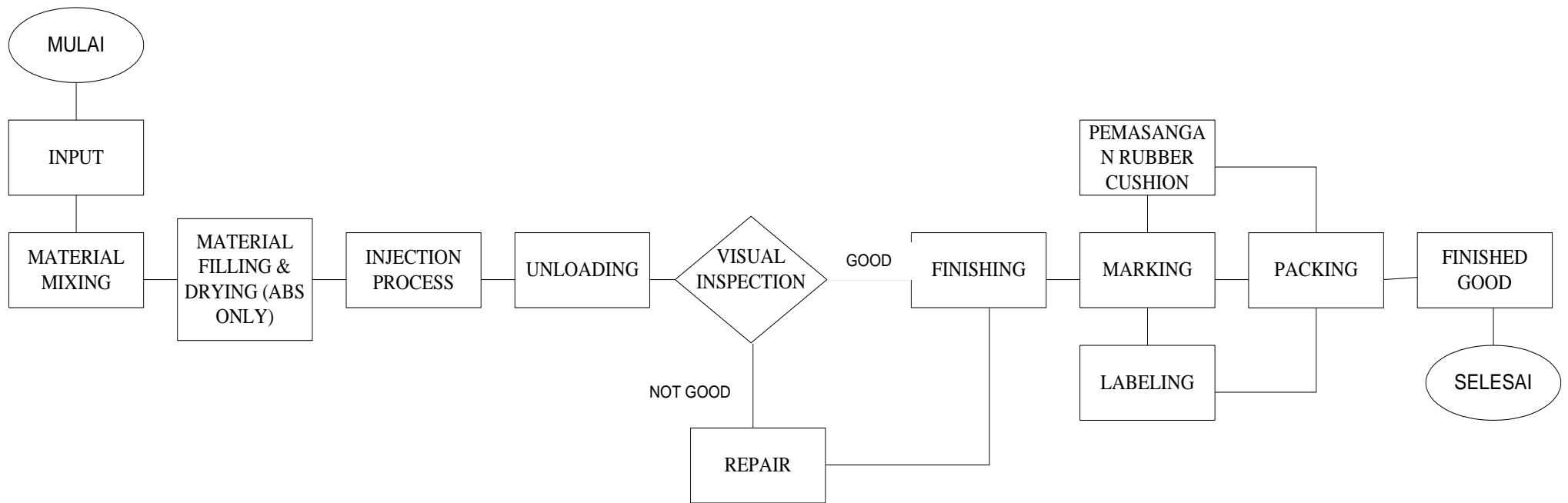


Gambar 4.6 *Masterbatch Black*

#### **4.1.7 Proses Produksi**

Proses Produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti, tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan modal agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia. Proses produksi pada pembuatan *part plastic* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

FLOW PROCESS PLASTIC INJECTION



Gambar 4.7 Flow Process Part Plastic

(Sumber :Pengolahan Data)

Penjelasa flow proses plastik injeksi yang terdapat pada Gambar 4.7 adalah Pertama pada proses *Material Mixing* bahan mentah ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) atau PP (Polypropylene) dicampur dengan masterbatchnya masing-masing sesuai dengan komposisi yang telah di tetapkan, jika pada ABS komposisi masterbach 5% jika produk tersebut tidak membutuhkan proses pengecatan dan 1% jika produk tersebut membutuhkan proses pengecatan.Pada PP komposisi masterbatchnya adalah 3%. Setelah proses pencampuran selesai material di distribusikan ke mesin-mesin menggunakan truk palet secara manual oleh pekerja, tetapi ada juga material yang di distribusikan secara otomatis menggunakan pipa-pipa yang langsung masuk kedalam mesin. Setelah didistribusikan ke mesin-mesin material di masukkan kedalam *Hopper*.Hopper adalah proses pengeringan untuk material khususnya ABS, material PP tidak memerlukan proses *drying* terlebih dahulu. Material ABS perlu proses pengeringan dalam *hopper* menggunakan *circulation heater* dengan temperature 80°C selama 2-3 jam, hal ini dikarenakan sifat higroskopis (mudah menyerap air) ABS. Apabila ABS tidak dikeringkan, dalam prosesnya ABS dapat menyerap molekul air yang akan menyebabkan adanya cacat pada produk. Kemudian, dari *hopper*, material akan melalui barrel sebelum akhirnya mengalami proses injeksi pada molding unit. Pada mesin injeksi tersebut telah di setting dengan *Mold* (Cetakan) yang sesuai dengan jenis part yang akan diproduksi. Setiap *mold* memiliki kriteria yang berbeda, kriterianya dapat dilihat selain dari bentuknya juga dari *cavity*nya. *Mold* dapat memiliki ragam jumlah *cavity* 1-2 *cavity*, satu kali proses melakukan injeksi (*shoot*), proses tersebut dapat menghasilkan 2 part identik sekaligus.

#### **4.1.8 Mesin Injeksi Plastik**

Diawali dari teknologi plastic yang berkembang pada tahun 1800an, John dan Isiyah Hyatt berhasil mematenkan mesin injeksi pada tahun 1872. Terdapat dua jenis mesin yang digunakan untuk proses injeksi plastic. Mesin injeksi horizontal dan mesin injeksi vertical. Pada kesempatan kali ini, hanya

akan dipaparkan mengenai mesin injeksi horizontal, seperti terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Mesin Injeksi Plastik

Mesin injeksi memiliki beberapa tipe tonase, besarnya tonase mesin berpengaruh terhadap gaya tekan yang dapat diberikan saat proses injeksi. Dilihat secara diagram, mesin plastik injeksi horizontal dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu, *clamping unit*, *mold*, dan *injection unit*. Akan dibahas terlebih dahulu detail dari sub bagian mesin tersebut. Yang pertama adalah *clamping unit*. Clamping berfungsi untuk menahan dan mengatur gerakan mold, gerakan ejector ketika melepas benda dari mold, dan mengatur panjang gerakan mold saat akan dibuka. Yang kedua adalah molding unit. Bagian ini merupakan tambahan yang krusial terhadap mesin injeksi plastik karena berperan sebagai alat cetak. Pemasangan mold di mesin injeksi dapat diganti ganti sesuai dengan kebutuhan bentuk part plastik yang ingin dihasilkan. Terdapat beberapa sub bagian dari molding unit:

- a. Cavity Side : merupakan sisi yang berhubungan dengan nozzle pada mesin dan terletak di stationary plate. Stationary merupakan bagian yang tidak bergerak saat proses ejection plastik. Salah satu fungsinya adalah untuk memberi bentuk pada produk plastic yang diinginkan.

- b. Core Side : merupakan sisi yang berhubungan dengan ejector mesin dan terletak di moving plate. Plate ini lah bagian yang bergerak saat proses ejecting plastic. Sama dengan cavity, core juga memberi bentuk pada produksi plastic.
- c. Ejector System : mold mempunyai sistem yang berbeda-beda saat melakukan pelepasan produk yang telah di cetak di cavity. Bagian yang meletakkan sistem inilah yang disebut ejector.

Yang terakhir adalah injection unit. Terbagi menjadi enam bagian besar, diantaranya:

- a. Motor dan Transmission Gear Unit: motor berperan sebagai penghaisl daya yang berfungsi untuk memutar screw pada barel, sedangkan transmission gear unit berfungsi untuk mengatur dan mengalirkan daya dari putaran motor ke dalam screw.
- b. Cylinder Screw Ram: menjaga perputaran screw agar dihasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi plastic.
- c. Hopper: tempat dimasukkannya bijih plastic sebelum ke barrel. Berfungsi untuk menjaga kelembapan polimer karena apabila kandungan air pada material plastik terlalu besar, hasil injeksinya kurang bagus.
- d. Barrel: pada bagian ini terdpsst hesater yang digunakan untuk melelehkan bijih plastik. Selain itu juga berfungsi sebagai selubung yang menjaga aliran lelhan polimer saat bijih plastik sedang dipanaskan heater.
- e. Screw: berfungsi untuk mengalirkan lelehan bijih plastik dari hopper ke nozzle.
- f. Nonreturn Valve: berfungsi untuk menjaga aliran bijih plastik yang sudah meleleh sehingga tidak kembali saat screw berhenti berputar.

Setalah mengetahui seluruh bagian dari mesin injeksi plastic, kini dapat diketahui Gambaran proses dari injeksi plastik. Namun perlu diketahui bahwa sebelum proses injeksi dimulai, ada beberapa hal yang harus di atur terlebih dahulu, terdapat empat parameter yang harus diatur pada mesin injeksi sesuai dengan profil part plastik yang akan dibuat:

- a. Suhu: suhu diatur dari mulai melewati hopper sampai ke ujung nozzle

- b. Kecepatan: digunakan untuk mengukur kecepatan injeksi
- c. Tekanan: digunakan untuk mengatur besar tekanan injeksi. Semakin besar tonase mesin injeksi, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan.
- d. Jarak: mengatur jarak dari screw ke nozzle. Pada jarak tersebut akan terisi volume lelehan polimer yang dibutuhkan untuk membuat part tertentu untuk kemudian di injeksi.

Setelah seting mesin selesai dilakukan, barulah proses injeksi dapat berjalan. Prosesnya secara garis besar dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

#### 1. Proses Drying

Bijih plastic dimasukan melalui hopper.Sesuai dengan fungsinya, yaitu menjaga kelembapan, ada beberapa jenis bijih plastik yang perlu dikeringkan di hopper dan ada juga yang tidak perlu.

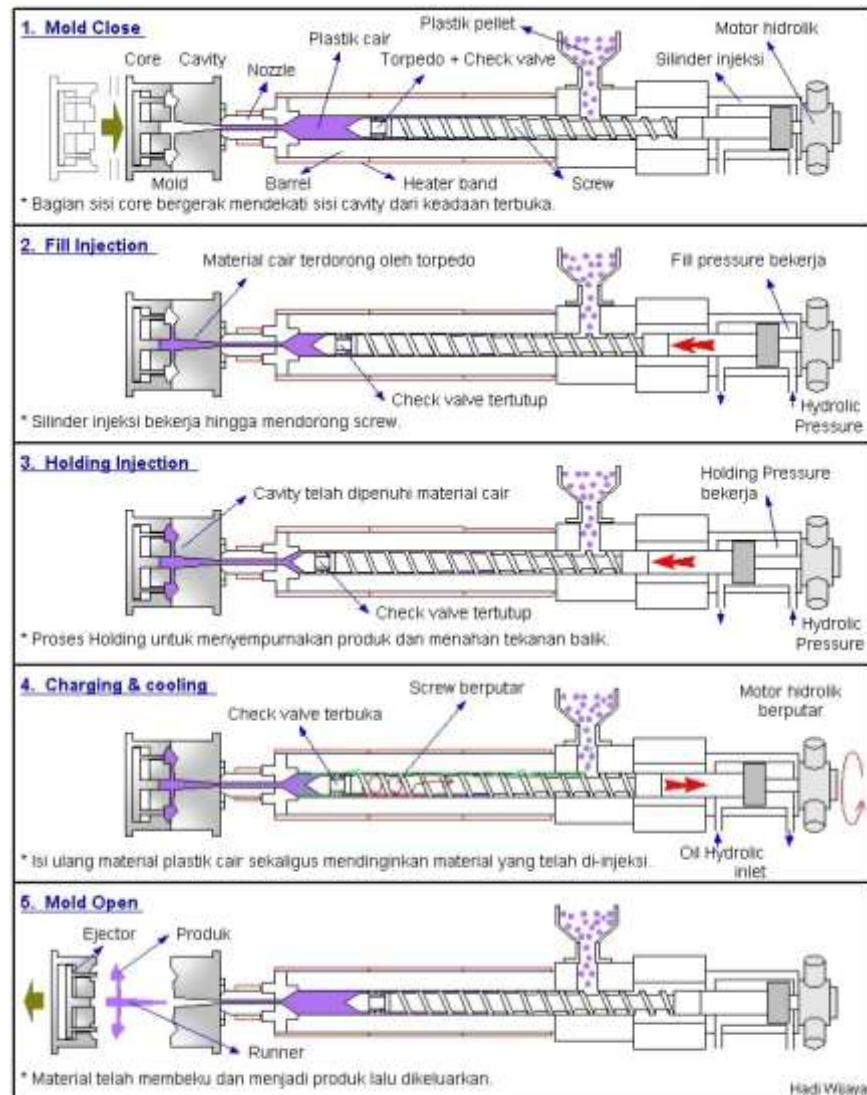
#### 2. Proses Plasticizing

Bijih plastik masuk ke dalam barrel untuk dipanaskan oleh heater. Pada proses ini, terdapat beberapa tahapan pemanasan yang dilakukan oleh barrel untuk sepenuhnya melelehkan bijih plastik dari padat menjadi cair. Suhu dari setiap tahapannya sudah ditentukan di awal saat pengaturan mesin. Pemanasan dilakukan sembari screw berputar untuk meratakan lelehan plastik dan mengalirkan sampai ke ujung barrel.

#### 3. Proses Injeksi

Tahap ini dibagi menjadi lima bagian. Yang pertama adalah  *mold close*.Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.9,  *mold* yang tadinya terbuka kemudia menutup. Sisi  *core* bergerak mendekati sisi  *cavity* sampai benar benar tertutup. Kemudian bagian kedua yaitu  *fill injection*, dimana sejumlah volume lelehan plastik tertentu telah berada di ujung barrel dan kemudia di injeksi oleh nozzle kedalam  *mold* unit. Tahap ketiga yaitu  *holding injection*. Pada tahap ini,  *screw* masih berhenti berputar dan tetap berada di ujung barrel hingga seluruh lelehan plastik memenuhi  *cavity* agar dapat menghasilkan bentuk yang sempurna. Selanjutnya adalah tahap  *charging and cooling*, dimana lelehan plastik didalam  *mold* unit didinginkan sampai mengeras dengan suhu tertentu sembari  *screw* berputar kembali dan bergerak

mundur untuk mengisi ujung barrel dengan lelehan plastik yang akan diinjeksi selanjutnya. Tahap terakhir yaitu *mold open*. Setelah lelehan plastik tersebut membeku, *mold* terbuka dan produk kemudian dilepaskan dari sisi *core* dengan dorongan dari ejektor.



Gambar 4.9 Proses Injeksi

## 4.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan metode-metode yang dipilih guna

memecahkan masalah secara baik dan terencana. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

8. Menentukan komponen yang sering rusak.
9. Perhitungan *Time To Failure* (TTF)
10. Identifikasi Distribusi Peluang Kerusakan.
11. Pengujian Keselarasan Distribusi.
12. Estimasi Parameter untuk Tiap Distribusi Terpilih.
13. Perhitungan Waktu Rata-Rata Antar Kerusakan (MTTF)
14. Perhitungan Selang Waktu Penggantian Pencegahan (*Age Replacement*)

#### 4.2.1 Data Komponen Kritis Mesin Injeksi Plastik

Berikut ini adalah data komponen Heater Nozzle yang mengalami kerusakan pada mesin Injeksi Plastik pada periode tahun 2016.

1. Komponen *Heater Nozzle*

Tabel 4.2 Data Kerusakan Komponen *Heater Nozzle*

No	Tanggal
1	4 Februari 2016
2	17 Maret 2016
3	25 April 2016
4	7 Juni 2016
5	20 Juli 2016
6	5 September 2016
7	25 Oktober 2016

(Sumber : PT Astra Honda Motor)

#### 4.2.2 Data Waktu Penggantian Kerusakan dan Penggantian Pencegahan

Data waktu penggantian dan pencegahan komponen *Heater Nozzle* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data waktu Penggantian Kerusakan dan Pencegahan

No	Kegiatan	Waktu	Waktu
----	----------	-------	-------

		<b>Penggantian Kerusakan (Tf) (menit)</b>	<b>Penggantian Pencegahan (Tp) (menit)</b>
1	Menemukan Kerusakan	15	-

Tabel 4.3 Data waktu Penggantian Kerusakan dan Pencegahan

<b>No</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Waktu Penggantian Kerusakan (Tf) (menit)</b>	<b>Waktu Penggantian Pencegahan (Tp) (menit)</b>
2	Membongkar Komponen Mesin	35	35
3	Memeriksa Komponen yang Rusak	5	-
4	Menunggu Komponen dari Gudang	15	-
5	Memasang Komponen Pengganti	35	35
6	Memasang Mesin Kembali	20	20
Total		125	90

Sumber : PT Astra Honda Motor)

#### 4.2.3 Data Biaya Penggantian Kerusakan dan Biaya Pencegahan

Data biaya penggantian kerusakan (Cost Of Failure) dan data biaya penggantian pencegahan (Cost Of Preventive) dapat dilihat pada keterangan dibawah ini :

##### 1. Biaya Kerusakan (Cost Of Failure)

Biaya ini terdiri dari biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.

##### a. Biaya Komponen

$$\begin{aligned} \text{Harga Komponen Heater Nozzle} &= \text{Rp } 600.000 \times 7 \text{ kali kerusakan} \\ &= \text{Rp } 4.200.000 \end{aligned}$$

##### b. Biaya Kehilangan Produksi

$$\text{Output/ hari} = 1512 \text{ pcs/hari}$$

$$\text{Laba/pcs} = \text{Rp } 35.000/\text{pcs}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Kehilangan Produksi} &= \text{Rp } 35.000 \times 1512 \text{ pcs} = \text{Rp.} \\ &52.920.000/\text{ hari} \end{aligned}$$

Karena kerusakan heater nozzle hanya membutuhkan waktu 125 menit perbaikan dalam 1 hari maka :

$$0,0992 \text{ hari} \times \text{Rp. } 52.920.000 = \text{Rp. } 5.250.000$$

Jadi, total biaya kerusakan (Cost Of Failure) dari komponen Heater Nozzle adalah Rp. 9.450.000,-

#### 2. Biaya Pencegahan (Cost Of Preventive)

Biaya pencegahan (Cp) terdiri dari biaya komponen dan biaya kehilangan produksi akibat penggantian komponen.

a. Biaya pembelian komponen Rp. 4.200.000,-

b. Biaya Kehilangan Produksi akibat penggantian komponen

$$\text{Output/ hari} = 1512 \text{ pcs/hari}$$

$$\text{Laba/pcs} = \text{Rp } 35.000/\text{pcs}$$

$$\text{Biaya Kehilangan Produksi} = \text{Rp } 35.000 \times 1512 \text{ pcs} = \text{Rp. } 52.920.000/\text{ hari}$$

Karena penggantian heater nozzle hanya membutuhkan waktu 90 menit perbaikan dalam 1 hari maka :

$$0,0714 \text{ hari} \times \text{Rp. } 52.920.000 = \text{Rp. } 3.780.000$$

Jadi, total biaya kerusakan (Cost Of Failure) dari komponen Heater Nozzle adalah Rp. 7.980.000,-

#### 4.2.4 Perhitungan Selang Waktu Antar Kerusakan Komponen Heater Nozzle

Perhitungan selang waktu antar kerusakan (*time to failure*) adalah perhitungan selang waktu dari kerusakan komponen yang pertama hingga kerusakan selanjutnya terjadi. Satuan waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk. Perhitungan selang waktu antar kerusakan komponen yang sering rusak dijabarkan sebagai berikut:

##### 1. Komponen *Heater Nozzle*

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT Astra Honda Motor, perhitungan selang waktu antar kerusakan (TTF) untuk komponen *heater nozzle* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Perhitungan TTF Komponen *Heater Nozzle*

No	Tanggal	Waktu Kerusakan	Selang Antar Kerusakan (Menit)
1	4 Februari 2016	10.15	31752
2	17 Maret 2016	12.10	37800
3	25 April 2016	11.00	34776
4	7 Juni 2016	09.15	40824
5	20 Juli 2016	09.30	39312
6	5 September 2016	13.00	42336
7	25 Oktober 2016	10.15	45360
<b>Total</b>			272160

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

- a. Jam kerja mesin adalah 21 jam/hari dengan hari kerja mesin 5 hari/minggu. Libur pada hari sabtu, minggu, serta hari libur nasional.
- b. Perhitungan selang waktu antar kerusakan di dapat dari total produk yang di produksi selama satu komponen *heater nozzle* dapat beroperasi dengan baik tanpa adanya penggantian. Dengan kata lain selang antar kerusakan di dapat dari total produksi selama komponen *heater nozzle* beroperasi. Dan dikonversikan kedalam satuan waktu dalam satuan menit.

#### 4.2.5. Perhitungan *Index of Fit (IoF)* TTF (*Time To Failure*)

Setelah ditentukan selang waktu antar kerusakan (TTF) komponen Heater Nozzle, kemudian dilakukan pengidentifikasian distribusi dari data waktu kerusakan dan data waktu perbaikan yang dimiliki dilakukan dengan

menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi dipilih berdasarkan *index of fit* ( $r$ ) terbesar yang mendekati 1 atau -1. Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi Weibull, Normal, Lognormal, dan Eksponensial.

#### 4.2.5.1. Perhitungan *Index of Fit* (IoF) TTF Komponen *Heater Nozzle*

Perhitungan mengenai mengenai pemilihan distribusi TTF yang sesuai untuk komponen *heater nozzle* dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

##### 1. Distribusi Weibull

Tabel 4.5 Perhitungan IoF Distribusi Weibull TTF Komponen *Heater Nozzle*

i	T <sub>i</sub>	$x_i = \ln \frac{t_i}{t_1}$	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	31752	10,366	0,095	-2,309	23,933	107,448	5,331
2	34776	10,457	0,230	-1,343	14,045	109,342	1,804
3	37800	10,540	0,365	-0,790	-8,325	111,093	0,624
4	39312	10,579	0,500	-0,367	-3,877	111,921	0,134
5	40824	10,617	0,635	0,008	0,087	112,721	0,000
6	42336	10,653	0,770	0,386	4,111	113,495	0,149
7	45360	10,722	0,905	0,858	9,199	114,970	0,736
Total	272160	73,935	3,500	-3,556	36,785	780,990	8,778

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

- Kolom  $t_i$  pada Tabel 4.5 diperoleh dari data TTF yang telah diurutkan dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar.
- Nilai  $x_i$ , diperoleh dengan  $x_i = \ln(t_i) - \ln(31752) = 10,336$

c. Nilai  $F(t_i)$ , diperoleh dengan menggunakan rumus:

dimana:  $n = \text{jumlah data} = 7$

Contoh perhitungan:

$i = 1$

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

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{7 - 0,4} = 0,095$$

c. Nilai  $y_i$  diperoleh dari rumus:

$$y_i = \ln \left( \ln \left( \frac{1}{1 - f(t_i)} \right) \right)$$

$$y_i = \ln \left( \ln \left( \frac{1}{1 - 0,095} \right) \right) = -2,309$$

Berdasarkan Tabel 4.5, untuk menghitung *index of fit* dari distribusi weibull sebagai berikut:

*Index of Fit (IoF)*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(7x - 36,785) - (73,935x - 3,556)}{\sqrt{\left[ 7x^2 - (73,935)^2 \right] \left[ 7x^2 - (-3,556)^2 \right]}}$$

$$r = 0,997705$$

## 2. Distribusi Normal

Tabel 4.6 Perhitungan IoF Distribusi Normal TTF Komponen *Heater Nozzle*

I	$t_i$	$x_i = t_i$	$F(t_i)$	$y_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	31752	31752	0,095	-1,313	41690	1008189504	1,724

2	34776	34776	0,230	-0,740	-	25725	1209370176	0,547
3	37800	37800	0,365	-0,345	-	13059	1428840000	0,119
4	39312	39312	0,500	0,000	0	0	1545433344	0,000
5	40824	40824	0,635	0,345	14104	1666598976	1666598976	0,119
6	42336	42336	0,770	0,740	31318	1792336896	1792336896	0,547
7	45360	45360	0,905	1,313	59557	2057529600	2057529600	1,724
Total	272160	272160	3,500	0,000	24504	10708298496	10708298496	4,781

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

- Kolom  $t_i$  pada Tabel 4.6 diperoleh dari data TTF yang telah diurutkan dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar.
- Nilai  $x_i$ , diperoleh dengan  $x_i = t_i$
- Nilai  $F(t_i)$ , diperoleh dengan menggunakan rumus:

dimana:  $n = \text{jumlah data} = 7$

Contoh perhitungan:

$i = 1$

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{7 - 0,4} = 0,095$$

- Nilai  $y_i$  diperoleh dari fungsi Microsoft Excel yaitu NORMSINV(0,095) = -1,313

Berdasarkan Tabel 4.6, untuk menghitung *index of fit* dari distribusi normal sebagai berikut:

*Index of Fit* (IoF)

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(7x - 24504) - (272160x - 0,000)}{\sqrt{[7x10708298496 - (272160)^2][7x4,781 - (0,000)^2]}}$$

$$r = 0,995551$$

### 3. Distribusi Lognormal

Tabel 4.7 Perhitungan IoF Distribusi lognormal TTF Komponen *Heater Nozzle*

I	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =ln t <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub> =Φ <sup>-1</sup> [F(t <sub>i</sub> )]	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	31752	10,366	0,095	-1,313	-13,610	107,448	1,724
2	34776	10,457	0,230	-0,740	-7,735	109,342	0,547
3	37800	10,540	0,365	-0,345	-3,641	111,093	0,119
4	39312	10,579	0,500	0,000	0,000	111,921	0,000
5	40824	10,617	0,635	0,345	3,668	112,721	0,119
6	42336	10,653	0,770	0,740	7,881	113,495	0,547
7	45360	10,722	0,905	1,313	14,078	114,970	1,724
Total	272160	73,935	3,500	0,000	0,640	780,990	4,781

Keterangan:

- Kolom t<sub>i</sub> pada Tabel 4.7 diperoleh dari data TTF yang telah diurutkan dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar.
- Nilai x<sub>i</sub>, diperoleh dengan x<sub>i</sub>= ln (t<sub>i</sub>) = ln(31752) = 10,366
- Nilai F(t<sub>i</sub>), diperoleh dengan menggunakan rumus:

dimana: n=jumlah data= 7

Contoh perhitungan:

i= 1

$$F(ti) = \frac{1 - 0,3}{7 - 0,4} = 0,095$$

- Nilai y<sub>i</sub> diperoleh dari fungsi Microsoft Excel NORMSINV (0,095)

Berdasarkan Tabel 4.7, untuk menghitung *index of fit* dari distribusi lognormal sebagai berikut:

*Index of Fit (IoF)*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(7 \times 0,640) - (73,935 \times 0,000)}{\sqrt{[7 \times 780,990 - (73,935)^2] [7 \times 4,781 - (0,000)^2]}}$$

$$r = 0,990109$$

#### 4. Distribusi Ekspensial

Tabel 4.8 Perhitungan IoF Distribusi Ekspensial TTF Komponen *Heater*

*Nozzle*

I	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =t <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub>
1	31752	31752	0,095	0,099	3155,275	1008189504	0,0
2	34776	34776	0,230	0,261	9077,017	1209370176	0,0
I	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =t <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub>
3	37800	37800	0,365	0,454	17158,081	1428840000	0,2
4	39312	39312	0,500	0,693	27249,002	1545433344	0,4
5	40824	40824	0,635	1,008	41159,909	1666598976	1,0
6	42336	42336	0,770	1,471	62269,980	1792336896	2,1
7	45360	45360	0,905	2,358	106965,908	2057529600	5,5
Total	272160	272160	3,500	6,345	267035,172	10708298496	9,5

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

- Kolom t<sub>i</sub> pada Tabel 4.8 diperoleh dari data TTF yang telah diurutkan dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar.
- Nilai x<sub>i</sub>, diperoleh dengan x<sub>i</sub> = t<sub>i</sub>

c. Nilai  $F(t_i)$ , diperoleh dengan menggunakan rumus:

dimana:  $n = \text{jumlah data} = 7$

Contoh perhitungan:

$i = 1$

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{7 - 0,4} = 0,095$$

d. Nilai  $y_i$  diperoleh dari rumus:

$$y_i = \left( \ln \left( \frac{1}{1 - f(t_i)} \right) \right)$$

$$y_i = \left( \ln \left( \frac{1}{1 - 0,095} \right) \right) = 0,099$$

Berdasarkan Tabel 4.14, untuk menghitung *index of fit* dari distribusi eksponensial sebagai berikut:

*Index of Fit* (IoF)

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(7 \times (267035,172)) - (272160 \times 6,345)}{\sqrt{\left[ 7 \times 10708298496 - (272160)^2 \right] \left[ 7 \times 9,505 - (6,345)^2 \right]}}$$

$$r = 0,939135$$

#### 4.2.5.2. Pemilihan Distribusi TTF Heater Nozzle

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa distribusi yang sesuai untuk komponen ini adalah distribusi lognormal untuk selang waktu kerusakan dan selang waktu perbaikan.

Tabel 4.9 Nilai IoF TTF Komponen Heater Nozzle

<i>Time to Failure (TTF)</i>	
Jenis Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Weibull	<b>0,997705</b>
Normal	0,995551

Lognormal	0,990109
Eksponensial	0,939135

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.6 Pengujian Keselarasan Distribusi Terpilih

Perhitungan *index of fit* sebelumnya menghasilkan distribusi terpilih terhadap TTF komponen Heater Nozzle. Uji keselarasan ini dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipergunakan sesuai apa tidak. Apabila berdasarkan uji tersebut tidak memenuhi kecocokkan, maka diambil distribusi dengan nilai (r) terbesar kedua, dan seterusnya. Pengujian yang dilakukan masing-masing distribusi antara lain: *Mann's test* untuk distribusi Weibull, *Bartlett's test* untuk distribusi Eksponensial, dan *Kolmogorov-Smirnov test* untuk distribusi Normal dan Lognormal.

##### 4.2.6.1. Pengujian Keselarasan TTF Komponen Heater Nozzle

Berdasarkan perhitungan *index of fit* terbesar TTF dari komponen *heater nozzle* menunjukkan bahwa distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull. Maka dari itu uji keselarasan yang terpilih adalah uji *Mann's Test*. Hasil perhitungan uji keselarasan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 4.10 Perhitungan Uji Keselarasan TTF Komponen Heater Nozzle

I	Ti	ln ti	$1 - ((i - 0,5) / (n + 0,25))$	Zi	Mi	$\frac{\ln ti+1 - \ln ti}{ti}$	$\frac{(\ln ti+1 - \ln ti) / Mi}{ti}$
1	3175 2	10,36 57	0,93	- 2,6 4	1,1 8	0,0 9	0,08
2	3477 6	10,45 67	0,79	- 1,4 6	0,6 0	0,0 8	0,14
3	3780 0	10,54 01	0,66	- 0,8 6	0,4 4	0,0 4	0,09
4	3931	10,57	0,52	-	0,3	0,0	0,10

	2	93		0,4 2	9	4	
5	4082 4	10,61 70	0,38	- 0,0 3	0,3 8	0,0 4	0,10
6	4233 6	10,65 34	0,24	0,3 5	0,4 7	0,0 7	0,15
7	4536 0	10,72 24	0,10	0,8 2			
Tot al	2721 60	73,93 45	3,62	- 4,2 4			

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Keterangan :

1. Hipotesis yang digunakan untuk uji ini adalah:
2.  $H_0$  : Data waktu kerusakan berdistribusi Weibull.
3.  $H_1$  : Data waktu kerusakan tidak berdistribusi Weibull.
4. Wilayah kritis : Terima  $H_0$  jika nilai  $M < F_{Tabel}$
5. Nilai  $F_{Tabel}$  diperoleh dari Tabel F.
6. Taraf nyata =  $\alpha = 0,05$
7. Perhitungan untuk  $i = 1$

$$\ln(t_i) = \ln(31752) = 10,3675$$

$$1 - \left( \frac{1 - 0,5}{7 + 0,25} \right) = 0,93$$

$$Z_i = \ln \left[ - \ln \left( \frac{i - 0,5}{n + 0,25} \right) \right] = \ln [ - \ln(0,93) ] = -2,64$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i = 1,18$$

$$K_1 = \frac{r}{2} = \frac{7}{2} = 3,5$$

$$K_2 = \frac{r - 1}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

$$M = \frac{K_1 \sum_{i=k_1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}}{K_2 \sum_{i=k_1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}} = \frac{3,5 \times 0,2426}{3 \times 0,4022} = 0,7036$$

Degree of freedom pembilang ( $V_1$ ) =  $2k_2 = 2 \times 3 = 6$

Degree of freedom penyebut ( $V_2$ ) =  $2k_1 = 2 \times 3,5 = 7$

8. Hasil perhitungan  $M = 0,7036$
9. Nilai  $F_{Tabel(0,05;6;7)} = 4,21$
10. Karena  $M (0,7036) < F_{Tabel(0,05;5;6)} (4,21)$ , maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima dan data waktu perbaikan berdistribusi Weibull.

#### 4.2.7 Perhitungan Estimasi Parameter Setiap Distribusi Terpilih

Perhitungan ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan optimal data secara lebih akurat. Metode yang digunakan dalam penaksiran parameter ini adalah penaksiran kemungkinan terbesar atau *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Parameter yang dihitung nanti akan digunakan dalam perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*). Berikut ini adalah perhitungan MLE setiap komponen kritis.

##### 4.2.7.1 Perhitungan Estimasi Parameter Komponen *Heater Nozzle*

1. Estimasi Parameter untuk TTF

Berdasarkan hasil pengujian keselarasan, didapat bahwa distribusi selang waktu kerusakan yang terpilih untuk komponen ini adalah distribusi Weibull. Berikut ini merupakan perhitungan MLE untuk TTF komponen *heater nozzle*:

Tabel 4.11 Perhitungan MLE TTF Komponen *Heater Nozzle*

i	$t_i$	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	$y_i = \ln(\ln(1/(1-f(t_i))))$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$

1	31752	10,366	0,095	-2,309	-	23,933	107,448	5,331
2	34776	10,457	0,230	-1,343	-	14,045	109,342	1,804
3	37800	10,540	0,365	-0,790	-	-8,325	111,093	0,624
4	39312	10,579	0,500	-0,367	-	-3,877	111,921	0,134
5	40824	10,617	0,635	0,008	-	0,087	112,721	0,000
6	42336	10,653	0,770	0,386	-	4,111	113,495	0,149
7	45360	10,722	0,905	0,858	-	9,199	114,970	0,736
Total	272160	73,935	3,500	-3,556	-	36,785	780,990	8,778

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Parameter yang digunakan dalam distribusi Weibull ada dua macam, yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\theta$ ). Perhitungan parameter untuk TTF komponen *heater nozzle*, sebagai berikut :

$$b = \frac{(n \sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{(n \sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b = \frac{(7x(-36,785)) - (73,935x(-3,556))}{(7x780,990) - (73,935)^2}$$

$$b = 8,9051$$

Nilai  $b = 8,9051$  merupakan estimasi awal untuk menentukan estimasi parameter  $\beta$ . Langkah selanjutnya adalah melakukan pendekatan iterasi metode Newton Raphson yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Iterasi Metode Newton Raphson Komponen *Heater Nozzle*

Iterasi	B	$g(\beta)$	$g'(\beta)$
1	8,905107429	-0,0283589113	0,0190130594

Iterasi	B	$g(\beta)$	$g'(\beta)$
2	10,396656516	-0,0032989913	0,0148673659
3	10,618551323	-0,0000549078	0,0143768908
4	10,622370490	-0,0000000157	0,0143686782
5	10,622371582	0,0000000000	0,0143686759

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Estimasi parameter  $\beta$  yang terpilih adalah pada saat iterasi ke 5, yaitu pada saat  $g(\beta)$  menghasilkan nilai 0, dengan nilai  $\beta = 10,622371582$ . Contoh perhitungan pada saat iterasi keempat dan kelima dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan 4.14.





Berikut adalah contoh perhitungan iterasi ke-4 :

Untuk  $i = 1$

$$\begin{aligned}
 ti^\beta &= 31752^{10,62237049} \\
 &= 659.903.356.464.309.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 \\
 ti^\beta \ln ti &= 659.903.356.464.309.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 \times 10,366 \\
 &= 6.840.367.477.385.060.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g(\beta) &= \frac{\sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i}{\sum_{i=1}^r t_i^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln t_i = 0 \\
 g(\beta) &= \frac{699.980.461.255.867.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000}{65.687.506.064.684.300.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000} \\
 &\quad - \frac{1}{10,62237049} - \frac{1}{7} \times 73,935 \\
 &= -0,0000000157
 \end{aligned}$$

$$g'(\beta) = \frac{\sum_{i=1}^r t_i^\beta \sum_{i=1}^r t_i^\beta (\ln t_i)^2 - (\sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i)^2}{(\sum_{i=1}^r t_i^\beta)^2} + \frac{1}{\beta^2}$$

$$g'(\beta) = 0,0143686759$$

Dikarenakan nilai  $g(\beta)$  belum sama dengan 0, maka dilanjutkan perhitungan ke dalam iterasi kelima, perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nilai  $\beta$  pada iterasi keenam ditentukan dari iterasi kelima :

$$\begin{aligned}
 \beta_{j+1} &= \beta_j - \frac{g(\beta)}{g'(\beta)} \\
 \beta_{j+1} &= 10,62237409 - \frac{-0,0000000159}{0,0143686} = 10,622371582
 \end{aligned}$$

Kemudian setelah didapatkan nilai  $\beta$  untuk iterasi kelima, dihitung kembali nilai  $g(\beta)$  dan  $g'(\beta)$  untuk iterasi kelima menggunakan rumus yang sama dengan iterasi keempat. Pada iterasi kelima didapatkan nilai  $g(\beta) = 0,00000000$ . Iterasi berhenti pada iterasi kelima, dan didapatkan estimasi

parameter  $\beta = 10,622371582$ . Setelah didapatkan estimasi  $\beta$ , dapat ditentukan nilai estimasi sebagai berikut :

$$\theta = \left\{ \frac{1}{r} \left[ \sum_{i=1}^r t_i^\beta \right] \right\}^{\frac{1}{\beta}}$$

$$\theta = \left\{ \frac{1}{7} [ 65.688.270.180.166.900.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 ] \right\}^{\frac{1}{10,622371582}}$$

$$\theta = 40766,798$$

#### 4.2.8 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Setelah melakukan pengujian terhadap distribusi data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan komponen, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan MTTF komponen. MTTF adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan. Berikut ini merupakan perhitungan MTTF setiap komponen kritis:

##### 4.2.8.1 Perhitungan MTTF Komponen Heater Nozzle

Pada komponen *heater nozzle* distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull.

Diketahui:

$$\beta = 10,62237158$$

$$\theta = 40766,789$$

$$MTTF = \theta \tau \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTF = \theta \tau \left( 1 + \frac{1}{10,62237158} \right)$$

$$MTTF = 40766,798 \tau (1,09414)$$

$$MTTF = 40766,789 \times 0,95546 = 38951,044 \text{ menit}$$

Nilai  $\tau(x)$  diambil dari Tabel fungsi Gamma.

Jadi, nilai MTTF yang diperoleh adalah 38951,044 menit atau sama dengan 649,18 jam atau sama dengan 31 hari.

#### 4.2.9 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen Kritis dengan Metode *Age Replacement*

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan dilakukan berdasarkan biaya pemeliharaan minimum. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen pemeliharaan adalah untuk menekan biaya pemeliharaan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen berdasarkan biaya pemeliharaan minimum menjadi sangat penting. Setelah dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan, maka kita bisa mengetahui jadwal waktu penggantian pencegahan komponen kritis.

##### 4.2.9.1 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Komponen *Heater Nozzle*

Berikut ini merupakan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen *heater nozzle* dengan distribusi TTF adalah distribusi Weibull:

Diketahui:

$$\beta = 10,62237158$$

$$\theta = 40766,789$$

$$MTTF = 38951,044$$

Tabel 4.15 Perhitungan Interval waktu Penggantian Pencegahan Komponen *Heater Nozzle*

tp	Cf	Cp	Tp	Tf	$\theta$	$\beta$	R (tp)	F(tp)	(tp+Tp)xR(tp)	M
19500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9996037	0,000396	19582,237	9188
20000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9994815	0,000519	20079,583	7022
20500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9993261	0,000674	20576,123	5402
21000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9991295	0,00087	21071,642	4182
21500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9988825	0,001117	21565,873	3258

tp	Cf	Cp	Tp	Tf	$\theta$	$\beta$	R (tp)	F(tp)	(tp+Tp)xR(tp)	M
25000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,994466	0,005534	24951,152	657
25500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9931749	0,006825	25415,347	533
26000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9916181	0,008382	25871,316	434
26500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9897481	0,010252	26317,401	355
27000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9875106	0,012489	26751,661	291
27500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9848434	0,015157	27171,828	240
28000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9816758	0,018324	27575,272	198
28500	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9779277	0,022072	27958,953	164
29000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,973509	0,026491	28319,378	137
30000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,962245	0,037755	28953,951	964
31000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9469382	0,053062	29440,309	686
32000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,9264565	0,073544	29729,988	495
33000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,8994965	0,100503	29764,340	362
34000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,8646393	0,135361	29475,554	268
35000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,8204638	0,179536	28790,073	202
36000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,7657403	0,23426	27635,567	155
37000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,6997186	0,300281	25952,561	121
38000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,622503	0,377497	23711,138	964
39000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,5354682	0,464532	20931,453	783
40000	9450000	7980000	90	125	40766,8	10,622	0,4416033	0,558397	17703,876	652

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Contoh Perhitungan:

Misalkan  $t_p = 32000$  menit

$$R(tp) = \exp\left[\left(-\frac{tp}{\theta}\right)^\beta\right]$$

$$R(tp) = \exp\left[\left(-\frac{32000}{40766,798}\right)^{10,622}\right]$$

$$R(tp) = 0,9264565$$

$$F(tp) = 1 - R(tp) = 1 - 0,9264565 = 0,073544$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(tp) = \frac{38951,044}{0,073544} = 495075$$

$$C_{(tp)} = \frac{C_p \cdot R(tp) + C_f(1 - R(tp))}{(tp + T_p)R(tp) + (M(tp) + T_f)(1 - R(tp))}$$

$$C(tp) = \frac{(7980000 \times 0,9264565) + (9450000 \times 0,073544)}{((32000 + 90) \times 0,9264565) + (495075 + 125) \times (0,073544)}$$

$$C(tp) = 122.272$$

Sehingga interval waktu penggantian komponen Heater Nozzle dengan metode perhitungan *age replacement* adalah setelah pemakaian selama 32000 menit atau setelah 26 hari pemakaian. Dengan minimasi biaya persatuan unit adalah Rp.122.272.

#### 4.2.9.2 Perhitungan Biaya Perawatan Saat Ini dan Usulan

##### a) Perhitungan Biaya Perawatan Saat Ini

Biaya perawatan yang dikeluarkan saat ini (sebelum adanya penggantian terencana) :

Failure Cost = Biaya Komponen + Biaya Kehilangan Produksi + Biaya Operator

$$\text{Failure Cost} = 4.200.000 + (5.250.000 \times 7) + (95.466) = \text{Rp } 41.045.466$$

##### b) Perhitungan Biaya Usulan

Perhitungan ongkos biaya usulan meliputi ongkos penggantian terencana (Preventive Maintenance Cost) yang didasarkan pada selang waktu penggantian yang telah diperoleh sebelumnya. Perhitungan besarnya biaya penggantian terencana adalah sebagai berikut.

Preventive Maintenance = Biaya Komponen + Banyaknya Pergantian Komponen

1. Preventive Replacement Cost untuk 1x Pergantian Rp 122.272

2. Jumlah Pergantian

Jumlah Operasi Mesin Tahun 2016

$$= 12 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} = 360 \text{ hari}$$

$$= 360 \text{ hari} - 96 \text{ hari libur} = 264 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} &= 264 \text{ hari} \times 21 \text{ jam/hari} = 5544 \text{ jam/tahun} \\ &= 332640 \text{ menit/tahun} : 32000 \text{ menit/pergantian} \\ &= 10 \times \text{Rp } 122.272 = \text{Rp } 1.222.720 \end{aligned}$$

3. Biaya Komponen  $600.000 \times 10 = 6.000.000$

$$\text{Total Biaya Preventive} : \text{Rp } 1.222.720 + \text{Rp } 6.000.000 = \text{Rp } 7.222.720$$

Besarnya penghematan biaya :

$$= \frac{(41.045.466 - 7.222.720)}{41.045.466} = 82,40\%$$

Jadi, total penghematan biaya setelah dilakukan tindakan preventive maintenance adalah 17,63%

## BAB V

### ANALISA DAN PEMBAHASAN MASALAH

Setelah pembahasan data-data maka sangat perlu menganalisa hasil pembahasan tersebut. Dalam penganalisaan, penulis memegang dasar dari hasil pengukuran dan perhitungan yang dilakukan. Analisis dan pembahasan dilakukan atas dasar perhitungan pengolahan data pada bab sebelumnya.

#### 5.1 Analisa Penentuan Komponen Kritis

Mesin injeksi plastik memiliki komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan dan perlu diadakan tindakan penggantian. Komponen kritis adalah suatu komponen dari mesin yang berkontribusi terhadap frekuensi *breakdown* terbanyak dalam kurun waktu tertentu, memiliki nilai *downtime* terbesar, dan berpengaruh terhadap proses produksi. Penentuan komponen yang sering rusak ini dengan menggunakan diagram pareto untuk menentukan komponen yang menjadi komponen yang sering rusak berdasarkan total *downtime* terbesar.

#### 5.2. Analisa Perhitungan Selang Waktu Antar Kerusakan Komponen Kritis

Selang waktu antar kerusakan (*time to failure*) adalah selang waktu dari kerusakan komponen yang pertama hingga kerusakan selanjutnya terjadi. Untuk itu diperlukan informasi tanggal dan waktu terjadinya kerusakan hingga waktu selesai dilakukan perbaikan masing-masing komponen. Data selang waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan komponen ini sebagai langkah awal untuk menentukan dan mengidentifikasi pola kerusakan yang terjadi. Satuan waktu dalam perhitungan ini adalah produk. Jadi, berapa banyak produk yang dapat dihasilkan selama komponen bekerja dengan optimal. Perhitungan dilakukan dari Januari 2016 sampai Desember 2016 dengan jam kerja mesin selama 21 jam dalam satu hari. Hari kerja selama 5 hari dalam seminggu, dari hari senin sampai hari jumat.

### 5.3 Analisa Pemilihan Distribusi Kerusakan Komponen Kritis

Pemilihan distribusi ini dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* (LSCF). Distribusi dipilih berdasarkan *index of fit* (r) terbesar yang mendekati 1 atau -1. Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi Weibull, Normal, Lognormal, dan Eksponensial. Hasil ringkasan perhitungan *index of fit* dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Ringkasan Perhitungan *Index of Fit* Komponen Kritis

Komponen	Keterangan	Distribusi Terpilih	<i>Index of Fit</i>
Heater Nozzle	<i>time to failure</i>	Weibull	0,997705

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Setelah ditentukan distribusi yang terpilih setiap komponen kritis, maka akan dilakukan pengujian keselarasan distribusi kerusakan terpilih. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui distribusi yang terpilih sesuai atau tidak.

### 5.4 Analisa Pengujian Keselarasan Distribusi Terpilih

Setelah diketahui jenis distribusi yang sesuai dengan data kerusakan, selanjutnya dilakukan pengujian keselarasan distribusi dengan *goodness of fit test* yang spesifik. Uji keselarasan ini dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipergunakan sesuai apa tidak. Apabila berdasarkan uji tersebut tidak memenuhi kecocokkan, maka diambil distribusi dengan nilai (r) terbesar kedua, dan seterusnya. Pengujian yang dilakukan masing-masing distribusi antara lain: *Mann's test* untuk distribusi Weibull, *Bartlett's test* untuk distribusi Eksponensial, dan *Kolmogorov-Smirnov test* untuk distribusi Normal dan Lognormal. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%.

Berdasarkan nilai IoF terbesar, TTF komponen *heater nozzle* berdistribusi weibull. Maka uji *goodness of fit* yang dilakukan adalah uji *Mann's Test*. Hasil uji untuk TTF *heater nozzle* adalah  $M(0,7036) < F_{\text{tabel}}(4,21)$

maka  $H_0$  diterima yang berarti dsitribusi TTF untuk komponen ini adalah distribusi weibull.

### 5.5 Analisa Estimasi Parameter

Perhitungan ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan optimal data secara lebih akurat. Metode yang digunakan dalam penaksiran parameter ini adalah penaksiran kemungkinan terbesar atau *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Parameter yang dihitung nanti akan digunakan dalam perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*). Maka dari itu dengan menggunakan metode MLE akan didapat nilai estimasi parameter yang lebih akurat dan dapat menggambarkan keadaan yang optimal dari setiap data, yaitu data selang waktu kerusakan dan selang waku perbaikan. Berikut ini ringkasan hasil penaksiran parameter yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Ringkasan Hasil Penaksiran Parameter

Heater Nozzle	TTF Weibull	$\beta$	10,622371582
		$\theta$	40766,798

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan nilai parameter tersebut, nilai parameter tersebut akan digunakan dalam perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*).

### 5.6 Analisa Mean Time To Failure (MTTF)

Setelah melakukan pengujian terhadap distribusi data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan komponen, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan MTTF dari masing-masing komponen. MTTF adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan. Nilai parameter yang digunakan adalah nilai parameter MLE. Berikut ini ringkasan hasil perhitungan MTTF komponen kritis yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Ringkasan Hasil perhitungan MTTF Komponen Kritis

<b>Komponen</b>	<b>Distribusi Terpilih</b>	<b>Nilai MTTF (menit)</b>
<i>Heater Nozzle</i>	Weibull	38951,044

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.3, terlihat bahwa nilai ini menunjukkan waktu perkiraan kerusakan berikutnya setelah selesai diperbaiki. Pada komponen *Heater Nozzle* dapat diperkirakan waktu kerusakan berikutnya akan terjadi setelah memproduksi selama 38951,044 menit kemudian.

### **5.8 Analisa Waktu Penggantian Pencegahan Komponen Kritis**

Pada tahapan ini dilakukan analisa dengan menggunakan kriteria minimasi biaya pemeliharaan yang berupa usulan interval waktu penggantian pencegahan komponen kritis. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen pemeliharaan adalah untuk menekan biaya pemeliharaan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen berdasarkan biaya pemeliharaan minimum menjadi sangat penting. Setelah dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan, maka kita bisa mengetahui jadwal waktu penggantian pencegahan komponen kritis.

Dengan menggunakan metode *age replacement*, waktu penggantian pencegahan komponen *heater nozzle* setelah pemakaian selama 32000 menit. Hal ini berarti selang waktu optimal penggantian komponen setelah komponen mengalami penggantian atau perbaikan adalah setelah pemakaian selama 32000 menit, dimana jam kerja mesin adalah 21 jam per hari. Jika dibandingkan antara nilai MTTF dengan waktu penggantian pencegahan lebih kecil dari pada nilai MTTF (32000 menit < 38951,044 menit).

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil ini diperoleh dari analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengumpulan data dan data yang telah diolah, serta analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu penggantian komponen kritis mesin Injeksi Plastik berdasarkan umur pakai komponen (*Age Replacement*) pada komponen *heater nozzle* adalah setelah pemakaian selama 32000 menit atau selama 26 hari.
2. Berdasarkan hasil perhitungan biaya sebelum melakukan tindakan preventive maintenance sebesar Rp 40.950.000 dan sesudah adanya tindakan preventive maintenance sebesar Rp 33.727.280. Penghematan biaya yang terjadi adalah 17,63%.

#### **6.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka dapat dikemukakan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan bagi pihak perusahaan sebagai berikut:

1. Sebaiknya seksi plastik injeksi di PT AHM melakukan pemeliharaan pencegahan dalam menangani komponen yang sering rusak, sehingga dapat meminimalkan downtime yang terjadi akibat kerusakan dari komponen dan dapat meminimalkan biaya pemeliharaan komponen, serta memperpanjang umur ekonomis dari komponen.
2. Sebaiknya perusahaan melakukan pelatihan terhadap para operator mengenai penanganan mesin Injeksi Plastik ketika terjadi kerusakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofyan, 1993, "*Manajemen Produksi dan Operasi*", Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (FE-UI), Jakarta.
- Corder, Anthony, 1980, "*Teknik Manajemen Pemeliharaan*". Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ebeling, Charles, 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw Hill, New York.
- Jardine, Andrew K.S., & Tsang, Albert H.C. 2006. *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*. New York: Taylor and Francis Group.
- Dania, Wike Agustin Prima; et al. 2011. *Aplikasi Optimal Preventive Replacement Age Model untuk Menentukan Jadwal Penggantian Komponen Dumping Grate Pada Mesin Ketel Uap (Studi Kasus di PG Rejo Agung Baru Madiun)*. Malang: Universitas Brawijaya. Vol. 12 No. 1 (April 211) 49-57.
- Defri, Kusumaningrum Soemadi; et al. 2015. *Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem Printing Unit U41 Menggunakan Metode Age Replacement di PT Pikiran Rakyat..* Institut Teknologi Nasional. Vol. 12 No. 1 (April 211) 49-57.