

# **Penentuan interval penggantian komponen secara preventif untuk meminimumkan total biaya penggantian akibat kerusakan mesin**

**(studi kasus : pt. Ge.lighting indonesia, yogyakarta)**

**Ika Rahmawati**

**I 0302036**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Fasilitas pabrik merupakan salah satu aset perusahaan yang sangat besar. Hampir sepersepuluh dari keseluruhan biaya produksi dialokasikan pada penggunaan fasilitas pabrik ( John&Harding,1995). Fasilitas tersebut dapat berupa gedung, peralatan maupun mesin-mesin produksi. Pada saat kegiatan produksi berlangsung , perusahaan selalu menginginkan seluruh fasilitas pabrik khususnya mesin-mesin produksi dalam kondisi baik dan siap digunakan. Supaya tetap dalam kondisi baik maka diperlukan kegiatan perawatan. Perawatan adalah kegiatan memelihara, menjaga, mengadakan perbaikan dan penggantian fasilitas / peralatan pabrik yang dibutuhkan agar kegiatan produksi dapat berjalan lancar sesuai yang direncanakan (Assauri,1980). Oleh karena itu dengan adanya ketersediaan dan kesiapan mesin diharapkan akan dapat meningkatkan kapasitas dan efisiensi mesin sehingga output yang dihasilkan dapat memenuhi kualitas dan target perusahaan.

Kegiatan perawatan yang dilakukan PT.GE Lighting Indonesia yaitu secara rutin (harian) dan mingguan sesuai jenis dan karakteristik masing-masing mesin produksi. Perawatan harian dilakukan setiap hari yaitu sebelum mesin mulai beroperasi, meliputi pengecekan komponen mesin, pengecekan *setting* mesin, pembenahan komponen, pemberian pelumas/oli, pembersihan mesin. Perawatan

mingguan dilakukan sekali dalam seminggu yaitu pada hari sabtu atau minggu saat perusahaan tidak melakukan lembur produksi. Pada perawatan ini seluruh mesin produksi berhenti kemudian mekanik melakukan pengecekan dan pembersihan total tiap komponen mesin berdasarkan laporan harian *maintenance*. Keseluruhan tenaga *maintenance* PT.GE Lighting Indonesia berjumlah 30 orang, dimana tiap-tiap shift berjumlah 10 orang dan menangani 11 *line* produksi. Tenaga *maintenance* tersebut dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian perawatan mesin dan perbengkelan. Bagian perawatan mesin bertugas merawat dan memperbaiki mesin, baik yang mengalami kerusakan maupun tidak sedang bagian perbengkelan bertugas memperbaiki komponen-komponen mesin yang mengalami kerusakan. Meskipun perawatan rutin telah dilakukan, kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba tidak dapat dihindarkan. Apabila mesin yang rusak mengharuskan perbaikan selama proses produksi, maka kelancaran produksi menjadi terhambat. Selain itu biaya yang dikeluarkan perusahaan juga relatif mahal. Biaya tersebut meliputi biaya tenaga kerja, biaya penggantian komponen, dan kerugian karena kehilangan produksi selama mesin dalam kondisi rusak atau sedang diperbaiki.

Berdasarkan data historis kerusakan mesin, PT.GE Lighting Indonesia memiliki *downtime* mesin yang besar. Mesin yang digunakan untuk memproduksi lampu adalah mesin *flare*, mesin *stem*, mesin *mounting*, mesin *sealing*, mesin *exhaust* dan mesin *basing*. Dalam penentuan mesin yang sering mengalami kerusakan yaitu dengan memilih mesin yang memiliki frekuensi kerusakan terbanyak. Selama periode bulan Januari 2004- Juni 2006 mesin *flare* memiliki frekuensi kerusakan sebanyak 12 kali, mesin *stem* sebanyak 49 kali, mesin *mounting* sebanyak 148 kali, mesin *sealing* sebanyak 95 kali, mesin *exhaust* sebanyak 79 kali dan mesin *basing* sebanyak 27 kali. Oleh karena itu jenis mesin yang dipilih adalah mesin *mounting*, mesin *sealing*, dan mesin *exhaust*. Total *downtime* periode bulan Januari 2004 - Juni 2006 pada *line* produksi pertama, untuk mesin *mounting* sebesar 10.096 menit setara dengan produksi 336.499 unit lampu dengan jumlah kerugian sebesar Rp 67.299.900,00 atau kerugian rata-rata Rp 2.243.330,00 tiap bulan , mesin *sealing* sebesar 6.082 menit setara dengan produksi 182.460 unit lampu dengan jumlah kerugian sebesar Rp 36.492.000,00 ,

atau kerugian rata-rata Rp 1.216.400,00 tiap bulan dan mesin *exhaust* 5.355 menit setara dengan produksi 160.650 unit lampu dengan jumlah kerugian sebesar Rp 32.130.000,00 atau kerugian rata-rata Rp 1.071.000,00 tiap bulan . Apabila dihitung secara keseluruhan, jumlah total kerugian 11 *line* produksi mencapai Rp 1.495.140.900,00 atau kerugian rata-rata sebesar Rp 49.838.030,00 tiap bulan (PT.GE Lighting Indonesia).

Supaya permasalahan yang terjadi di perusahaan dapat diidentifikasi secara jelas maka pencarian dan penelusuran akar penyebab permasalahan dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). *Downtime* mesin yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu faktor tenaga kerja, material, mesin, dan faktor prosedur perusahaan. Penyebab *downtime* yang ditimbulkan oleh faktor tenaga kerja meliputi kesalahan dalam melakukan *setting*, tidak melakukan prosedur perawatan mesin dengan baik, sedang faktor material meliputi kualitas bahan baku lampu yang tidak sesuai, *mowire* jatuh, *filamen* putus. *Downtime* yang diakibatkan oleh faktor mesin meliputi kerusakan komponen mesin (patah, aus,berkarat), kecepatan mesin berkurang karena kelebihan kapasitas produksi, *setting* mesin yang salah, sedang faktor prosedur perusahaan yaitu belum adanya kebijakan perusahaan mengenai penggantian komponen mesin secara preventif. Setelah melakukan penelusuran masalah dapat diketahui bahwa faktor yang mempunyai pengaruh besar terhadap *downtime* mesin diakibatkan oleh faktor internal mesin, khususnya penggantian komponen mesin yang memerlukan waktu paling lama, sedang untuk faktor material, prosedur perusahaan , dan tenaga kerja mempunyai sedikit pengaruh karena tenaga kerja baik operator maupun mekanik sudah bekerja sesuai dengan standard operasional perusahaan.

Melihat besarnya *downtime* dan kerugian akibat kerusakan mesin, maka penelitian ini mengusulkan adanya kebijakan penentuan penggantian preventif komponen pada umur ekonomisnya sehingga dapat meminimumkan biaya kerugian akibat kerusakan mesin. Perawatan preventif tersebut mempunyai banyak manfaat antara lain dapat mengurangi *downtime* mesin, memaksimalkan utilisasi sumber daya, memperpanjang umur mesin, perbaikan biaya dll (Gopalakrishnan&Banerji,1997). Diharapkan dengan kebijakan tersebut

perusahaan dapat memperkecil *downtime* mesin sehingga kerugian perusahaan karena kehilangan produksi dapat ditekan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas maka permasalahan yang diambil pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan interval waktu penggantian preventif komponen dengan mempertimbangkan biaya total penggantian yang paling minimum.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan interval waktu penggantian preventif komponen mesin berdasarkan biaya total penggantian yang paling minimum.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian adalah:

1. Dapat mengetahui tingkat penggantian preventif komponen berdasarkan biaya total penggantian yang minimum.
2. Memberikan masukan kepada perusahaan mengenai estimasi besarnya penghematan yang dapat diberikan dari penggantian komponen secara preventif.

## **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang dipakai pada penelitian ini:

1. Mesin yang diteliti adalah jenis mesin yang sering mengalami kerusakan (mesin *mounting*, mesin *sealing* dan mesin *exhaust*).
2. *Line*/lintasan produksi yang dibahas adalah *line* pertama.
3. Data kerusakan mesin yang diambil mulai dari Januari 2004 - Juni 2006.
4. Fungsi komponen-komponen yang mengalami kerusakan tidak dibahas.

## **1.6. Asumsi**

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Mesin-mesin yang mengalami kerusakan pada *line* produksi pertama identik dengan *line* produksi yang lain.
2. Setelah adanya perbaikan dan penggantian komponen, mesin dianggap seperti baru kembali dan dapat digunakan dengan lancar.
3. Penggantian komponen preventif dilakukan pada jam istirahat sehingga tidak mengganggu jalannya produksi.
4. *Spare part* selalu tersedia.

## **1.7. Sistematika Penulisan**

### Bab I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah yaitu menguraikan mengenai jenis perawatan yang selama ini dilakukan oleh PT.GE Lighting Indonesia, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, asumsi dan sistematika penulisan.

### Bab II . TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan beberapa *literature*.

### Bab III. METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang dibahas pada penelitian , yaitu menguraikan langkah-langkah penentuan interval penggantian preventif komponen mesin.

### Bab IV. PEGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini meliputi pengumpulan dan penyajian data yang diperoleh serta pengolahan data sesuai dengan metodologi pemecahan masalah.

### Bab V. ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini berisi tentang analisis dan pembahasan masalah sesuai dengan landasan teori dan berdasarkan metodologi pemecahan masalah yang telah dirumuskan.

## Bab VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran-saran yang dikemukakan dari hasil analisis penelitian dan pemecahan persoalan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Pengertian dan Peranan Perawatan**

Menurut Assauri (1980) perawatan merupakan suatu kegiatan untuk memelihara, menjaga mengadakan perbaikan dan penggantian fasilitas / peralatan pabrik yang diperlukan supaya kegiatan produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan yang telah direncanakan.

Tujuan utama dari fungsi perawatan adalah:

1. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan operasi peralatan secara tepat.
2. Memaksimalkan umur kegunaan peralatan
3. Menjaga agar peralatan tetap aman dan mencegah timbulnya gangguan keamanan
4. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung terkait dengan pemeliharaan dan perbaikan alat.
5. Meminimalkan frekuensi dan besarnya gangguan terhadap proses operasi
6. Memaksimalkan kapasitas produksi dari sumber-sumber peralatan yang ada.

Sedangkan menurut Mounbray (1992) perawatan merupakan suatu kegiatan untuk memastikan bahwa aset-aset fisik perusahaan dapat digunakan secara berkelanjutan sesuai dengan apa yang ingin dikerjakan oleh pemakainya pada saat

proses operasi dalam kondisi yang baik. Secara luas aktivitas pemeliharaan dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan melakukan perbaikan apabila terjadi kerusakan.

Kebijakan pemeliharaan fasilitas produksi berkaitan dengan aktivitas pencegahan dan aktivitas perbaikan. Pada umumnya perusahaan berharap agar apabila aktivitas pencegahan dilakukan, maka kerusakan dapat dihindarkan. Namun dalam prakteknya sulit untuk terjadi demikian. Meskipun pencegahan telah dilakukan, tetapi kerusakan masih tetap terjadi. Dengan demikian kedua aktivitas pemeliharaan tersebut harus tetap dilakukan.

## **2.2. Jenis-Jenis Perawatan**

Kegiatan perawatan yang dilakukan dalam suatu perusahaan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif (Assauri,1980).

### **1. Perawatan Preventif**

Perawatan preventif merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan preventif akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap digunakan setiap saat pada proses produksi. Perawatan preventif sangat penting karena kegunaannya sangat efektif dalam menghadapi fasilitas/peralatan produksi yang termasuk dalam *critical unit*. Sebuah fasilitas/peralatan produksi termasuk dalam *critical unit* apabila:

- a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja.
- b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
- c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
- d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut cukup besar atau mahal.

Menurut Amrine & Ritchey (1982), kegiatan perawatan preventif terdiri dari:

- i. Desain dan pemasangan peralatan yang sebaik-baiknya
- ii. Pemeriksaan berkala terhadap fasilitas dan peralatan pabrik untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan
- iii. Pelayanan berulang, pemeliharaan dan penelitian terhadap fasilitas dan peralatan pabrik
- iv. Pelumasan yang cukup, pembersihan dan perbaikan terhadap fasilitas dan peralatan pabrik

Dalam prakteknya perawatan preventif yang dilakukan oleh perusahaan dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Perawatan *Routine*

Perawatan *Routine* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin. Kegiatan ini biasanya dilakukan setiap hari misalnya pembersihan, pelumasan, pengecekan, pemanasan peralatan produksi.

b. Perawatan *Periodic*

Perawatan *Periodic* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu. Perawatan periodik dapat pula dilakukan dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal kegiatan. Jadi sifat dari kegiatan perawatan ini tetap secara periodik atau berkala.

2. Perawatan *Corrective*

Perawatan *Corrective* merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan produksi, sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan *corrective* sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan preventif ataupun telah dilakukan tetapi sampai pada suatu waktu tertentu peralatan produksi tetap rusak. Jadi dalam hal ini kegiatan perawatan sifatnya hanya menunggu sampai kerusakan terjadi terlebih dahulu, baru kemudian diperbaiki. Dengan demikian perusahaan hanya mengambil kebijakan *corrective* saja, maka terdapat faktor ketidaksesuaian proses produksi akibat ketidak lancaran fasilitas/



peralatan produksi. Oleh karena itu kebijakan untuk melakukan perawatan korektif tanpa perawatan preventif akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat kegiatan produksi apabila terjadi kerusakan tiba-tiba.

Salah satu maksud utama dari kegiatan perawatan adalah untuk memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang dapat diterima dan tetap memaksimalkan laba atau meminimumkan biaya. Kegiatan pemeliharaan yang cenderung untuk memiliki reliabilitas sistem termasuk dalam dua kategori kebijaksanaan pokok, antara lain:

1. Kebijakan-kebijakan yang cenderung untuk mengurangi frekuensi kerusakan-kerusakan:
  - i. Pemeliharaan preventif (termasuk pemeliharaan kondisional)
  - ii. Simplifikasi operasi
  - iii. Penggantian awal
  - iv. Perancangan reliabilitas ke dalam komponen-komponen sistem
  - v. Instruksi yang tepat kepada operator
2. Kebijakan-kebijakan yang cenderung untuk mengurangi akibat kerusakan:
  - i. Percepatan pelaksanaan reparasi (yaitu untuk meningkatkan jumlah tenaga reparasi)
  - ii. Mempermudah tugas reparasi
  - iii. Penyediaan keluaran alternatif selama waktu reparasi.

Untuk tujuan perencanaan pemeliharaan, berbagai kebijakan dapat diuji dengan simulasi untuk menentukan pengaruh masing-masing kebijakan pada total biaya tahunan.

### **2.3. Masalah Efisiensi dalam Perawatan**

Dalam melaksanakan kegiatan perawatan terdapat dua persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan yaitu persoalan teknis dan persoalan ekonomis. Adapun persoalan teknis antara lain persoalan yang menyangkut usaha-usaha untuk menghilangkan kemungkinan-kemungkinan timbulnya kemacetan yang disebabkan karena kondisi fasilitas atau peralatan produksi yang tidak baik. Tujuan yang akan dicapai dalam mengatasi persoalan teknis ini adalah untuk dapat menjaga agar produksi dapat berjalan lancar. Dalam persoalan teknis yang perlu diperhatikan adalah (Assauri,1980):

1. Tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara/ merawat peralatan yang ada, dan untuk memperbaiki mesin-mesin yang rusak.
2. Alat-alat atau komponen apa saja yang dibutuhkan dan harus disediakan agar perawatan dapat berjalan dengan baik.

Selain persoalan teknis juga harus dipertimbangkan persoalan ekonomis. Adapun yang merupakan persoalan ekonomis dalam hal ini adalah persoalan yang menyangkut bagaimana usaha yang harus dilakukan supaya kegiatan perawatan yang dibutuhkan dapat efisien. Jadi dalam persoalan ekonomis yang ditekankan adalah masalah efisiensi, dengan memperhatikan besarnya biaya yang terjadi, dan tentunya alternatif tindakan yang akan dipilih dan dilakukan. Didalam persoalan ekonomis ini perlu dipertimbangkan analisa perbandingan biaya antara masing-masing alternatif tindakan yang diambil. Adapun biaya-biaya yang terdapat dalam kegiatan perawatan adalah biaya-biaya pengecekan, biaya *set-up*, biaya servis, biaya penyesuaian, dan biaya perbaikan. Perbandingan biaya yang perlu dilakukan antara lain untuk menentukan:

1. Apakah sebaiknya dilakukan perawatan preventif ataukah perawatan korektif saja. Dalam hal ini biaya-biaya yang perlu diperbandingkan adalah:
  - a. Jumlah biaya-biaya perbaikan yang diperlukan akibat kerusakan yang terjadi karena tidak adanya perawatan preventif, dengan jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan akibat kerusakan yang terjadi walaupun telah diadakan perawatan preventif, dalam jangka waktu tertentu.
  - b. Jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang akan dilakukan terhadap suatu peralatan dengan harga peralatan tersebut.
  - c. Jumlah biaya-biaya pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu peralatan dengan jumlah kerugian yang akan dihadapi apabila peralatan tersebut rusak dalam operasi produksi.
2. Apakah sebaiknya peralatan yang rusak diperbaiki didalam perusahaan ataukah diluar perusahaan. Dalam hal ini biaya-biaya yang diperbandingkan adalah jumlah biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki peralatan tersebut dibengkel perusahaan sendiri dengan jumlah biaya perbaikan tersebut dibengkel perusahaan lain, disamping perbandingan kualitas dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaannya.

3. Apakah sebaiknya peralatan yang rusak diperbaiki atau diganti. Dalam hal ini biaya-biaya yang diperlu diperbandingkan adalah:

- a. Jumlah biaya perbaikan dengan harga pasar dari nilai peralatan tersebut.
- b. Jumlah biaya perbaikan dengan harga peralatan yang sama dipasar.

Walaupun secara teknis perawatan preventif penting dan perlu dilakukan untuk menjamin kelancaran bekerjanya suatu mesin/peralatan, akan tetapi secara ekonomis belum tentu perawatan preventif yang terbaik dan perlu dilakukan untuk setiap jenis mesin. Hal ini karena dalam menentukan mana yang terbaik secara ekonomis, apakah perawatan preventif atautkah perawatan korektif saja, harus dilihat faktor-faktor dan jumlah biaya yang terjadi. Disamping itu pula harus dilihat apakah mesin tersebut merupakan *critical unit* dalam proses produksi atautkah tidak. Apabila mesin tersebut merupakan *critical unit*, maka sebaiknya diadakan perawatan preventif. Hal ini dikarenakan apabila terjadi kerusakan yang tidak dapat diperkirakan, maka akan mengganggu seluruh rencana produksi.

Tugas-tugas atau kegiatan-kegiatan dari perawatan antara lain:

1. Inspeksi (*Inspection*)

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala sesuai dengan rencana, kegiatan pemeriksaan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan dan membuat laporan-laporan dari hasil pemeriksaan tersebut. Kegiatan inspeksi ini dilakukan untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai peralatan produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi. Apabila terdapat kerusakan, maka dapat segera dilakukan perbaikan yang diperlukan sesuai dengan laporan hasil inspeksi dan berusaha mencegah sebab-sebab timbulnya kerusakan.

2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik ini meliputi kegiatan percobaan peralatan yang baru dibeli, kegiatan-kegiatan pengembangan peralatan atau komponen peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan perkembangan tersebut. Dalam kegiatan teknik ini termasuk pula kegiatan penyelidikan sebab-sebab terjadinya kerusakan pada peralatan tertentu dan cara – cara untuk mengatasi dan memperbaikinya.

a. Kegiatan Produksi (*Production*)

Kegiatan produksi ini merupakan kegiatan perawatan yang sebenarnya yaitu memperbaiki dan mereparasi mesin-mesin dan peralatan, melaksanakan pekerjaan yang disarankan atau yang diusulkan pada kegiatan inspeksi, melaksanakan kegiatan servis dan lubrication.

b. Pekerjaan Administrasi (*Clerical work*)

Pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan perawatan, komponen / *sparepart* yang dibutuhkan, *progress report* tentang apa yang telah dikerjakan, waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan dan komponen yang tersedia dibagian perawatan.

#### **2.4. Kerusakan / *Failure***

Mesin atau peralatan dikatakan rusak apabila mesin atau peralatan tersebut tidak dapat dijalankan sesuai dengan fungsinya secara baik dan lancar. Kerusakan dari mesin atau peralatan tersebut salah satunya disebabkan oleh adanya *human error* dimana mesin tersebut tidak dijalankan sesuai dengan standar mesin tersebut. Biaya untuk memperbaiki kerusakan mesin tidaklah murah. Disamping biaya perbaikan mesin terdapat biaya-biaya yang lain seperti biaya kehilangan produksi.

Terdapat dua macam pola fungsional dari peralatan berdasarkan tingkat kerusakannya, yaitu:

1. Peralatan tak tereparasi

Tanpa memandang apa penyebabnya suatu kerusakan akan membawa sebuah peralatan dalam keadaan baru. Pada beberapa peralatan, transisi ke keadaan baru ini mengakibatkan peralatan tersebut tidak dapat dipakai lagi.

2. Peralatan tereparasi

Peralatan tereparasi adalah sesudah mengalami kerusakan peralatan tersebut masih dapat dikembalikan ke kondisi berfungsi kembali.

##### **2.4.1. Fungsi Kerusakan**

Tujuan dari perawatan ditentukan oleh fungsi dan ekspektasi performansi dari aset-aset fisik perusahaan pada kondisi tertentu. Proses dari perawatan terdiri dari dua level (Mounbray, 1992):

1. Mengidentifikasi kondisi apa saja yang dapat memungkinkan aset-aset fisik perusahaan dapat berubah menjadi rusak.
2. Kejadian-kejadian apa saja yang dapat menyebabkan aset-aset fisik perusahaan dalam keadaan rusak.

Fungsi dari kerusakan ini terjadi pada saat sebuah aset-aset perusahaan tidak dapat memenuhi fungsi standar performansi yang dapat diterima oleh penggunanya.

#### **2.4.2. Model Kerusakan**

Model kerusakan merupakan suatu bentuk kejadian yang dapat menyebabkan aset-aset perusahaan menjadi rusak

#### **2.4.3. Pengaruh Kerusakan**

Pengaruh kerusakan menggambarkan ketika model kerusakan terjadi. Kondisi ini harus didukung dengan informasi-informasi yang diperlukan untuk mendukung evaluasi akibat adanya kerusakan, seperti:

1. Bukti-bukti atau keterangan apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kerusakan.
2. Bagaimana kerusakan yang telah terjadi dapat dirawat atau diperbaiki dengan mempertimbangkan keselamatan dan kesehatan lingkungan.
3. Dengan cara apa kerusakan dapat berpengaruh terhadap proses produksi.
4. Kerusakan fisik apa saja yang dapat menyebabkan kegagalan.
5. Tindakan apa saja yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan.

Dengan adanya proses identifikasi fungsi kerusakan, model kerusakan dan pengaruh kerusakan dapat menghasilkan kesempatan untuk memperbaiki performansi dan keselamatan serta dapat juga mengeliminasi hal-hal yang tidak berguna.

#### **2.4.4. Akibat Kerusakan**

Proses *reliability* yang berpusat pada perawatan mengklasifikasikan akibat kerusakan dalam empat kelompok, antara lain:

1. Akibat kerusakan yang tidak terlihat.

Kerusakan yang tidak terlihat biasanya tidak mempunyai dampak langsung, tetapi terkadang memperlihatkan kerusakan secara menyeluruh sehingga dapat menyebabkan masalah.

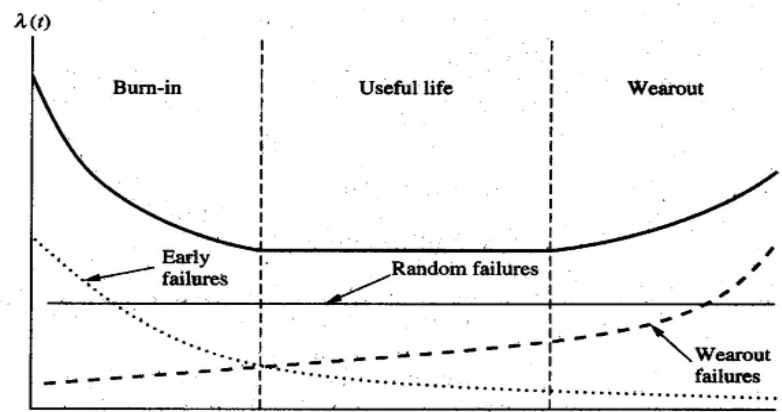
2. Akibat kerusakan terhadap keselamatan dan kesehatan lingkungan.  
Sebuah kerusakan aset-aset fisik perusahaan memiliki akibat terhadap keselamatan yang dapat melukai atau mungkin dapat membunuh pekerja apabila tidak dikerjakan dengan baik dan sesuai standard operasi.
3. Akibat operasional.  
Kerusakan juga dapat memiliki akibat operasional apabila kerusakan tersebut berpengaruh terhadap produksi, baik berupa output yang dihasilkan, kualitas produksi, pelayanan konsumen atau biaya operasi lainnya sebagai tambahan biaya perbaikan kerusakan secara langsung.
4. Akibat non operasional.  
Akibat non operasional merupakan akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan, yang berpengaruh terhadap biaya-biaya selain operasional.

#### **2.4.5. Teknik Manajemen Kerusakan**

Teknik manajemen kerusakan dapat dibagi menjadi dua kategori:

1. Tugas-tugas yang bersifat *proaktif*.  
Tugas ini dilakukan sebelum terjadinya kerusakan supaya dapat mencegah aset-aset fisik perusahaan dari kerusakan. Antara lain dengan perawatan prediktif dan perawatan preventif, menggunakan penjadwalan perbaikan, penjadwalan penggantian pada saat kondisi perawatan.
2. Kegiatan setelah terjadi kerusakan.  
Kegiatan ini sama dengan keadaan aset-aset produksi mengalami kerusakan. Hal ini dipilih ketika aset-aset tersebut sudah tidak mungkin lagi dilakukan identifikasi tugas-tugas proaktif. Terdiri dari penemuan jenis kerusakan, mendesain perbaikan ulang, dan membiarkan aset-aset tersebut sampai rusak.

#### **2.5. Pola Kerusakan**



**Gambar 2.1** Pola kerusakan

Sumber: Ebellling,1997

Pola kerusakan menurut Levitt (2003) terdapat tiga fase, yaitu:

1. Periode I : *Fase Burn In*

Pada fase ini, laju kerusakan sistem terus menurun sesuai dengan bertambahnya waktu. Diawali dengan tingkat laju kerusakan yang cukup tinggi pada saat awal operasi dan terus menurun. Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan terjadinya kerusakan awal ini, antara lain pengendalian kualitas yang buruk, metode manufaktur yang tidak memadai, performansi material dan tenaga kerja yang berada dibawah standar, kesalahan dalam pemasangan dan set-up, kesulitan yang timbul saat perakitan dll.

2. Periode II : *Fase Useful Life*

Pada fase ini diikuti dengan laju kerusakan yang konstan. Hal ini berarti bahwa kerusakan tidak akan bertambah walaupun umur peralatan terus bertambah. Sebagai akibatnya, kerusakan yang terjadi tidak dapat diramalkan sebelumnya atau bisa terjadi karena kerusakan secara tiba-tiba. Timbulnya kerusakan pada fase ini adalah kerusakan yang tidak dapat dijelaskan penyebabnya, kesalahan manusia, kerusakan alamiah dll.

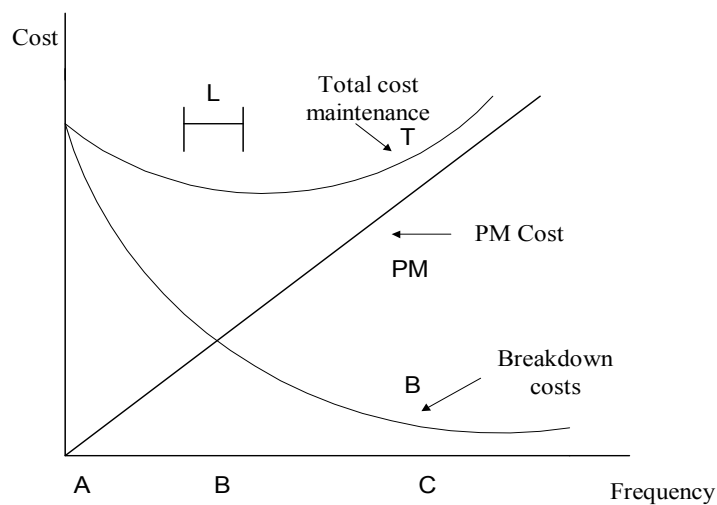
3. Periode III : *Fase Wear Out*

Pada fase ini kerusakan mulai bertambah. Peningkatan ini merupakan indikasi terakhir dari umur pemakaian yang berguna bagi produk. Bila suatu mesin sudah memasuki fase ini, maka sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi probabilitas rusak yang lebih parah pada masa yang akan

datang. Penyebab kerusakan antara lain perawatan yang tidak memadai, kelelahan akibat pemakaian, terjadi korosi dll.

## 2.6. Tingkat Pemeliharaan Preventif

Kurva dibawah ini menunjukkan biaya *overall* yang paling rendah berdasarkan peningkatan biaya perawatan preventif menuju level optimal, selain itu juga melukiskan tingkat pelayanan pemeliharaan yang mengoptimalkan aktivitas pemeliharaan terhadap biaya kerusakan, sehingga diperoleh biaya total yang paling minimum (Leviit,2003).



**Gambar 2.2** Biaya dan tingkat perawatan preventif

Sumber: Leviit,2003

Keterangan:

T = total biaya perawatan dan non perawatan

PM cost = biaya yang dikeluarkan untuk perawatan preventif, biaya tersebut akan meningkat apabila tugas ditambahkan, meliputi seluruh biaya perawatan preventif yaitu biaya tenaga kerja, material dan *downtime* untuk menyelesaikan perawatan preventif.

L = wilayah biaya terendah, tujuannya yaitu memiliki biaya produksi paling rendah atau biaya terendah dalam pengiriman pelayanan.

B = biaya *breakdown* yang terjadi apabila perawatan preventif meningkat tetapi pada beberapa titik biaya mulai menstabilkan perawatan preventif yang kurang efektif, meliputi biaya, kualitas dll.



T = seluruh biaya perawatan, *downtime*, tenaga kerja, komponen, diatas dan dibawah garis .

## 2.7. Model Distribusi Kerusakan

Model distribusi yang sering digunakan dalam bidang perawatan adalah distribusi *Weibull, Normal, Lognormal, dan Eksponensial* (Ebeling, 1997). Berikut ini akan diuraikan model-model distribusi tersebut ditinjau dari fungsi *densitas*, fungsi distribusi, fungsi keandalan, fungsi *hazard*, rata-rata dan varians.

### 2.7.1. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial secara luas digunakan untuk model kerusakan dan perbaikan. Karakteristik yang membedakan dengan distribusi lainnya adalah laju kerusakannya yang konstan. Konsep dasar keandalan dalam distribusi probabilitasnya yaitu:

1. Fungsi *densitas*

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

$\lambda$  = laju kerusakan rata-rata

t = waktu

e = bilangan pokok logaritma (2.718)

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \quad t \geq \dots\dots\dots(2.3)$$

4. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \dots\dots\dots(2.4)$$

5. Waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF)

$$\mu = \frac{1}{\lambda} = \theta \dots\dots\dots(2.5)$$

6. *Variansi*

$$\sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

**2.7.2. Distribusi Normal**

Distribusi normal sangat penting karena merupakan dasar untuk membangun distribusi *lognormal*. Konsep dasar keandalan dalam distribusi probabilitasnya yaitu:

1. Fungsi *densitas*

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana:

$\sigma$  = *standard deviasi*

$\mu$  = waktu rata-rata antar kerusakan

e = bilangan pokok logaritma (2.718)

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \dots\dots\dots(2.8)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = 1 - \Phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \dots\dots\dots(2.9)$$

4. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}\left[1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right]} \dots\dots\dots (2.10)$$

5. Waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF)

$$\mu = \frac{\sum t}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

6. Variansi

$$\sigma^2 = \frac{\sum (t - \bar{t})^2}{n - 1} \dots\dots\dots (2.12)$$

**2.7.3. Distribusi Lognormal**

Distribusi *lognormal* sering digunakan dalam analisis keandalan karena sangat fleksibel. Distribusi *lognormal* digunakan untuk aplikasi-aplikasi jika terjadi degradasi secara fisik. Konsep dasar keandalan dalam distribusi probabilitasnya yaitu:

1. Fungsi *densitas*

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma' \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t' - \mu'}{\sigma'}\right)^2}; t' = \ln t \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

$\sigma$  = *standard deviasi*

$\mu$  = waktu rata-rata antar kerusakan

e = bilangan pokok logaritma (2.718)

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma' \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t' - \mu'}{\sigma'}\right)^2} dt = \Phi \left[ \frac{t' - \mu'}{\sigma'} \right] \dots\dots\dots (2.14)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \Phi \left( \frac{t' - \mu'}{\sigma'} \right) \dots\dots\dots(2.15)$$

4. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t' - \mu'}{\sigma'}\right)^2}}{t\sigma' \sqrt{2\pi \left[1 - \Phi\left(\frac{t' - \mu'}{\sigma'}\right)\right]}} \dots\dots\dots(2.16)$$

5. Waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF)

$$\mu = e^{\left[\mu' + \left(\frac{\sigma'^2}{2}\right)\right]} \dots\dots\dots (2.17)$$

6. Variansi

$$\sigma^2 = e^{2\mu' + \sigma'^2} (e^{\sigma'^2} - 1) \dots\dots\dots (2.18)$$

**2.7.4. Distribusi Weibull**

Distribusi *weibull* mempunyai peranan penting dalam analisis keandalan karena bersifat fleksibel. Distribusi wewibull secara luas digunakan untuk sistem, sub sistem dan komponen yang sudah usang dan mengalami degradasi Konsep dasar keandalan dalam distribusi probabilitasnya yaitu:

1. Fungsi *densitas*

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana:

$\beta$  = parameter skala, untuk  $\beta < 1$

$\theta$  = parameter bentuk yang berpengaruh pada rata-rata dan penyebaran.

e = bilangan pokok logaritma (2.718)

2. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.20)$$

3. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.21)$$

4. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \dots\dots\dots(2.22)$$

5. Waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF)

$$\mu = \theta.r \left(\frac{1 + \beta}{\beta}\right) \dots\dots\dots (2.23)$$

6. Variansi

$$\sigma^2 = \theta^2 \left[ r \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - r^2 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \dots\dots\dots (2.24)$$

**2.8 . Kapasitas Cadangan**

Perawatan preventif berkurang pentingnya ketika produksi pada tingkat yang rendah dibanding ketika produksi berada pada tingkat yang tinggi. Pada tingkat rendah terdapat kapasitas yang berlebih karena mesin-mesin tidak dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Apabila terdapat beberapa mesin, tidak menjadi masalah apabila salah satu mesin rusak. Produksi bisa dialihkan pada mesin yang lain tanpa kesulitan. Mesin yang memerlukan perbaikan bisa diperbaiki pada waktu yang disukai oleh departemen perawatan tanpa harus menanggung biaya tambahan akibat adanya kerusakan. Kapasitas cadangan dapat berfungsi sebagai perawatan cadangan. Kapasitas cadangan dapat disediakan untuk digunakan pada saat terjadi kesulitan. Kapasitas cadangan ini dapat berupa mesin, suku cadang utama atau komponen-komponen lainnya yang memerlukan waktu lama untuk mendapatkannya. Melakukan penggantian akan memakan biaya besar, tetapi hal ini dapat mengurangi biaya total dengan cara meminimumkan jumlah gangguan akibat kerusakan.

**2.9. Keandalan**

Keandalan merupakan probabilitas dimana komponen atau suatu sistem memperlihatkan fungsi yang diperlukan pada periode waktu yang telah diberikan ketika digunakan dibawah kondisi operasi. Keandalan berkaitan dengan berapa lama komponen atau sistem dapat menjalankan suatu operasi. Produk dengan kualitas rendah sama saja dengan memiliki keandalan yang rendah, sedang kualitas produk yang tinggi juga akan memiliki keandalan yang tinggi. Keandalan suatu sistem/peralatan tergantung pada faktor eksternal dan tidak hanya dari kualitas produk itu sendiri(Ebeling,1997).

### 2.9.1. Fungsi Keandalan

Keandalan dari suatu sistem dapat dikatakan merupakan probabilitas sistem yang dapat berjalan dengan baik untuk melakukan tugas tertentu. Nilai keandalan berkisar antara 0 dan 1. Fungsi keandalan dapat dinotasikan sebagai berikut:

$R(t)$  : probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik.

$P$  : peralatan beroperasi pada saat  $t$

$$R(t) = P \{x > t\}$$

$$R(t) = 1 - P \{x \leq t\}$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Dimana  $F(t)$  : *cumulative distribution function* (CDF) umur peralatan.

$R(t)$  : fungsi keandalan

Berikutnya adalah *probability density function* (PDF) yang menyatakan bentuk dari distribusi kegagalan sistem. Fungsi PDF sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{dF(t)}{dt} \\ &= \frac{d(1-R(t))}{dt} \end{aligned}$$

$$F(t) = \frac{-dR(t)}{dt}$$

$$R(t) = 1 - \int_p^{\sim} f(t)dt$$

$$= \int_{\mu}^{\infty} f(t) dt \dots\dots\dots(2.25)$$

Fungsi keandalan :

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \dots\dots\dots(2.26)$$

**2.9.2. Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time Between Failure (MTBF)**

*Mean time* adalah rata-rata atau waktu ekspektasi terjadinya kegagalan dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. *Mean time* juga disebut dengan MTBF atau MTTF. MTBF digunakan untuk unit-unit tereparasi, yang dapat digunakan lagi setelah proses reparasi karena terjadinya kegagalan. Sedangkan MTTF digunakan untuk unit-unit tak tereparasi, dan sering kali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi masa pakai yang dinotasikan dengan E(t) sehingga ekspektasi kerusakan dapat ditulis sebagai berikut :

$$E(t) = \int_0^{\infty} tf(t) dt$$

Karena t selalu positif, maka persamaan menjadi:

$$E(t) = \int_0^{\infty} tf(t) dt$$

$$= \int_0^{\infty} t dF(t) dt$$

$$E(t) = \int_0^{\infty} t d(1 - R(t))$$

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} tf(t) dt \dots\dots\dots (2.27)$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

**2.10. Perencanaan dan Penjadwalan Aktivitas Pemeliharaan**

Menurut Amrine& Ritchey (1982), penjadwalan pekerjaan pemeliharaan pada dasarnya menyangkut dua langkah, yaitu suatu rencana induk dari semua pekerjaan yang dapat diperkirakan sebelumnya dan suatu pengaturan harian dari rencana-rencana yang diperlukan karena keadaan darurat.

Jadwal pemeliharaan induk dapat dijabarkan dalam jadwal pemeliharaan mingguan atau harian. Jadwal kerja mingguan akan menyediakan informasi bagi penggunaannya dan merupakan dasar bagi pengawas pemeliharaan untuk mengeluarkan penugasan-penugasan pekerjaan harian kepada pekerja.

**2.10.1 Penggantian Komponen /Mesin**

Walaupun mesin dan peralatan sudah dirawat atau dipelihara sedemikian rupa secara baik dan teratur, tetapi mesin atau peralatan tersebut sampai pada suatu waktu tertentu akan rusak sehingga harus diganti. Alasan –alasan mengadakan penggantian mesin antara lain (Assauri,1980):

1. Adanya keuntungan potensiil dari penggunaan mesin baru, karena penggunaan bahan dan tenaga kerja yang lebih sedikit mengakibatkan harga pokok produk lebih rendah atau memberikan penghematan.
2. Karena mesin yang dipergunakan sudah rusak sehingga tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Mesin yang rusak perlu diganti, karena apabila mesin ini tidak diganti dan terus-menerus dipergunakan maka akan menimbulkan kerugian-kerugian seperti:
  - a. Waktu pengerjaan (*operation time*) produk dalam mesin tersebut menjadi lama.
  - b. Produksi perusahaan menurun, karena waktu produksi persatuan bertambah.
  - c. Kualitas produk menurun.



- d. Biaya tenaga kerja akan bertambah besar.
  - e. Biaya perawatan juga akan semakin bertambah besar.
3. Karena mesin yang dipergunakan telah tua atau ketinggalan jaman. Walaupun mesin yang kuno masih berfungsi, tetapi tidak dapat memenuhi tuntutan kemajuan teknologi yang modern, sehingga produk yang dihasilkan tidak dapat bersaing dengan produk lain dipasar.
  4. Mesin yang digunakan tidak cocok atau tidak mampu untuk menghasilkan produk baru yang berbeda sebagai akibat perubahan keinginan konsumen atau perubahan pasar. Perubahan keinginan dari konsumen mengharuskan perusahaan mengadakan perubahan *design* produk, yang dapat menyebabkan mesin yang dimiliki tidak dapat dipergunakan lagi.

**2.10.2 Penggantian Peralatan dengan Meminimumkan Biaya total Penggantian**

Tujuan dari menentukan selang optimal diantara *preventif replacement* untuk meminimumkan biaya total penggantian per satuan waktu (Yong Chen, 2002). Model yang digunakan yaitu pada persamaan 2.29

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * F(a)) + (C2 * \bar{F}(a))}{S(a)} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan:

C1 = Biaya penggantian korektif

C2 = Biaya penggantian preventif

S(a) = Rata-rata panjang siklus penggantian

$\Phi(a)$  = Biaya total dengan interval penggantian sebesar *a* dan S(*a*)

$$= \int_0^a x dF(x) + a \int_a^{\infty} dF(x)$$

F = *Cumulative distribution function*

*a* = Interval penggantian preventif per satuan waktu

Setiap komponen diganti secara preventif setelah dipakai selama  $a$  satuan waktu dengan biaya sekali penggantian sebesar  $C2$ . Meskipun sudah diganti secara preventif, kerusakan secara mendadak masih mungkin terjadi meskipun peluangnya lebih kecil. Biaya untuk sekali penggantian karena kerusakan adalah sebesar  $C1$ . Model ini akan mencari nilai  $a$  optimal sehingga dapat meminimumkan fungsi biaya yang melibatkan  $C1$  dan  $C2$ . Model pada persamaan (3.1) diatas dapat dijabarkan pada persamaan (3.2) - (3.7)

$$S(a) = \int_0^a x dF(x) + a \int_a^{\infty} dF(x) \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$F(a) = (1 - R(a))$$

$$\bar{F}(a) = (1 - F(a))$$

Dimana  $F(a)$  merupakan peluang terjadinya kerusakan sebelum waktu  $a$   
 $\bar{F}(a)$  merupakan peluang keandalan dari suatu sistem sebelum waktu  $a$

Penjabaran rumus:

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * 1 - (1 - R(a))))}{\int_0^a x dF(x) + a \int_a^{\infty} dF(x)}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x dF(x) + a \int_a^{\infty} dF(x)} \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

dimana:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

$f(x)$  merupakan *probability density function* (PDF). Fungsi ini menggambarkan mengenai bentuk dari distribusi kerusakan

Dengan kata lain kedua fungsi *reliability* / keandalan dan *cumulative distribution function* (CDF) mewakili wilayah / area dibawah kurva yang ditentukan oleh  $f(x)$ . Secara normal fungsi  $R(a)$  digunakan ketika *reliability* telah dihitung dan fungsi  $F(a)$  secara normal digunakan ketika probabilitas kerusakan telah dihitung.

$$dF(x) = f(x)dx \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

jadi:

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a \int_a^{\sim} f(x)}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a(F(x)]_a^{\sim}}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a(F(x)]_a^{\sim}}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a(1 - R(x)]_a^{\sim})}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a((1 - R(\sim)) - (1 - R(a)))}$$

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{\int_0^a x f(x)dx + a(R(a))} \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

Sedangkan fungsi  $\int_0^a x f(x)dx = (-\sigma * G(x)) + (\mu * F(x)) \quad \dots\dots\dots(2.34)$

$\int_0^a x f(x)dx$  merupakan rata-rata atau nilai ekspektasi dari peluang distribusi yang ditentukan oleh  $f(x)$

Rumus akhir menjadi:

$$\Phi(a) = \frac{(C1 * (1 - R(a)) + (C2 * R(a)))}{((-\sigma * G(a)) + (\mu * F(a)) + a(R(a)))} \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Standar deviasi

$\mu$  = Mean

$G(x)$  = Titik ordinat kurva normal

$F(x)$  = Cumulative distribution function

Ada dua macam kebijakan perawatan preventif yang lain:

1. Penggantian periodik dibawah perbaikan minimal.

Dalam kebijakan penggantian periodik dibawah perbaikan minimal ditunjukkan dengan waktu interval yang konstan, dengan biaya penggantian sebesar  $C_r$ , sementara perbaikan minimal ditunjukkan dengan biaya  $C_m$  untuk segala kerusakan. Siklus penggantian dibawah kebijakan ini sama dengan panjang  $a$ . Keputusan perawatan adalah untuk memilih penggantian optimal.

2. Kebijakan penggantian N.

Kebijakan penggantian N perbaikan minimal untuk N-1 kerusakan dan penggantian Nth kerusakan. Asumsi yang dipakai pada model ini adalah:

- a. Ketika seluruh item rusak, tidak pernah diperbaiki atau diganti. Keputusan penggantian ditentukan menurut kebijakan penggantian N.
- b.  $X_k$  adalah waktu kerusakan setelah perbaikan (k-1), kemudian  $\{X_k, k=1,2,\dots\}$  bentuk dari urutan variabel random non-negatif dengan nilai rata-rata peningkatan  $E(X_k) = \mu_k$
- c.  $Y_k$  adalah waktu perbaikan setelah k, kemudian  $\{Y_k, k=1,2,\dots\}$  bentuk dari urutan variabel random non-negatif dengan nilai rata-rata penurunan  $E(Y_k) = \eta_k$
- d. Biaya penggantian per unit waktu adalah  $C_m$ , biaya penggantian per unit waktu dibawah kebijakan penggantian N adalah  $C_r$ . Kedua biaya  $C_m$  dan  $C_r$  termasuk biaya operasi yang hilang.

Rumus yang dipakai :

$$V_{II}(N) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [(C_t - \Phi_{II}(N))^2] \dots\dots\dots (2.36)$$

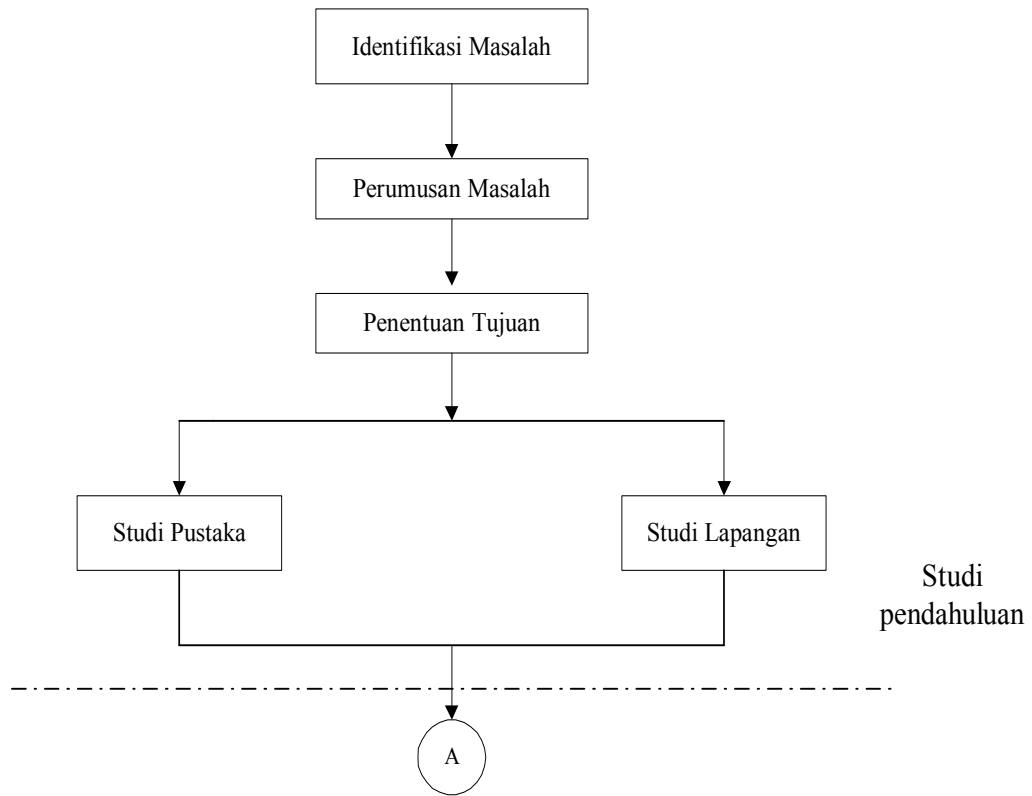
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

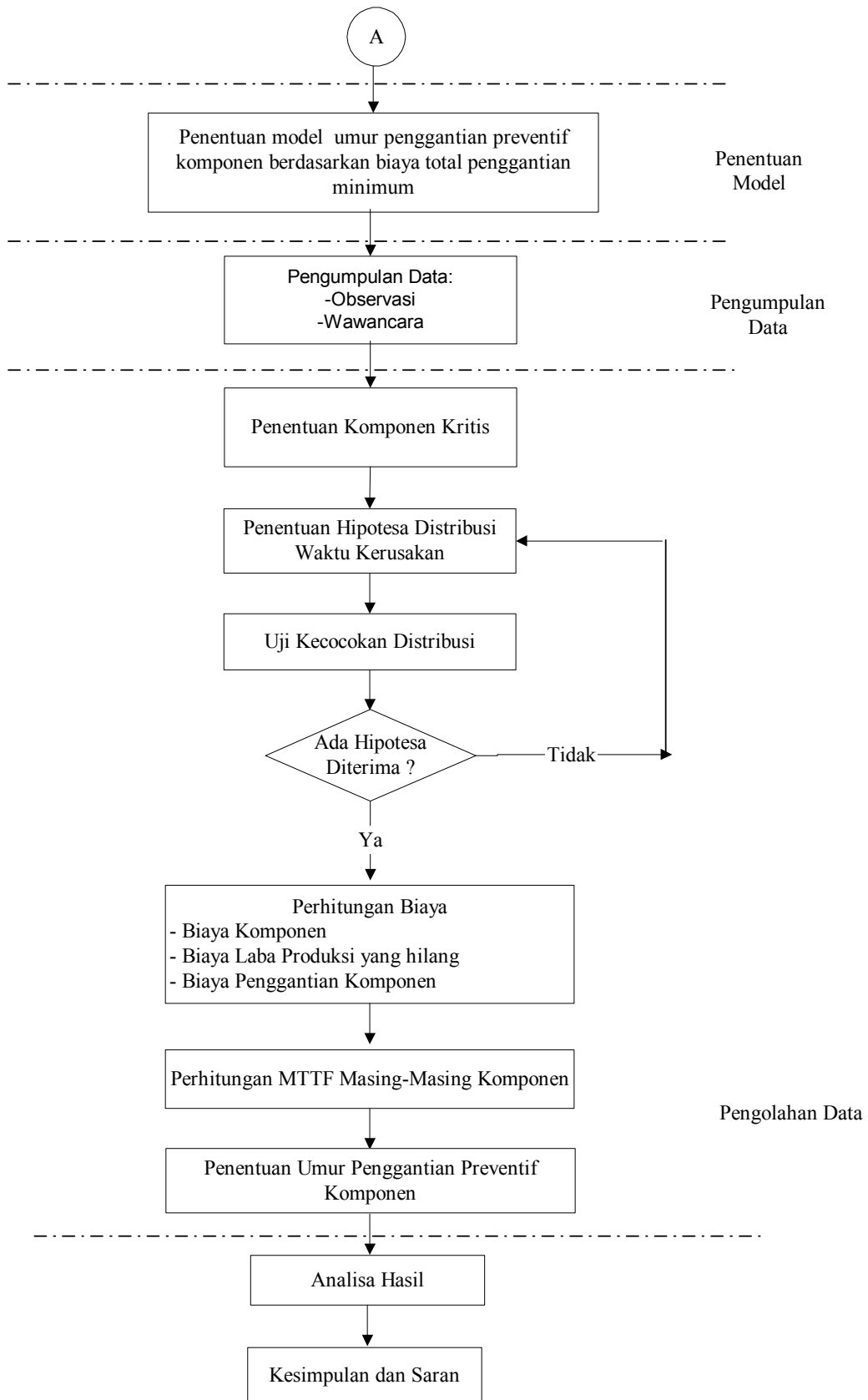
Metodologi penelitian merupakan kerangka pemecahan masalah yang menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah secara singkat beserta penjelasannya. Metodologi penelitian terdiri dari tahap identifikasi masalah, perumusan masalah, penetapan tujuan penelitian, studi lapangan dan studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, analisa hasil, kesimpulan dan saran.

#### **3.1. Identifikasi Masalah**

Tahap ini merupakan langkah awal proses identifikasi masalah yang akan diangkat dalam penelitian. Identifikasi masalah meliputi sistem perawatan dan sistem penggantian komponen mesin PT.GE Lighting Indonesia. Metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Metodologi Penelitian



**Gambar 3.1.** (Lanjutan)

Pencarian dan penelusuran masalah yang terjadi di perusahaan dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), yaitu suatu metode untuk mengkarakterisasi akar permasalahan kegagalan secara sistematis supaya kegagalan serupa tidak terjadi lagi.

### **3.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang maka perumusan masalah yang diambil, yaitu bagaimana menentukan interval waktu penggantian preventif komponen dengan mempertimbangkan biaya total penggantian yang paling minimum.

### **3.3. Penentuan Tujuan Penelitian**

Setelah merumuskan masalah, langkah berikutnya adalah penentuan tujuan penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan interval waktu penggantian preventif komponen mesin berdasarkan biaya total penggantian yang paling minimum.

### **3.4. Studi Pustaka dan Studi Lapangan**

Studi pustaka digunakan untuk memperoleh landasan atau kerangka berpikir dalam menyelesaikan masalah, yaitu dengan mengeksplorasi buku-buku, jurnal dan sumber-sumber lain yang terkait dengan perawatan preventif.

Studi lapangan dilakukan sebagai observasi awal untuk mengetahui lebih jelas permasalahan dalam penelitian. Selain itu juga untuk mengetahui karakteristik objek penelitian, sehingga dapat diketahui hambatan serta permasalahan yang ada di perusahaan.

### **3.5. Penentuan Model Umur Penggantian Preventif Komponen**

Tahap ini merupakan tahap penentuan model penggantian preventif yang akan digunakan untuk memecahkan masalah. Penentuan model didasarkan pada karakteristik kerusakan komponen-komponen mesin. Dari pengamatan awal dapat diketahui karakteristik kerusakan komponen adalah sebagai berikut:

- i. Setiap terjadi kerusakan terhadap suatu komponen mesin, maka akan dilakukan penggantian baru.



- ii. Penggantian tidak dilakukan secara bersamaan untuk beberapa komponen, melainkan dilakukan secara terpisah berdasarkan waktu kerusakan tiap komponen.
- iii. Komponen yang diganti dianggap mempunyai sifat seperti baru kembali “*as good as new*”
- iv. Sistem diganti saat rusak (korektif) atau ketika umur pemakaiannya mencapai T satuan waktu (preventif), tergantung mana yang terjadi lebih dahulu.

Berdasarkan karakteristik tersebut, maka ditentukan model penggantian preventif pada persamaan (2.29).

### **3.6. Pengumpulan Data**

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian. Data tersebut dapat berupa data primer maupun data sekunder perusahaan. Metode pengumpulan data primer dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Wawancara

Tahap ini dilakukan tanya jawab secara langsung dengan pihak perusahaan ataupun pihak-pihak yang telah ditunjuk oleh perusahaan. Selain itu wawancara ini juga dilakukan dengan kepala *maintenance* PT.GE Lighting Indonesia, tenaga *maintenance*, dan operator mesin.

2. Observasi

Observasi yaitu metode pengumpulan data dimana peneliti mengamati kondisi lapangan secara langsung, kemudian melakukan pencatatan berdasarkan objek yang telah diamati.

Sedang data sekunder diperoleh langsung dari data perusahaan.

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu:

- a. Data penjadwalan perawatan perusahaan.
- b. Data interval waktu kerusakan mesin periode bulan Januari 2004– Juni 2006.
- c. Data *downtime* mesin *mounting*, *sealing* dan *exhaust* periode bulan Januari 2004 – Juni 2006.
- d. Data harga pembelian komponen.

### 3.7. Pengolahan Data

Langkah-langkah pada pengolahan data yaitu:

1. Penentuan komponen kritis

Pada tahap ini dilakukan penentuan komponen kritis mesin yang sering mengalami kerusakan. Komponen kritis merupakan komponen yang mempunyai pengaruh besar terhadap kesatuan sistem. Untuk memudahkan penentuan dan pemilihan komponen kritis mesin, maka menggunakan diagram *pareto*. Kriteria dalam pemilihan komponen kritis berdasarkan diagram *pareto* yaitu minimal 80% masalah yang terjadi di perusahaan harus dapat teratasi.

2. Pengujian kecocokan distribusi

Setelah menentukan komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan, tahap selanjutnya yaitu menguji hipotesa untuk mengetahui apakah pola distribusi kerusakan sesuai dengan dugaan atau tidak. Apabila sesuai maka dilanjutkan ke tahap berikutnya, tetapi jika tidak sesuai maka harus kembali ke langkah sebelumnya yaitu menentukan hipotesa awal. Penentuan hipotesa dan pola distribusi masing-masing komponen menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan dibantu dengan *software statfit*. Uji distribusi waktu antar kerusakan yang biasa digunakan (Ebellling,1997) yaitu distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull*. Pada dasarnya hipotesa awal setiap pengujian berharap untuk diterima, oleh karena itu dalam pemilihan distribusi yang dipakai yaitu dengan memilih distribusi yang memiliki nilai parameter  $D_{max}$  paling kecil

3. Perhitungan biaya total penggantian komponen akibat kerusakan mesin

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya total penggantian yang harus dikeluarkan perusahaan akibat kerusakan mesin. Biaya tersebut meliputi biaya pembelian komponen baru, laba produksi yang hilang, dan biaya penggantian komponen secara preventif dan korektif.

4. Perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*) masing-masing komponen

Tahap ini merupakan tahap perhitungan MTTF masing-masing komponen mesin, sehingga dapat diketahui rata-rata waktu terjadinya kerusakan komponen-komponen tersebut.

5. Penentuan umur penggantian preventif komponen berdasarkan biaya total penggantian yang minimum

Tahap ini merupakan tahap perhitungan besarnya waktu penggantian preventif komponen mesin dengan pemilihan umur ekonomis komponen berdasarkan biaya total penggantian yang paling minimum.

### **3.8. Analisis dan Interpretasi Hasil**

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil pengolahan data . Analisis tersebut berupa analisis MTTF, analisis perhitungan biaya, analisa penentuan umur penggantian komponen, analisa perbandingan biaya antara kebijakan terdahulu dan kebijakan usulan.

### **3.9. Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan diambil setelah melakukan analisa hasil dari pengolahan data. Berisi tentang kesimpulan penelitian, kesimpulan masalah yang diangkat, kesimpulan hasil dan penyelesaian masalah, kemudian dikemukakan saran-saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab pengumpulan dan pengolahan data berisi penjabaran secara lengkap mengenai data yang dibutuhkan beserta pengolahannya, untuk menentukan umur ekonomis penggantian komponen mesin.

#### 4.1. Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data mesin yang sering mengalami kerusakan yaitu mesin *mounting*, mesin *sealing* dan mesin *exhaust*. Data mengenai jumlah frekuensi kerusakan mesin beserta lama *downtime* yang disebabkan tiap-tiap komponen selama perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.1.-4.3.

##### A. Mesin *Mounting*

Data frekuensi kerusakan dan total *downtime* mesin *mounting* selama periode bulan Januari 2004 – Juli 2006, dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Data Frekuensi Kerusakan dan *Downtime* Mesin *Mounting*

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total <i>downtime</i> (menit)	Rata-rata <i>downtime</i> per kerusakan (menit)
1	Pen sekoci	12	730	60,833
2	<i>Spruyer mounting</i>	20	972	48,6
3	Plat pembentuk LIW	19	1114	58,631
4	Penjepit filamen	43	2422	56,325
5	As penggerak	32	1320	41,25
6	<i>Conveyor stem</i>	6	395	65,833
7	<i>Stang loading</i>	4	195	48,75
8	<i>Magnetig steering</i>	5	380	76
9	<i>Head</i>	3	585	195
10	<i>Burners</i>	6	548	91,333
11	<i>Panche unloading</i>	12	780	65
12	Plat penekan mowire	17	655	38,529

Sumber : Lampiran 1, Hal L-1 (PT.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

##### B. Mesin *Sealing*

Data frekuensi kerusakan dan besarnya *downtime* mesin *sealing* selama periode bulan Januari 2004 – Juli 2006, diperlihatkan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Data Frekuensi Kerusakan dan *Downtime* Mesin *Sealing*

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total <i>downtime</i> (menit)	Rata-rata <i>downtime</i> per kerusakan (menit)
1	<i>Mikroswitch</i>	21	886	42,190
2	<i>Marking</i>	24	535	22,291
3	<i>Laker head sealing</i>	12	762	63,5
4	<i>Karet Transferring</i>	19	1121	59
5	<i>Burners</i>	12	635	52,916
6	<i>Molding</i>	10	360	36
7	<i>V-belt</i>	27	998	36,962
8	<i>Cam</i>	3	275	91,666
9	<i>Vacum</i>	7	510	72,857

Sumber : Lampiran 1, Hal L-1 (T.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

### C. Mesin *Exhaust*

Data frekuensi kerusakan dan besarnya *downtime* mesin *exhaust* selama periode bulan Januari 2004 – Juli 2006 dapat diketahui pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Data Frekuensi Kerusakan dan *Downtime* Mesin *Exhaust*

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total <i>downtime</i> (menit)	Rata-rata <i>downtime</i> per kerusakan (menit)
1	<i>As roller</i>	4	342	85,5
2	Karet glass	16	1050	65,625
3	Stang pengerol	2	200	100
4	<i>Cam</i>	11	440	40
5	<i>Head</i>	17	785	46,176
6	<i>Spindle</i>	2	300	150
7	<i>Burners</i>	6	250	41,666
8	<i>Cooling</i>	11	355	32,272
9	Roda gigi penggerak	14	465	33,214
10	Motor pengerol	11	1195	108,636

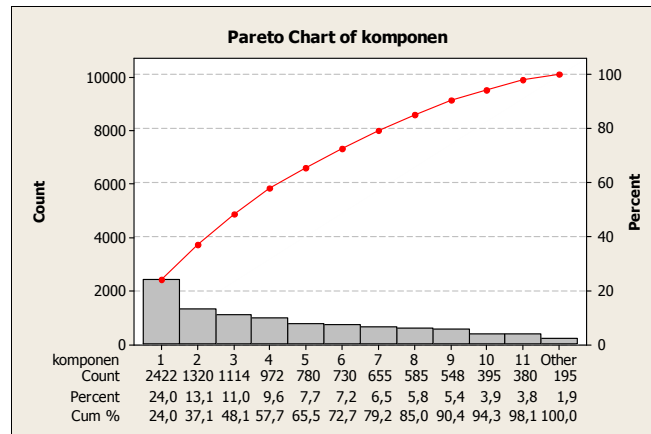
Sumber : Lampiran 1, Hal L-1 (PT.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

### 4.2. Penentuan Komponen Kritis

Tahap ini merupakan penentuan komponen kritis kerusakan mesin menurut lama *downtime*. Berdasarkan data kerusakan yang diperoleh, *downtime* setiap mesin diurutkan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, kemudian dibuat diagram *pareto* untuk memudahkan pemilihan komponen kritis. Penentuan komponen kritis setiap mesin diperlihatkan pada gambar 4.1. - 4.3.

## A. Mesin *Mounting*

Diagram *pareto* mengenai besarnya total *downtime* yang disebabkan oleh komponen-komponen mesin *mounting* dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** *Pareto Downtime* Mesin *Mounting*

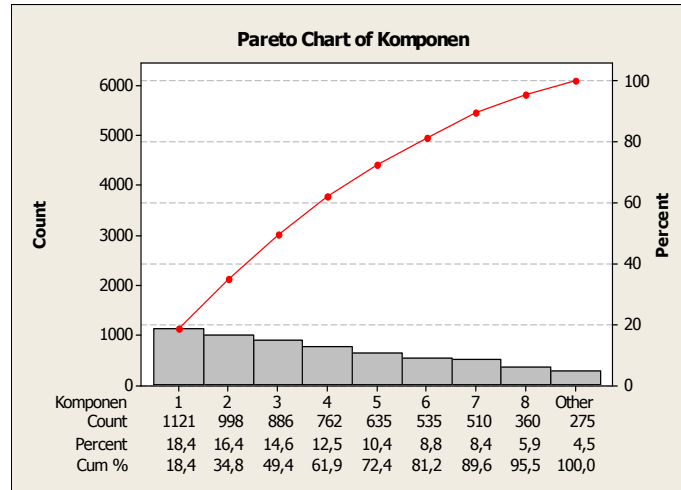
Keterangan:

- 1 = Penjepit filamen
- 2 = As penggerak
- 3 = Plat pembentuk LIW
- 4 = *Spruyer mounting*
- 5 = *Panche unloading*
- 6 = Pen sekoci
- 7 = Plat penekan mowire
- 8 = *Head*
- 9 = *Burners*
- 10 = *Stang Loading*
- 11 = *Magnetig strerring*
- 12 = *Conveyor stem*

Berdasarkan gambar 4.1. diagram *pareto* diatas dapat diketahui bahwa 80% *downtime* mesin *mounting* disebabkan oleh tujuh komponen utama mesin yang sering mengalami kerusakan dan memiliki *downtime* tinggi. Komponen tersebut adalah komponen penjepit filamen, as penggerak, plat pembentuk LIW, *spruyer mounting*, *panche unloading*, pen sekoci dan plat penekan mowire.

## B. Mesin Sealing

Diagram *pareto* mengenai total *downtime* yang disebabkan oleh komponen-komponen mesin *sealing*, dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** *Pareto Downtime Mesin Sealing*

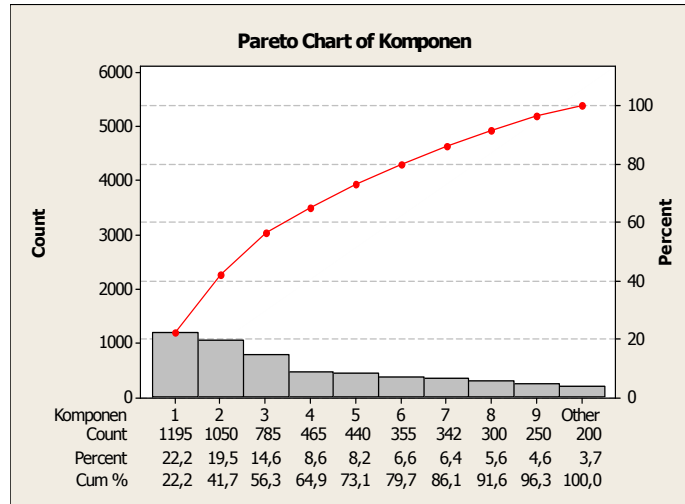
Keterangan:

- 1 = Karet transferring
- 2 = *V belt*
- 3 = *Mikroswitch*
- 4 = *Laker head sealing*
- 5 = *Burners*
- 6 = *Marking*
- 7 = *Vacum*
- 8 = *Molding*
- 9 = *Cam*

Berdasarkan gambar 4.2. diagram *pareto* diatas dapat diketahui bahwa 80% *downtime* mesin *sealing* disebabkan oleh enam komponen utama mesin yang sering mengalami kerusakan dan memiliki *downtime* tinggi. Komponen tersebut adalah komponen karet transferring, *v belt*, *mikroswitch*, *laker head sealing*, *burners* dan *marking*.

### C. Mesin Exhaust

Diagram *pareto* jumlah keseluruhan *downtime* yang disebabkan komponen-komponen mesin *exhaust*, dapat dilihat pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** *Pareto Downtime Mesin Exhaust*

Keterangan:

- 1 = Motor pengerol
- 2 = *Karet glass*
- 3 = *Head*
- 4 = Roda gigi penggerak
- 5 = *Cam*
- 6 = *Cooling*
- 7 = As pengerol
- 8 = *Spindel*
- 9 = *Burners*
- 10= Stang pengerol

Berdasarkan gambar 4.3 diagram *pareto* diatas dapat diketahui bahwa 80% *downtime* mesin *exhaust* disebabkan oleh enam komponen utama mesin yang sering mengalami kerusakan dan memiliki *downtime* tinggi. Komponen tersebut adalah motor pengerol, *karet glass*, *head*, roda gigi penggerak, *cam* dan *cooling*.



### 4.3. Pengambilan Data

Setelah menentukan komponen-komponen kritis tiap mesin kemudian melakukan pengambilan data waktu antar kerusakan mesin untuk mesin *mounting*, mesin *sealing* dan mesin *exhaust*. Data waktu antar kerusakan tiap- tiap komponen mesin diperlihatkan pada tabel 4.4. - 4.6.

#### A. Mesin *Mounting*

Data besarnya waktu antar kerusakan masing-masing komponen mesin *mounting*, diperlihatkan pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Mounting* (hari)

No	Komponen						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	19	31	57	35	89	53	42
2	34	28	56	38	91	50	54
3	25	30	63	44	77	57	51
4	26	34	48	34	73	72	49
5	27	31	59	44	95	65	62
6	24	35	55	35	79	54	44
7	28	25	50	45	101	61	40
8	20	39	61	56	95	60	60
9	14	25	47	32	75	52	44
10	30	31	49	42	89	55	64
11	34	26	55	31	98	89	42
12	32	37	48	48			52
13	24	31	58	40			46
14	18	38	56	33			56
15	20	34	50	37			47
16	18	45	58	41			53
17	22	44	44	42			
18	22	36	57	37			
19	16	44		55			
20	17	37					
21	8	30					
22	24	33					
23	9	42					
24	21	33					
25	14	32					
26	4	31					
27	7	47					
28	16	44					

**Tabel 4.4.** (Lanjutan)

29	31	42					
30	28	37					
31	34	46					
32	22						
33	19						
34	29						
35	8						
36	23						
37	14						
38	18						
39	20						
40	24						
41	21						
42	23						
$\bar{x}$	21,119	35,419	53,944	40,473	87,454	60,727	50,375
s	7,597	6,370	5,384	7,105	9,852	11,349	7,437

Sumber : Lampiran 2, Hal L-2 sd L-12 (PT.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

Keterangan;

I = Penjepit filamen

II = Plat pembentuk LIW

III = As penggerak

IV = *Spruyer mounting*

V = *Panche unloading*

VI = Pen sekoci

VII = Plat penekan mowire

$\bar{x}$  = rata-rata = MTTF (*mean time to failure*)

s = standard deviasi

## B. Mesin *Sealing*

Data waktu antar kerusakan masing-masing komponen mesin *sealing*, diperlihatkan pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5.** Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Sealing* (hari)

No	Komponen					
	I	II	III	IV	V	VI
1	51	28	46	87	87	33
2	50	42	35	94	88	36
3	57	26	37	74	53	37
4	42	31	45	72	70	39
5	53	32	43	68	64	30
6	49	37	35	70	68	48
7	54	26	40	65	62	33
8	55	31	36	63	65	36
9	31	32	43	72	67	36
10	29	37	20	96	66	32
11	49	36	47	67	65	44
12	42	36	52			36
13	52	39	41			46
14	30	20	56			41
15	47	43	70			41
16	52	36	67			42
17	38	42	51			36
18	61	39	68			30
19		37	36			34
20		40	57			42
21		62				49
22		42				42
23		40				37
24		39				
25		35				
26		34				
$\bar{x}$	46,77	36,230	46,25	75,272	68,636	38,260
s	9,477	7,747	12,694	11,602	10,298	5,386

Sumber : Lampiran 2, Hal L-2 sd L-12 (PT.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

Keterangan;

I = Karet transferring

II = *V-belt*

III = *Mikroswitch*

IV = *Laker head sealing*

V = *Burners*

VI = *Marking*

$\bar{x}$  = rata-rata = MTTF (*mean time to failure*)

s = standard deviasi

### C. Mesin *Exhaust*

Data waktu antar kerusakan masing-masing komponen mesin *exhaust*, diperlihatkan pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Exhaust* (hari)

No	Komponen					
	I	II	III	IV	V	VI
1	62	53	46	57	97	113
2	49	50	53	62	93	90
3	70	57	46	74	119	114
4	85	62	49	63	94	105
5	71	58	57	75	103	101
6	50	65	45	69	95	98
7	55	60	52	75	105	104
8	42	61	47	67	112	99
9	83	58	55	48	91	119
10	72	52	50	59	96	108
11		55	52	77		
12		58	48	65		
13		63	41	76		
14		51	56			
15		67	49			
16			57			
$\bar{x}$	63,9	58	50,187	66,692	100,5	105,1
s	14,683	5,126	4,679	8,807	9,143	8,672

Sumber : Lampiran 2, Hal L-2 sd L-12 (PT.GE Lighting Indonesia, 2004-2006)

Keterangan;

I = Motor pengerol

II = *Karet glass*

III = *Head*

IV = Roda gigi penggerak

V = *Cam*

VI = *Cooling*

$\bar{x}$  = rata-rata = MTTF (*mean time to failure*)

s = standard deviasi

#### 4.4. Pengujian Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Tahap ini merupakan penentuan pola distribusi waktu antar kerusakan tiap-tiap komponen kritis mesin. Model distribusi yang biasa digunakan untuk memodelkan distribusi waktu antar kerusakan adalah distribusi normal, *lognormal*, *eksponensial* dan *weibull* (Ebeling, 1997). Pengujian distribusi tersebut menggunakan bantuan *software Statfit* untuk memudahkan penentuan pola distribusi waktu antar kerusakan tiap-tiap komponen kritis mesin yang diuji. Sedang untuk uji manual menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil pengujian dengan *software statfit* dapat dilihat pada lampiran sedang pengujian manual menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut:

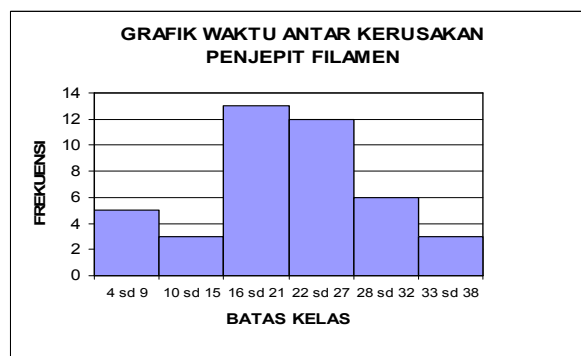
##### A. Mesin *Mounting*

Contoh perhitungan manual pengujian distribusi komponen penjepit filamen dan as penggerak adalah sebagai berikut:

##### 1. Penjepit filamen

Langkah-langkah pengujian distribusi komponen penjepit filamen yaitu:

- i. Pengeplotan data waktu antar kerusakan ke dalam grafik. Hal ini dilakukan untuk melihat pendugaan awal pola distribusi data. Grafik waktu antar kerusakan komponen penjepit filamen dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4.** Grafik Waktu Antar Kerusakan Penjepit filamen

Pada gambar 4.4. diatas didapatkan nilai-nilai parameter sebagai berikut:

Nilai max	=	34
Nilai min	=	4
Mean	=	21,11905
Standard deviasi	=	7,510001
Variansi	=	56,40012

Langkah pembuatan grafik:

1. Pengurutan data mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Pengelompokkan data berdasarkan kelas masing-masing frekuensi observasi.

Kelas	fo
4 sd 9	5
10 sd 15	3
16 sd 21	13
22 sd 27	12
28 sd 32	6
33 sd 38	1

3. Penentuan jumlah dan lebar kelas:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log 42 \\
 &= 6,39243 \approx 6 \text{ kelas}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar kelas} &= \frac{\text{range}}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= \frac{(34 - 4)}{6} = 5
 \end{aligned}$$

4. Pembuatan grafik.

- ii. Penentuan hipotesa awal

Berdasarkan gambar 4.4. diatas maka hipotesa awal waktu antar kerusakan penjepit filamen adalah berdistribusi normal, yaitu:

$H_0$  : Distribusi waktu antar kerusakan mengikuti distribusi normal.

$H_1$  : Distribusi waktu antar kerusakan tidak mengikuti distribusi normal.

- iii. Penentuan taraf signifikan

Taraf signifikan yang dipakai adalah  $(\alpha) = 0.05$  atau 5 %.

- iv. Menentukan nilai parameter

Penentuan parameter dengan menggunakan nilai D max.

$$D_n = \max \{D_1, D_2\}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left( \frac{t_i}{n} \right) = \frac{19 + 34 + 25 + \dots + 21 + 23}{42} = 21,119$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n} = \frac{(19 - 21,119)^2 + (34 - 21,119)^2 + \dots + (23 - 21,119)^2}{42}$$

$$= 56,4001$$

$$\sigma = \sqrt{56,4001} = 7,51$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \phi \left( \frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \phi \left( \frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \right\}$$

Adapun perhitungan nilai parameter  $D_1$  dan  $D_2$  komponen penjepit filamen disajikan pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7.** Perhitungan parameter  $D_1$  dan  $D_2$  Penjepit Filamen

Data	i	(i-1)/n	i/n	$Z = \frac{(t_i - \mu)}{\sigma}$	Cum prob	D1	D2
4	1	0	0,02381	-2,2795	0,011319	0,011319	0,012491
7	2	0,02381	0,047619	-1,88003	0,030052	0,006242	0,017567
8	3	0,047619	0,071429	-1,74688	0,040329	0,00729	0,031099
8	4	0,071429	0,095238	-1,74688	0,040329	0,031099	0,054909
9	5	0,095238	0,119048	-1,61372	0,053294	0,041944	0,065754
14	6	0,119048	0,142857	-0,94794	0,171579	0,052532	0,028722
14	7	0,142857	0,166667	-0,94794	0,171579	0,028722	0,004913
14	8	0,166667	0,190476	-0,94794	0,171579	0,004913	0,018897
16	9	0,190476	0,214286	-0,68163	0,247736	0,05726	0,03345
16	10	0,214286	0,238095	-0,68163	0,247736	0,03345	0,009641
17	11	0,238095	0,261905	-0,54847	0,291683	0,053588	0,029778
18	12	0,261905	0,285714	-0,41532	0,338954	0,075249	0,05324
18	13	0,285714	0,309524	-0,41532	0,338954	0,05324	0,02943
18	14	0,309524	0,333333	-0,41532	0,338954	0,02943	0,005621
19	15	0,333333	0,357143	-0,28216	0,388909	0,055576	0,031766
19	16	0,357143	0,380952	-0,28216	0,388909	0,031766	0,007957
20	17	0,380952	0,404762	-0,14901	0,440774	0,059821	0,036012
20	18	0,404762	0,428571	-0,14901	0,440774	0,036012	0,012202
20	19	0,428571	0,452381	-0,14901	0,440774	0,012202	0,011607

Tabel 4.7. (Lanjutan)

21	20	0,452381	0,47619	-0,01585	0,493676	0,041295	0,017486	
21	21	0,47619	0,5	-0,01585	0,493676	0,017486	0,006324	
22	22	0,5	0,52381	0,117304	0,54669	0,04669	0,022881	
22	23	0,52381	0,547619	0,117304	0,54669	0,022881	0,000929	
22	24	0,547619	0,571429	0,117304	0,54669	0,000929	0,024738	
23	25	0,571429	0,595238	0,25046	0,598884	0,027455	0,003646	
23	26	0,595238	0,619048	0,25046	0,598884	0,003646	0,020164	
24	27	0,619048	0,642857	0,383615	0,649368	0,030321	0,006511	
24	28	0,642857	0,666667	0,383615	0,649368	0,006511	0,017298	
24	29	0,666667	0,690476	0,383615	0,649368	0,017298	0,041108	
24	30	0,690476	0,714286	0,383615	0,649368	0,041108	0,064918	
25	31	0,714286	0,738095	0,516771	0,697342	0,016944	0,040753	
26	32	0,738095	0,761905	0,649927	0,74213	0,004035	0,019774	
27	33	0,761905	0,785714	0,783083	0,783211	0,021306	0,002503	
28	34	0,785714	0,809524	0,916239	0,820229	0,034515	0,010705	
28	35	0,809524	0,833333	0,916239	0,820229	0,010705	0,013104	
29	36	0,833333	0,857143	1,049394	0,853002	0,019668	0,004141	
30	37	0,857143	0,880952	1,18255	0,881506	0,024363	0,000554	
31	38	0,880952	0,904762	1,315706	0,905864	0,024911	0,001102	
32	39	0,904762	0,928571	1,448862	0,926312	0,02155	0,00226	
34	40	0,928571	0,952381	1,715173	0,956843	0,028272	0,004462	
34	41	0,952381	0,97619	1,715173	0,956843	0,004462	0,019347	
34	42	0,97619	1	1,715173	0,956843	0,019347	0,043157	
Sumber : Data Diolah,2006						D hitung	0,075249	0,065754
						D tabel	0,205	

v. Pengujian hipotesa

Apabila nilai  $D_{\max} < D_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima

Apabila nilai  $D_{tabel} > D_{\max}$  maka  $H_1$  ditolak

vi. Keputusan

Nilai  $D_{\max}$  hitung adalah 0,075249 , sedangkan nilai  $D_{tabel} = 0,205$ , maka  $H_0$  diterima, karena  $D_{\max} < D_{tabel}$ . Jadi untuk distribusi komponen penjepit filamen mengikuti pola distribusi normal.



Pada dasarnya setiap hipotesa awal pengujian distribusi waktu antar kerusakan mesin berharap diterima, sebagai perbandingan maka seluruh data waktu antar kerusakan diuji dengan distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *Weibull* menggunakan *software statfit* . Rekap hasil pengujian seluruh distribusi dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel 4.8.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Penjepit Filamen

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,323	0,205	Tolak Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,158	0,205	Terima Ho
3	Normal	0,0752	0,205	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,0951	0,205	Terima Ho

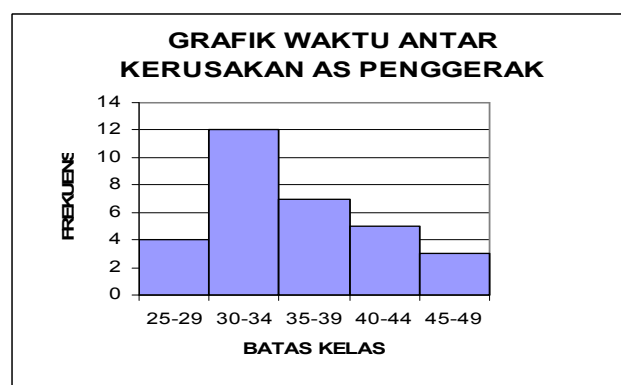
Sumber: Lampiran 3.1, Hal L-13

Dari tabel 4.8. diatas dapat diketahui bahwa hipotesa awal untuk distribusi *eksponensial* ditolak, karena memiliki nilai  $D_{max} > D_{tabel}$ . Sedang ketiga hipotesa awal distribusi *lognormal*, normal dan *Weibull* diterima, karena memiliki nilai  $D_{max} < D_{tabel}$ . Penentuan distribusi terbaik yaitu dengan memilih distribusi yang memiliki nilai  $D_{max}$  paling kecil. Dari ketiga hipotesa awal yang diterima, distribusi yang memiliki nilai  $D_{max}$  paling kecil adalah distribusi normal. Oleh karena itu distribusi waktu antar kerusakan komponen penjepit filamen ditetapkan mengikuti pola distribusi normal.

## 2. As Penggerak

Langkah-langkah pengujian distribusi komponen as penggerak yaitu:

- i. Pengeplotan data waktu antar kerusakan ke dalam grafik untuk melihat pendugaan awal pola distribusi data. Adapun grafik waktu antar kerusakan komponen as penggerak disajikan pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5.** Grafik Waktu Antar Kerusakan As Penggerak

Pada gambar 4.5. diatas didapatkan nilai-nilai parameter komponen as penggerak sebagai berikut:

Nilai max = 47  
 Nilai min = 25  
 Mean = 35,41935  
 Standard deviasi = 6,370632  
 Variansi = 40,58495

Langkah pembuatan grafik:

1. Pengurutan data dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Pengelompokkan data berdasarkan kelas masing-masing frekuensi observasi.

kelas	fo
25-29	4
30-34	12
35-39	7
40-44	5
45-49	3

3. Penentuan jumlah dan lebar kelas:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log 31 \\
 &= 5,954304 \approx 5 \text{ kelas}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar kelas} &= \frac{\text{range}}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= \frac{(47 - 25)}{5} \\
 &= 3,694807 \approx 4
 \end{aligned}$$

4. Pembuatan grafik

- ii. Penentuan hipotesa awal

Berdasarkan gambar 4.5. diatas maka hipotesa awal waktu antar kerusakan as penggerak adalah berdistribusi lognormal, yaitu:

$H_0$  : Distribusi waktu antar kerusakan mengikuti distribusi *lognormal*.

$H_1$  : Distribusi waktu antar kerusakan tidak mengikuti distribusi *lognormal*.

iii. Penentuan taraf signifikan

Taraf signifikan yang dipakai adalah  $(\alpha) = 0.05$  atau 5 %.

iv. Penentuan nilai parameter

Penentuan parameter menggunakan nilai D max..

$$D_n = \max \{D_1, D_2\}$$

$$\hat{\mu} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\ln t_i}{n} \right) = \frac{\ln 57 + \ln 56 + \ln 63 + \dots + \ln 48}{18} = 3,941108$$

$$\begin{aligned} \hat{t}_{med} &= e^{\hat{\mu}} \\ &= 2.718^{3,941108} \\ &= 51,45456 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{s}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \hat{\mu})^2}{n} \\ &= \frac{(\ln 57 - 3,94)^2 + (\ln 56 - 3,94)^2 + \dots + (\ln 48 - 3,94)^2}{18} \\ &= 0,033268 \end{aligned}$$

$$\hat{s} = \sqrt{0.033268} = 0,182395$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \phi \left( \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \phi \left( \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \right\}$$

Adapun perhitungan nilai parameter  $D_1$  dan  $D_2$  komponen As Penggerak disajikan pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9.** Perhitungan parameter  $D_1$  dan  $D_2$  As Penggerak

Data	$(i-1)/n$	$i/n$	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{t_i}{t_{med}} \right)$	Cum prob	D1	D2	
23	0	0,0322581	-2,2395433	0,0125603	0,0125603	0,0196978	
25	0,0322581	0,0645161	-1,8014137	0,0358188	0,0035607	0,0286973	
26	0,0645161	0,0967742	-1,595328	0,0553194	0,0091967	0,0414547	
29	0,0967742	0,1290323	-1,0215392	0,1534995	0,0567254	0,0244673	
30	0,1290323	0,1612903	-0,8434031	0,1995015	0,0704692	0,0382112	
30	0,1612903	0,1935484	-0,8434031	0,1995015	0,0382112	0,0059531	
31	0,1935484	0,2258065	-0,6711086	0,2510756	0,0575272	0,0252692	
31	0,2258065	0,2580645	-0,6711086	0,2510756	0,0252692	0,0069889	
31	0,2580645	0,2903226	-0,6711086	0,2510756	0,0069889	0,039247	
31	0,2903226	0,3225806	-0,6711086	0,2510756	0,039247	0,071505	
31	0,3225806	0,3548387	-0,6711086	0,2510756	0,071505	0,1037631	
32	0,3548387	0,3870968	-0,5042847	0,3070307	0,0478081	0,0800661	
33	0,3870968	0,4193548	-0,3425947	0,3659518	0,021145	0,0534031	
34	0,4193548	0,4516129	-0,1857319	0,4263275	0,0069727	0,0252854	
34	0,4516129	0,483871	-0,1857319	0,4263275	0,0252854	0,0575435	
35	0,483871	0,516129	-0,0334166	0,4866711	0,0028002	0,0294579	
36	0,516129	0,5483871	0,1146076	0,545622	0,0294929	0,0027651	
37	0,5483871	0,5806452	0,2585758	0,6020187	0,0536316	0,0213735	
37	0,5806452	0,6129032	0,2585758	0,6020187	0,0213735	0,0108846	
37	0,6129032	0,6451613	0,2585758	0,6020187	0,0108846	0,0431426	
38	0,6451613	0,6774194	0,3987044	0,6549444	0,0097831	0,0224749	
39	0,6774194	0,7096774	0,5351929	0,7037418	0,0263224	0,0059356	
42	0,7096774	0,7419355	0,924594	0,8224115	0,101734	0,080476	
42	0,7419355	0,7741935	0,924594	0,8224115	0,080476	0,0482179	
44	0,7741935	0,8064516	1,169034	0,878805	0,1006114	0,0723534	
44	0,8064516	0,8387097	1,169034	0,878805	0,0723534	0,0400953	
44	0,8387097	0,8709677	1,169034	0,878805	0,0400953	0,0078372	
45	0,8709677	0,9032258	1,2871179	0,9009733	0,0300056	0,0022525	
46	0,9032258	0,9354839	1,4026063	0,9196328	0,016407	0,0158511	
47	0,9354839	0,9677419	1,5156109	0,9351911	0,0002928	0,0325508	
48	0,9677419	1	1,6262362	0,9480503	0,0196916	0,0519497	
Sumber : Data Diolah,2006					Dhitung	0,101734	0,1007631
					Dtabel	0,238	

v. Pengujian hipotesa

Apabila nilai  $D_{max} < D_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima

Apabila nilai  $D_{tabel} > D_{max}$  maka  $H_1$  ditolak

vi. Keputusan

Nilai  $D_{max}$  hitung adalah 0,101734 sedangkan nilai  $D_{tabel} = 0,238$  maka  $H_0$  diterima, karena  $D_{max} < D_{tabel}$ . Jadi untuk distribusi komponen as penggerak mengikuti pola distribusi *lognormal*.

Pada dasarnya setiap hipotesa awal pengujian distribusi waktu antar kerusakan mesin berharap diterima, oleh karena itu sebagai perbandingan seluruh data waktu antar kerusakan diuji menggunakan distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *Weibull*. Rekap hasil pengujian seluruh distribusi dapat dilihat pada tabel 4.10.

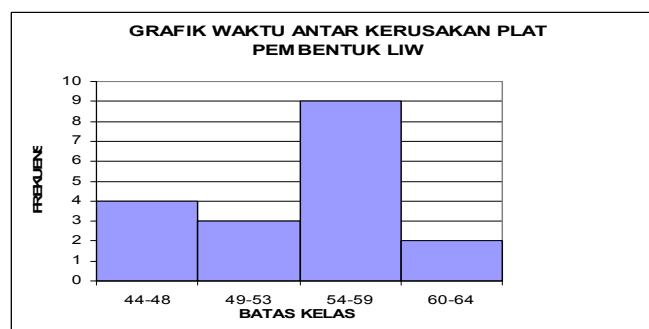
**Tabel 4.10.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi As Penggerak

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,252	0,238	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,101	0,238	Terima Ho
3	Normal	0,114	0,238	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,150	0,238	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.2, Hal L-14

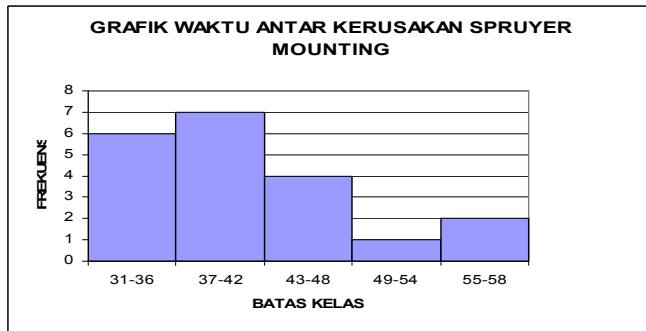
Dari tabel 4.10. diatas dapat diketahui bahwa hipotesa awal distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *Weibull* diterima, karena memiliki nilai  $D_{max} < D_{tabel}$ . Dalam penentuan distribusi terbaik yaitu dengan memilih distribusi yang memiliki nilai  $D_{max}$  terkecil. Dari keempat hipotesa awal yang diterima, distribusi yang memiliki nilai  $D_{max}$  terkecil adalah distribusi *lognormal*. Oleh karena itu distribusi waktu antar kerusakan komponen as penggerak ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*.

Menggunakan langkah-langkah yang sama seperti diatas maka penentuan hipotesa awal untuk komponen plat pembentuk LIW, *spruyer mounting*, *panche unloading*, pen sekoci dan plat pembentuk LIW pada mesin mounting didasarkan pada gambar 4.6. – 4.10.



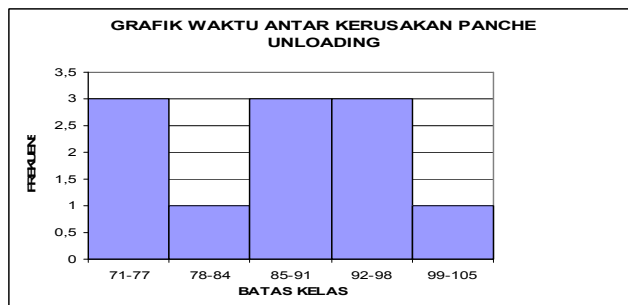
Nilai max = 63  
 Nilai min = 44  
 Mean = 53,94  
 S.deviasi = 5,384  
 Variansi = 28,99

**Gambar 4.6.** Grafik Waktu Antar Kerusakan Plat Pembentuk LIW



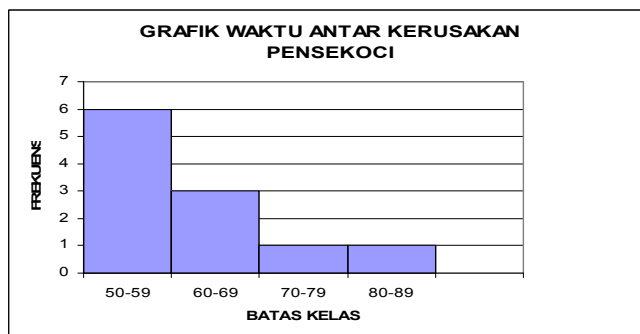
Nilai max = 56,00  
 Nilai min = 31,00  
 Mean = 40,47  
 S.deviasi = 7,11  
 Variansi = 50,49

Gambar 4.7. Grafik Waktu Antar Kerusakan *Spruyer mounting*



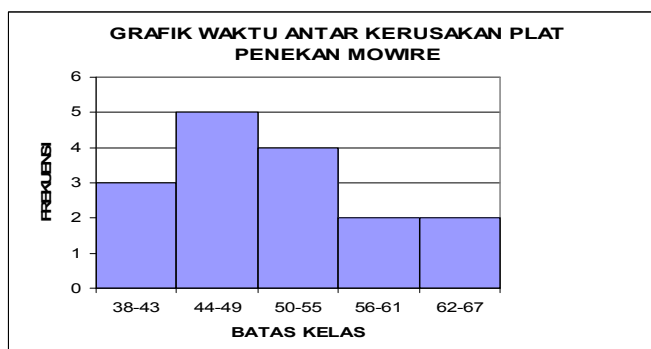
Nilai max = 101,00  
 Nilai min = 73,00  
 Mean = 87,45  
 S.deviasi = 9,85  
 Variansi = 97,07

Gambar 4.8. Grafik Waktu Antar Kerusakan *Panche Unloading*



Nilai max = 89  
 Nilai min = 50  
 Mean = 60,73  
 S.deviasi = 11,35  
 Variansi = 128,8

Gambar 4.9. Grafik Waktu Antar Kerusakan *Pen Sekoci*



Nilai max = 64  
 Nilai min = 40  
 Mean = 50,375  
 S.deviasi = 7,4375  
 Variansi = 55,317

Gambar 4.10. Grafik Waktu Antar Kerusakan *P. Penekan Mowire*

Menurut gambar 4.6 - 4.10 diketahui bahwa gambar 4.6 menjelaskan waktu antar kerusakan komponen plat pembentuk LIW mempunyai hipotesa awal mengikuti pola distribusi normal. Pada gambar 4.7 yaitu grafik waktu antar kerusakan komponen *spruyer mounting* memiliki hipotesa awal mengikuti pola distribusi *lognormal*. Gambar 4.8 menjelaskan bahwa hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen *panche unloading* mengikuti pola distribusi normal. Kemudian pada gambar 4.9 dapat diketahui bahwa komponen pen sekoci mempunyai hipotesa awal waktu antar kerusakan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Sedang pada gambar terakhir, yaitu gambar 4.10 hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen plat penekan mowire mengikuti pola distribusi normal.

Setelah menentukan hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen mesin *mounting*, tahap selanjutnya yaitu membandingkan nilai D max dengan menggunakan uji distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull*. Adapun rekap hasil pengujian seluruh distribusi dapat dilihat pada tabel 4.11. - 4.15.

**Tabel 4.11.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Plat Pembentuk LIW

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,28	0,309	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,237	0,309	Terima Ho
3	Normal	0,191	0,309	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,214	0,309	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.3, Hal L-15

**Tabel 4.12.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Spruyer Mounting*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,153	0,301	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,110	0,301	Terima Ho
3	Normal	0,113	0,301	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,123	0,301	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.4, Hal L-16

**Tabel 4.13.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Panche unloading*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,306	0,391	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,260	0,391	Terima Ho
3	Normal	0,202	0,391	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,230	0,391	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.5, Hal -17

**Tabel 4.14.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Pen Sekoci

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,0909	0,391	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,163	0,391	Terima Ho
3	Normal	0,217	0,391	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,171	0,391	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.6, Hal L-18

**Tabel 4.15.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Plat Penekan Mowire

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,154	0,327	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,156	0,327	Terima Ho
3	Normal	0,124	0,327	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,164	0,327	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.7, Hal L-19

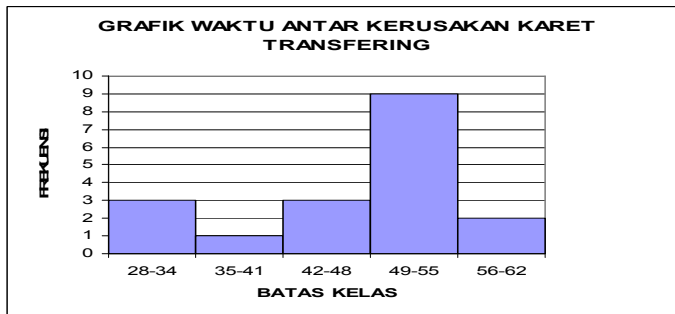
Berdasarkan pengujian seluruh distribusi waktu antar kerusakan menurut distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull* dapat diketahui bahwa hipotesa awal komponen plat pembentuk LIW, *spruyer mounting*, *panche unloading*, pen sekoci dan plat penekan mowire diterima, karena memiliki nilai  $D_{max} < D_{tabel}$ . Pada tabel 4.11 menjelaskan bahwa nilai  $D_{max}$  terkecil komponen plat pembentuk LIW adalah distribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen plat pembentuk LIW ditetapkan mengikuti pola distribusi normal. Pada tabel 4.12 diketahui bahwa nilai  $D_{max}$  terkecil komponen *spruyer mounting* adalah distribusi *lognormal*. Oleh sebab itu distribusi waktu antar kerusakan komponen *spruyer mounting* ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Kemudian tabel 4.13 menjelaskan tentang hipotesa awal komponen *panche unloading*. Nilai  $D_{max}$  terkecil komponen *panche unloading* adalah berdistribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakannya ditetapkan mengikuti pola distribusi normal. Tabel 4.14 menggambarkan hipotesa awal komponen pen sekoci dengan nilai  $D_{max}$  terkecil mengikuti distribusi *eksponensial*, tetapi distribusi ini tidak dapat dipilih karena distribusi *eksponensial* hanya untuk pengujian distribusi dengan waktu antar kerusakan bernilai konstan, oleh karena itu hipotesa awal yang dipilih adalah distribusi yang memiliki nilai  $D_{max}$  terkecil setelah distribusi *eksponensial*, yaitu distribusi *lognormal*. Jadi



distribusi waktu antar kerusakan komponen pen sekoci ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Pada tabel terakhir yaitu 4.15 menjelaskan bahwa nilai Dmax terkecil untuk komponen plat penekan mowire adalah distribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen plat penekan mowire ditetapkan mengikuti pola distribusi normal.

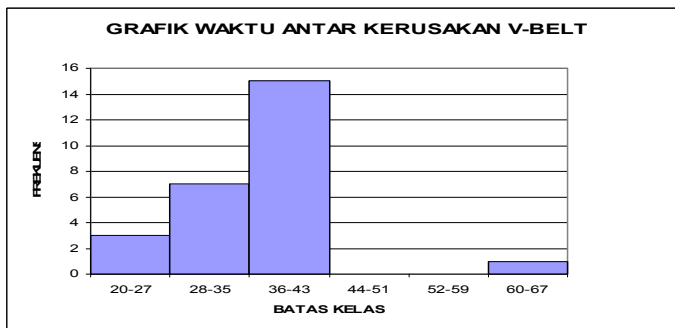
### B. Mesin *Sealing*

Dengan langkah-langkah yang sama seperti diatas maka penentuan hipotesa awal untuk komponen *karet transferring*, *v-belt*, *mikroswitch*, *laker head sealing*, *burners* dan *marking* pada mesin *sealing* dapat dilihat pada gambar 4.11. - 4.16.



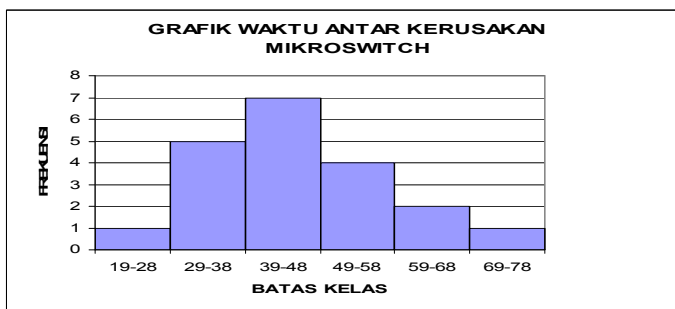
Nilai max = 61  
 Nilai min = 29  
 Mean = 46,778  
 S.deviasi = 9,4779  
 Variansi = 89,83

**Gambar 4.11** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Karet Transferring*



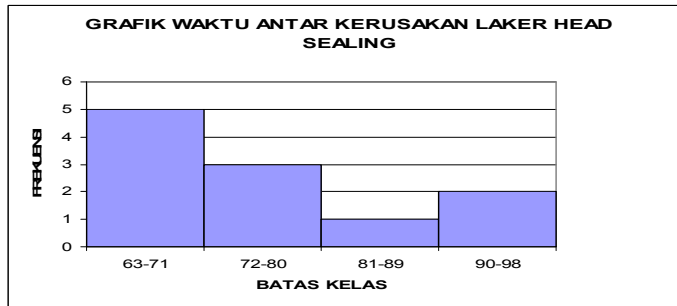
Nilai max = 62  
 Nilai min = 20  
 Mean = 36,23  
 S.deviasi = 7,748  
 Variansi = 60,02

**Gambar 4.12** Grafik Waktu Antar Kerusakan *V-Belt*



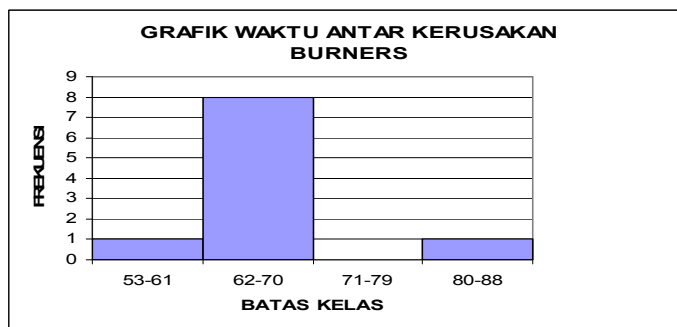
Nilai max = 70  
 Nilai min = 20  
 Mean = 46,25  
 S.deviasi = 12,694  
 Variansi = 161,14

**Gambar 4.13** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Mikroswitch*



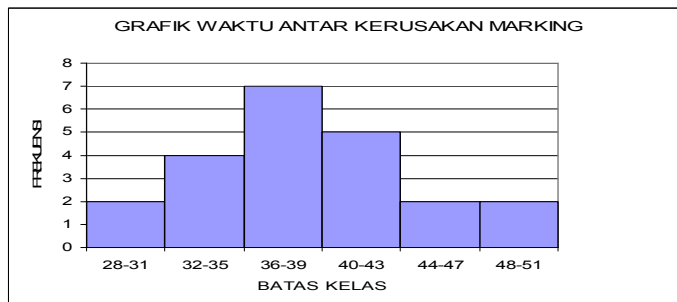
**Gambar 4.14** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Laker Head Sealing*

Nilai max = 96  
 Nilai min = 63  
 Mean = 75,27  
 S.deviasi = 11,6  
 Variansi = 134,6



**Gambar 4.15** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Burners*

Nilai max = 88  
 Nilai min = 53  
 Mean = 68,64  
 S.deviasi = 10,3  
 Variansi = 106,1



**Gambar 4.16** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Marking*

Nilai max = 49  
 Nilai min = 30  
 Mean = 38,26  
 S.deviasi = 5,387  
 Variansi = 29,02

Berdasarkan gambar 4.11-4.16 grafik waktu antar kerusakan komponen-komponen mesin *sealing* diatas diketahui bahwa gambar 4.11 menjelaskan grafik waktu antar kerusakan *karet transferring* memiliki hipotesa awal mengikuti pola distribusi normal. Pada gambar 4.12 yaitu grafik waktu antar kerusakan komponen *v-belt* memiliki hipotesa awal mengikuti pola distribusi *lognormal*. Gambar 4.13 menjelaskan bahwa hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen *mikroswitch* mengikuti pola distribusi normal. Kemudian pada gambar 4.14 dapat diketahui bahwa komponen *laker head sealing* memiliki hipotesa awal waktu

antar kerusakan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Gambar 4.15 menjelaskan bahwa hipotesa awal komponen *burners* mengikuti pola distribusi *lognormal*. Sedang pada gambar terakhir, yaitu gambar 4.16 komponen *marking* memiliki hipotesa awal waktu antar kerusakan mengikuti pola distribusi *lognormal*.

Setelah menentukan hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen mesin *sealing*, tahap berikutnya adalah membandingkan nilai D max dengan uji distribusi *ekponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull*. Rekap hasil uji distribusi waktu antar kerusakan dapat dilihat pada tabel 4.16. - 4.21.

**Tabel 4.16.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Karet Transferring*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,303	0,309	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,252	0,309	Terima Ho
3	Normal	0,206	0,309	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,213	0,309	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.8, Hal L-20

**Tabel 4.17.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *V-Belt*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,338	0,259	Tolak Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,144	0,259	Terima Ho
3	Normal	0,148	0,259	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,162	0,259	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.9, Hal L-21

**Tabel 4.18.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Mikroswitch*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,385	0,294	Tolak Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,154	0,294	Terima Ho
3	Normal	0,132	0,294	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,157	0,294	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.10, Hal L-22

**Tabel 4.19.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Laker Head Sealing*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,135	0,391	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,162	0,391	Terima Ho
3	Normal	0,273	0,391	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,227	0,391	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.11, Hal L-23

**Tabel 4.20.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Burners*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,347	0,391	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,256	0,391	Terima Ho
3	Normal	0,263	0,391	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,293	0,391	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.12, Hal L-24

**Tabel 4.21.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Marking*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,255	0,275	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,158	0,275	Terima Ho
3	Normal	0,160	0,275	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,191	0,275	Terima Ho

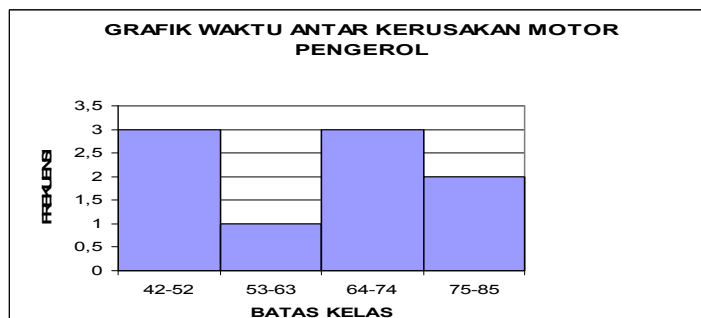
Sumber: Lampiran 3.13, Hal L-25

Setelah melakukan keempat uji distribusi dapat diketahui bahwa hipotesa awal komponen *v-belt* dan *mikroswitch* untuk distribusi *eksponensial* ditolak, karena memiliki nilai  $D_{max} > D_{tabel}$ , sedang untuk ketiga distribusi lainnya diterima. Pada tabel 4.16 menjelaskan bahwa nilai  $D_{max}$  komponen *karet transferring* yang paling kecil adalah adalah distribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen karet transferring ditetapkan mengikuti pola distribusi normal. Tabel 4.17 menjelaskan bahwa komponen *v-belt* memiliki nilai  $D_{max}$  terkecil pada distribusi *lognormal*, oleh karena itu distribusi waktu antar kerusakan komponen *v-belt* mengikuti pola distribusi *lognormal*. Kemudian tabel 4.18 menjelaskan tentang hipotesa awal komponen *mikroswitch*, dengan nilai  $D_{max}$  terkecil adalah pada distribusi normal, maka distribusi waktu antar kerusakannya ditetapkan mengikuti pola distribusi normal. Pada tabel 4.19 diketahui bahwa nilai  $D_{max}$  terkecil *laker head sealing* adalah distribusi

*eksponensial*, tetapi karena distribusi *eksponensial* memiliki waktu antar kerusakan yang konstan, maka distribusi ini tidak dapat dipilih, melainkan memilih distribusi yang mempunyai nilai D max terkecil setelah *eksponensial*, yaitu *lognormal*. Oleh karena itu distribusi waktu antar kerusakan komponen laker *head sealing* ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Tabel 4.20 menggambarkan hipotesa awal komponen burners dengan nilai D max terkecil mengikuti pola distribusi *lognormal*. Jadi distribusi waktu antar kerusakan komponen *burners* ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Pada tabel terakhir yaitu 4.21 menjelaskan bahwa nilai Dmax terkecil untuk komponen *marking* adalah berdistribusi *lognormal*, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen *marking* ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*.

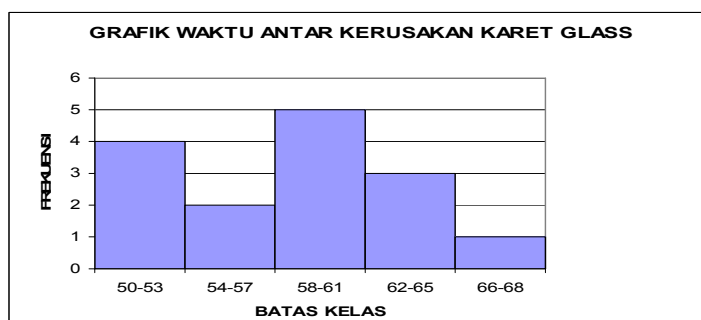
### C. Mesin Exhaust

Dengan langkah-langkah yang sama seperti diatas maka penentuan hipotesa awal untuk komponen motor pengerol, karet glass, *head*, roda gigi penggerak, *cam*, *cooling* mesin *exhaust* didasarkan pada gambar 4.17. - 4.22.



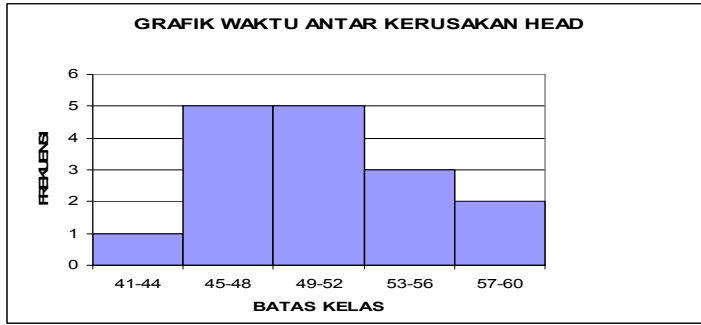
Nilai max = 85  
 Nilai min = 42  
 Mean = 63,9  
 S.deviasi = 14,685  
 Variansi = 215,66

**Gambar 4.17.** Grafik Waktu Antar Kerusakan Motor Pengerol



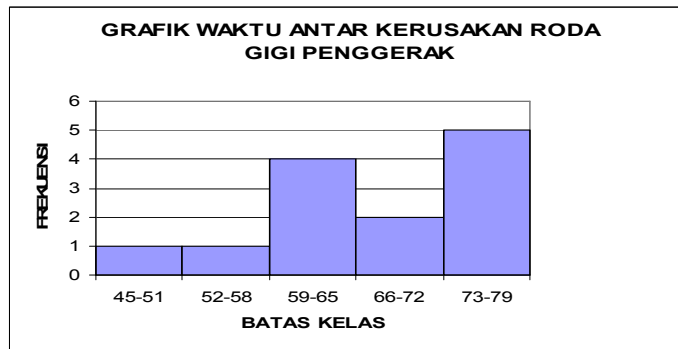
Nilai max = 67  
 Nilai min = 50  
 Mean = 58  
 S.deviasi = 5,127  
 Variansi = 26,286

**Gambar 4.18.** Grafik Waktu Antar Kerusakan Karet Glass



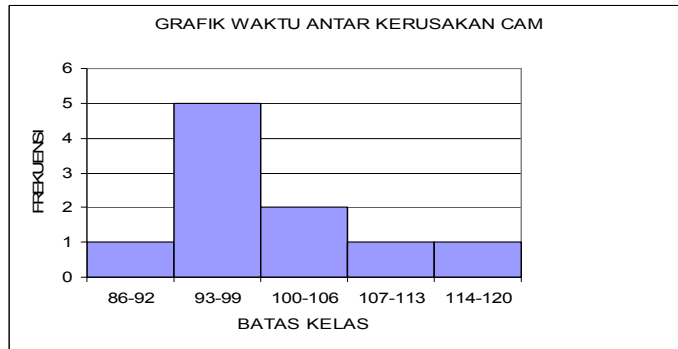
Nilai max = 57  
 Nilai min = 41  
 Mean = 50,188  
 S.deviasi = 4,6793  
 Variansi = 21,896

**Gambar 4.19.** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Head*



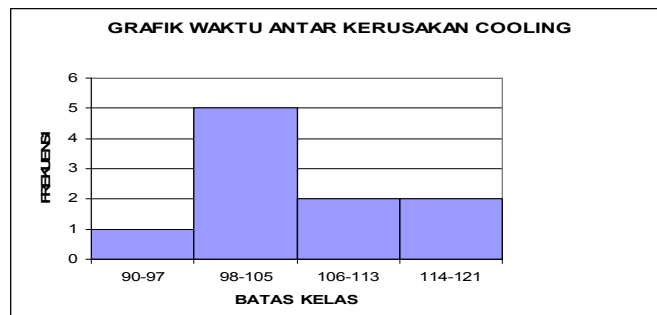
Nilai max = 77  
 Nilai min = 48  
 Mean = 66,69  
 S.deviasi = 8,807  
 Variansi = 77,56

**Gambar 4.20.** Grafik Waktu Antar Kerusakan Roda Gigi Penggerak



Nilai max = 119  
 Nilai min = 91  
 Mean = 100,5  
 S.deviasi = 9,144  
 Variansi = 83,61

**Gambar 4.21.** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Cam*



Nilai max = 119  
 Nilai min = 90  
 Mean = 105,1  
 S.deviasi = 8,672  
 Variansi = 75,21

**Gambar 4.22.** Grafik Waktu Antar Kerusakan *Cooling*

Menurut gambar 4.17.-4.22. grafik waktu antar kerusakan komponen-komponen mesin *exhaust*, dapat diketahui bahwa gambar 4.17 yaitu grafik waktu antar kerusakan komponen motor penggerak memiliki hipotesa awal mengikuti pola distribusi normal. Gambar 4.18 menjelaskan bahwa hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen karet glass mengikuti pola distribusi normal. Pada gambar 4.19 menjelaskan bahwa grafik waktu antar kerusakan komponen *head* mempunyai hipotesa awal mengikuti pola distribusi normal. Kemudian pada gambar 4.20 dapat diketahui bahwa komponen roda gigi penggerak mempunyai hipotesa awal waktu antar kerusakan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Gambar 4.21 dapat diketahui bahwa hipotesa awal komponen *cam* mengikuti pola distribusi *lognormal*. Sedang pada gambar terakhir, yaitu gambar 4.22 komponen *cooling* memiliki hipotesa awal waktu antar kerusakan mengikuti pola distribusi normal.

Setelah menentukan hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen, tahap selanjutnya yaitu membandingkan nilai D max dengan menggunakan uji distribusi *ekponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull*. Penentuan distribusi terbaik yaitu dengan memilih distribusi yang memiliki nilai D max paling kecil. Adapun rekap hasil pengujian seluruh distribusi dapat dilihat pada tabel 4.22. - 4.27.

**Tabel 4.22.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Motor Pengerol

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,222	0,409	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,230	0,409	Terima Ho
3	Normal	0,169	0,409	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,224	0,409	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.14, Hal L-26

**Tabel 4.23.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Karet Glass

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,25	0,338	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,181	0,338	Terima Ho
3	Normal	0,11	0,338	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,158	0,338	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.15, Hal L- 27

**Tabel 4.24.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Head*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,295	0,327	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,158	0,327	Terima Ho
3	Normal	0,106	0,327	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,16	0,327	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.16, Hal L-28

**Tabel 4.25.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi Roda Gigi penggerak

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,305	0,361	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,183	0,361	Terima Ho
3	Normal	0,191	0,361	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,186	0,361	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.17, Hal L-29

**Tabel 4.26.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Cam*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,132	0,409	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,200	0,409	Terima Ho
3	Normal	0,257	0,409	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,246	0,409	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.18, Hal L-30

**Tabel 4.27.** Rekap Hipotesa Awal Uji Distribusi *Cooling*

No	Ho	Dmax	D tabel	Kesimpulan
1	<i>Eksponensial</i>	0,311	0,409	Terima Ho
2	<i>Lognormal</i>	0,196	0,409	Terima Ho
3	Normal	0,132	0,409	Terima Ho
4	<i>Weibull</i>	0,192	0,409	Terima Ho

Sumber: Lampiran 3.19, Hal L-31

Setelah melakukan semua uji distribusi waktu antar kerusakan menggunakan distribusi *eksponensial*, *lognormal*, normal dan *weibull* dapat diketahui bahwa hipotesa awal komponen motor pengerol, karet glass, *head*, roda gigi penggerak, *cam* dan *cooling* diterima, karena memiliki nilai  $D_{max} < D_{tabel}$ . Pada tabel 4.22 menjelaskan bahwa nilai  $D_{max}$  terkecil motor pengerol adalah distribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen motor pengerol ditetapkan



mengikuti pola distribusi normal. Tabel 4.23 yaitu tabel rekap hipotesa awal waktu antar kerusakan komponen karet glass diketahui bahwa nilai D max yang paling kecil adalah distribusi normal, sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen karet glass mengikuti pola distribusi normal. Kemudian tabel 4.24 menjelaskan tentang hipotesa awal komponen *head*. Nilai D max terkecil komponen *head* adalah distribusi normal, maka distribusi waktu antar kerusakannya ditetapkan mengikuti pola distribusi normal. Pada tabel 4.25 menggambarkan mengenai hipotesa awal komponen roda gigi penggerak dengan nilai D max terkecil mengikuti distribusi *lognormal*. Jadi distribusi waktu antar kerusakan komponen roda gigi penggerak ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Tabel 4.26 menggambarkan hipotesa awal komponen *cam* dengan nilai D max terkecil mengikuti distribusi *eksponensial*, tetapi distribusi ini tidak dapat dipilih karena distribusi *eksponensial* khusus untuk pengujian distribusi dengan waktu antar kerusakan bernilai konstan, oleh karena itu hipotesa awal yang dipilih adalah distribusi yang memiliki nilai D max terkecil setelah distribusi *eksponensial*, yaitu distribusi *lognormal*. Sehingga distribusi waktu antar kerusakan komponen *cam* ditetapkan mengikuti pola distribusi *lognormal*. Pada tabel terakhir yaitu 4.27 menjelaskan bahwa nilai Dmax terkecil untuk komponen cooling adalah distribusi normal, oleh karena itu distribusi waktu antar kerusakan komponen *cooling* ditetapkan mengikuti pola distribusi normal.

Setelah melakukan pengujian distribusi maka rekap data pengujian distribusi waktu antar kerusakan masing-masing komponen mesin *mounting*, *sealing* dan *exhaust* dapat dilihat pada tabel 4.28.

**Tabel 4.28.** Rekap Uji Distribusi Komponen Mesin

Mesin	Komponen	Ho	Dmax	Dtabel	Kesimpulan
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	Normal	0,0752	0,205	Terima Ho
	As penggerak	<i>Lognormal</i>	0,101	0,238	Terima Ho
	Plat pembentuk LIW	Normal	0,191	0,309	Terima Ho
	<i>Spruyer mounting</i>	<i>Lognormal</i>	0,110	0,468	Terima Ho
	<i>Panche unloading</i>	Normal	0,202	0,352	Terima Ho
	Pen sekoci	<i>Lognormal</i>	0,217	0,391	Terima Ho
	Plat penekan mowire	Normal	0,124	0,327	Terima Ho

**Tabel 4.28.** (Lanjutan)

Sealing	<i>Karet transferring</i>	Normal	0,206	0,309	Terima Ho
	<i>V-belt</i>	<i>Lognormal</i>	0,144	0,259	Terima Ho
	<i>Mikroswit</i>	Normal	0,132	0,294	Terima Ho
	<i>Laker head sealing</i>	<i>Lognormal</i>	0,162	0,391	Terima Ho
	<i>Burners</i>	<i>Lognormal</i>	0,256	0,391	Terima Ho
	<i>Marking</i>	<i>Lognormal</i>	0,158	0,275	Terima Ho
Exhaust	Motor pengerol	Normal	0,169	0,409	Terima Ho
	Karet glass	Normal	0,110	0,338	Terima Ho
	Head	Normal	0,106	0,327	Terima Ho
	Roda gigi penggerak	<i>Lognormal</i>	0,183	0,361	Terima Ho
	Cam	<i>Lognormal</i>	0,200	0,409	Terima Ho
	Cooling	Normal	0,132	0,409	Terima Ho

Sumber: Data diolah,2006

#### 4.5. Perhitungan Biaya

Tahap ini merupakan tahap perhitungan biaya-biaya yang berpengaruh terhadap kebijakan penggantian komponen mesin secara preventif. Biaya ini meliputi biaya kehilangan produksi yang diderita perusahaan akibat adanya *downtime* mesin dan besarnya biaya yang dikeluarkan akibat pembelian komponen mesin yang baru.

a. Biaya karena kehilangan produksi untuk sekali kerusakan.

Jenis lampu yang diproduksi pada *line* pertama adalah jenis lampu pijar (dop) 15 watt 220V.

Harga jual tiap unit lampu ke distributor sebesar Rp 1.500,00

Harga pokok penjualan perusahaan tiap unit lampu sebesar Rp 1.300,00

Laba perusahaan = harga jual – harga pokok penjualan

$$= \text{Rp } 1.500,00 - \text{Rp } 1.300,00$$

$$= \text{Rp } 200,00 \text{ per unit lampu.}$$

Kapasitas produksi masing-masing mesin adalah:

1. Mesin *mounting* = 2200 unit lampu/jam atau 33.33 unit lampu /menit

2. Mesin *sealing* = 1800 unit lampu/jam atau 30 unit lampu/menit

3. Mesin *exhaust* = 1800 unit lampu/jam atau 30 unit lampu/menit

Dari data-data yang diperoleh diatas maka dapat diketahui besarnya laba produksi yang hilang per kerusakan :

Laba produksi yang hilang per kerusakan = rata-rata *downtime* tiap komponen (menit) x kapasitas produksi (unit/menit) x laba perusahaan (Rp/unit)

Perhitungan laba produksi yang hilang per kerusakan masing-masing mesin adalah sebagai berikut :

#### A. Mesin *Mounting*

Adapun perhitungan laba produksi yang hilang per kerusakan pada mesin *mounting* disajikan pada tabel 4.29.

**Tabel 4.29.** Laba Produksi yang Hilang per Kerusakan Mesin *Mounting*

Komponen	Laba produksi yang hilang per kerusakan (Rp)
Penjepit filamen	375.503,87
As penggerak	275.000
Plat pembentuk LIW	390.877,19
<i>Spruyer mounting</i>	324.000
<i>Panche unloading</i>	433.333,33
Pen sekoci	405.555,55
Plat penekan mowire	256.862,74

Sumber: Data diolah,2006

Contoh perhitungan untuk komponen penjepit filamen:

Rata-rata *downtime* per kerusakan = 56,32 menit

Kapasitas produksi mesin *mounting* = 33,33 unit lampu/menit

Laba perusahaan per unit lampu = Rp.200,00

laba produksi yang hilang per kerusakan = 56,32 x 33,33 x 200 = Rp 375.503,87

#### B. Mesin *Sealing*

Perhitungan laba produksi yang hilang per kerusakan pada mesin *sealing* dapat dilihat pada tabel 4.30.

**Tabel 4.30.** Laba Produksi yang Hilang per Kerusakan Mesin *Sealing*

Komponen	Laba produksi yang hilang per kerusakan (Rp)
<i>Karet transferring</i>	354.000
<i>V-belt</i>	221.777,77
<i>Mikroswitch</i>	253.142,85
<i>Laker head sealing</i>	381.000
<i>Burners</i>	317.500
<i>Marking</i>	133.750

Sumber: Data diolah,2006

### C. Mesin Exhaust

Adapun perhitungan laba produksi yang hilang per kerusakan pada mesin *exhaust* disajikan pada tabel 4.31.

**Tabel 4.31.** Laba Produksi yang Hilang per Kerusakan Mesin *Exhaust*

Komponen	Laba produksi yang hilang per kerusakan (Rp)
Motor pengerol	651818,1818
Karet glass	393750
<i>Head</i>	277058,8235
Roda gigi penggerak	199285,7143
<i>Cam</i>	240000
<i>Cooling</i>	193636,3636

Sumber: Data diolah,2006

#### b. Biaya pembelian komponen baru

Biaya pembelian komponen baru untuk masing-masing mesin dapat dilihat pada tabel 4.32.

**Tabel 4.32.** Harga Komponen per unit

Mesin	Komponen	Harga komponen (Rp)
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	25.000
	As penggerak	87.500
	Plat pembentuk LIW	175.000
	<i>Spruyer mounting</i>	97.500
	<i>Panche unloading</i>	315.000
	Pen sekoci	255000
	Plat penekan mowire	156.500
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	77.500
	<i>V-belt</i>	82.500
	<i>Mikroswit</i>	65.000
	<i>Laker head sealing</i>	375.000
	<i>Burners</i>	297.500
	<i>Marking</i>	51.500
<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	260.000
	Karet glass	135.700
	<i>Head</i>	87.400
	Roda gigi penggerak	122.500
	<i>Cam</i>	180.000
	<i>Cooling</i>	445.000

Sumber: Lampiran 4, Hal L-32 (PT.GE.Lighting Indonesia,2006 )

c. Biaya penggantian komponen secara preventif

Pada penggantian komponen secara preventif biaya yang dikeluarkan perusahaan hanyalah untuk pembelian komponen mesin yang baru. Oleh karena itu biaya penggantian komponen secara preventif setara dengan harga pembelian komponen baru.

d. Biaya penggantian komponen secara korektif

Pada penggantian komponen secara korektif biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan ada dua jenis, yaitu biaya pembelian komponen baru serta laba produksi yang hilang per kerusakan akibat penggantian komponen secara korektif. Biaya penggantian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.33.

**Tabel 4.33** Biaya Penggantian Korektif Komponen

Mesin	Komponen	Biaya produksi hilang (Rp)	Harga komponen (Rp)	Total biaya penggantian korektif (Rp)
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	375.503,87	25.000	400.503,87
	As penggerak	275.000	87.500	362.500
	Plat pembentuk LIW	390.877,19	175.000	565.877,19
	<i>Spruyer mounting</i>	324.000	97.500	421.500
	<i>Panche unloading</i>	433.333,33	315.000	748.333,33
	Pen sekoci	405.555,55	255.000	656.500
	Plat penekan mowire	256.862,74	156.500	413.362,74
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	354.000	77.500	431.500
	<i>V-belt</i>	221.777,77	82.500	304.277,77
	<i>Mikroswit</i>	253.142,85	65.000	318.142,85
	<i>Laker head sealing</i>	381.000	375.000	756.000
	<i>Burners</i>	317.500	297.500	615.000
	<i>Marking</i>	133.750	51.500	185.250
<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	651.818,18	260.000	911.818,18
	Karet glass	393.750	135.700	529.450
	<i>Head</i>	277.058,82	87.400	364.458,82
	Roda gigi penggerak	199.285,71	122.500	321.785,71
	<i>Cam</i>	240.000	180.000	420.000
	<i>Cooling</i>	193.636,36	445.000	638.636,36

Sumber: Data diolah,2006

Contoh perhitungan biaya penggantian komponen penjepit filamen secara korektif yaitu = laba produksi yang hilang per kerusakan + pembelian komponen baru.

$$= 375.503,87 + 25000$$

$$= \text{Rp } 400.503,87$$

#### 4.7. Perhitungan Umur Penggantian Komponen Berdasarkan Biaya total yang Minimum

Pada tahap ini merupakan tahap perhitungan interval waktu penggantian optimal komponen mesin dengan mempertimbangkan biaya total penggantian yang paling minimum. Penentuan interval waktu penggantian optimal dilakukan dengan cara *enumerasi*, yaitu mencoba beberapa nilai untuk interval waktu penggantian kemudian dipilih nilai yang memberikan biaya yang paling minimal. Nilai interval waktu yang akan dicoba adalah nilai yang menggambarkan keandalan mesin mulai dari 99% hingga 50%, dengan pertimbangan bahwa perusahaan tidak akan mau melakukan penggantian apabila keandalan mesin diatas 99%, dan sebaliknya perusahaan tidak akan membiarkan mesin bekerja terus-menerus dengan keandalan dibawah 50% karena akan sangat merugikan.

Dengan menggunakan rumus pada persamaan (3.7) maka perhitungan waktu penggantian komponen tiap-tiap mesin adalah sebagai berikut:

##### A Mesin *Mounting*

##### 1. Penjepit filamen

Komponen penjepit filamen dengan nilai MTTF = 21 hari,  $\mu = 21,11905$  dan  $\sigma = 7,510001$ , langkah-langkahnya sebagai berikut:

i Untuk penentuan nilai ( $a$ ) dengan cara *enumerasi* yaitu mencoba beberapa nilai interval waktu penggantian yang memiliki nilai  $a < \text{MTTF} < a$ .

ii Menentukan nilai Z, untuk  $a = 5$  hari

$$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$$

$$Z = \frac{(5 - 21,11905)}{7,510001} = - 2,14634$$

iii Nilai G(z) merupakan titik ordinat kurva normal yang dapat dilihat pada tabel ordinat kurva normal. Untuk  $a = 5$  hari maka nilai G(z) = 0,0404.

iv Menentukan nilai F(z)

Nilai F(z) merupakan *normsdist* dari nilai z, yaitu 0,015923.

v Menentukan nilai  $\int_0^a x f(x) dx$

Rumus dari  $\int_0^a x f(x) dx$  dapat dilihat pada persamaan (3.6)

Untuk  $a=5$  hari maka nilai  $\int_0^a x f(x) dx = (-7,510001*0,0404)+$   
 $(21,11905*0,015923) = 0,032868.$

vi Untuk nilai  $a$  yang lain dapat dilihat pada tabel 4.34.

**Tabel 4.34.** Penentuan Fungsi Statistik Penjepit Filamen

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
7	-1,8800327	0,0681	0,030051745	0,1232332
8	-1,7468769	0,0878	0,040329302	0,1923383
9	-1,6137212	0,1091	0,053293955	0,3061765
10	-1,4805654	0,1334	0,069361246	0,4630093
11	-1,3474096	0,1626	0,088924234	0,656869
12	-1,2142538	0,1919	0,112325467	0,9310377
13	-1,0810981	0,2226	0,139826782	1,2812822
14	-0,9479423	0,2565	0,171579402	1,6972783
15	-0,8147865	0,2874	0,207597199	2,2258808
16	-0,6816307	0,3166	0,247736163	2,8542855
17	-0,548475	0,3448	0,291682874	3,5706161
18	-0,4153192	0,3668	0,338954163	4,4037207
19	-0,2821634	0,3836	0,388909163	5,3325547
20	-0,1490077	0,395	0,440773778	6,342272
21	-0,0158519	0,3939	0,493676247	7,4677827
22	0,1173039	0,3965	0,546690427	8,5678657
23	0,2504597	0,3867	0,598884003	9,7437424

Sumber: Data diolah,2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian( $\Phi(a)$ ) minimum komponen penjepit filamen diperlihatkan pada tabel 4.35.

**Tabel 4.35.** Perhitungan Biaya Total Penggantian Penjepit Filamen

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
7	0,9957414	0,0300517	0,12323317	396748,84	25000	5190,2347
8	0,9931812	0,0403293	0,192338348	396748,84	25000	5017,3505
9	0,9893461	0,053294	0,306176457	396748,84	25000	4981,1635
<b>10</b>	<b>0,9837539</b>	<b>0,0653612</b>	<b>0,463009308</b>	<b>396748,84</b>	<b>25000</b>	<b>4905,1608</b>
11	0,9758158	0,0889242	0,656868962	396748,84	25000	5238,9434
12	0,9648469	0,1123255	0,93103768	396748,84	25000	5490,8521
13	0,9500923	0,1398268	1,281282233	396748,84	25000	5811,7386
14	0,9307719	0,1715794	1,697278289	396748,84	25000	6201,9758
15	0,9061444	0,2075972	2,225880819	396748,84	25000	6639,0975
16	0,8755851	0,2477362	2,854285476	396748,84	25000	7126,4927
17	0,8386716	0,2916829	3,570616143	396748,84	25000	7667,2301
18	0,7952657	0,3389542	4,403720715	396748,84	25000	8246,4559
19	0,7455801	0,3889092	5,332554729	396748,84	25000	8869,3021
20	0,6902154	0,4407738	6,34227198	396748,84	25000	9536,6989
<b>21</b>	<b>0,6301599</b>	<b>0,4936762</b>	<b>7,467782748</b>	<b>396748,84</b>	<b>25000</b>	<b>10222,6</b>
22	0,566745	0,5466904	8,56786574	396748,84	25000	10984,247
23	0,5015595	0,598884	9,743742353	396748,84	25000	11755,173
24	0,4363323	0,6493682	10,92707658	396748,84	25000	12549,359
25	0,3727954	0,6973421	12,09644715	396748,84	25000	13353,805

Sumber: Data diolah,2006

Dari hasil perhitungan tabel 4.35 dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen penjepit filamen berdasarkan biaya total paling minimal adalah 10 hari dengan biaya sebesar Rp 4905,16, jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 21 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 10.222,6

2. As penggerak

Berdasarkan langkah-langkah seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen as penggerak dengan nilai MTTF = 35 hari,  $t_{med} = 35,223$  nilai  $\hat{s} = 0,19031$ , diperlihatkan pada tabel 4.36.

**Tabel 4.36.** Penentuan Fungsi Statistik As Penggerak

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{t_{med}} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
24	-2,0159133	0,0529	0,02190445	0,76147936
25	-1,8014137	0,0789	0,03581879	1,24664029
26	-1,595328	0,1127	0,05531945	1,92708502
27	-1,3970211	0,1518	0,08120367	2,83137139
28	-1,2059269	0,1942	0,1139229	3,97578141
29	-1,0215392	0,2371	0,15349955	5,36163684
30	-0,8434031	0,2803	0,19950147	6,97375474
31	-0,6711086	0,3187	0,25107561	8,78305772
32	-0,5042847	0,3521	0,30703066	10,7476225



**Tabel 4.36.** (Lanjutan)

33	-0,3425947	0,3765	0,36595177	12,8183745
34	-0,1857319	0,3925	0,4263275	14,9419618
35	-0,0334166	0,3988	0,48667113	17,0662642
36	0,11460758	0,3965	0,54562196	19,1431446
37	0,25857579	0,3867	0,60201866	21,1314873
38	0,39870439	0,3697	0,65494444	22,9989429

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen as penggerak dapat dilihat pada tabel 4.37.

**Tabel 4.37.** Perhitungan Biaya Total Penggantian As Penggerak

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
24	0,97809555	0,021904	0,76147936	362.500	87.500	3.858,91241
<b>25</b>	<b>0,96418121</b>	<b>0,035819</b>	<b>1,24664029</b>	<b>362.500</b>	<b>87.500</b>	<b>3.840,06603</b>
26	0,94468055	0,055319	1,92708502	362.500	87.500	3.877,59839
27	0,91879633	0,081204	2,83137139	362.500	87.500	3.973,78764
28	0,8860771	0,113923	3,97578141	362.500	87.500	4.128,01522
29	0,84650045	0,1535	5,36163684	362.500	87.500	4.336,7344
30	0,80049853	0,199501	6,97375474	362.500	87.500	4.594,02483
31	0,74892439	0,251076	8,78305772	362.500	87.500	4.892,09977
32	0,69296934	0,307031	10,7476225	362.500	87.500	5.222,34619
33	0,63404823	0,365952	12,8183745	362.500	87.500	5.575,74907
34	0,5736725	0,426327	14,9419618	362.500	87.500	5.943,65524
<b>35</b>	<b>0,51332887</b>	<b>0,486671</b>	<b>17,0662642</b>	<b>362.500</b>	<b>87.500</b>	<b>6.317,92832</b>
36	0,45437804	0,545622	19,1431446	362.500	87.500	6.691,29563
37	0,39798134	0,602019	21,1314873	362.500	87.500	7.057,38257
38	0,34505556	0,654944	22,9989429	362.500	87.500	7.410,74242

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan tabel 4.37, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen as penggerak berdasarkan biaya total paling minimal adalah 25 hari dengan biaya sebesar Rp 3.840,06, jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 35 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 6.317,92

### 3. Plat pembentuk LIW

Perhitungan umur penggantian komponen plat pembentuk LIW berdasarkan biaya total yang minimal, dengan nilai MTTF = 53 hari, nilai  $\mu = 53,9444$  dan nilai  $\sigma = 5,3848$ , dapat dilihat pada tabel 4.38.

**Tabel 4.38.** Penentuan Fungsi Statistik Plat Pembentuk LIW

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
40	-2,5895642	0,0143	0,004804906	0,1821945
41	-2,4038584	0,0224	0,008111521	0,3169506
42	-2,2181526	0,0347	0,013272168	0,529105
43	-2,0324468	0,0508	0,021054152	0,8622036
44	-1,846741	0,0734	0,03239228	1,3521347
45	-1,6610352	0,1006	0,048353166	2,0666676
46	-1,4753294	0,1354	0,070062034	3,0503473
47	-1,2896236	0,1758	0,09859075	4,3717646
48	-1,1039178	0,2178	0,134814435	6,099667
49	-0,918212	0,2637	0,179253912	8,2497647
50	-0,7325062	0,3056	0,23192975	10,865708
51	-0,5468004	0,3448	0,292257898	13,90899
52	-0,3610946	0,3739	0,359014418	17,353434
53	-0,1753888	0,3932	0,430387068	21,099664
54	0,010317	0,3989	0,504115833	25,046227
55	0,1960228	0,3918	0,577703817	29,054123

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen plat pembentuk LIW diperlihatkan pada tabel 4.39.

**Tabel 4.39.** Perhitungan Biaya Total Penggantian Plat Pembentuk LIW

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
40	0,9951951	0,0048049	0,182194493	565.877,19	175.000	4.423,0592
41	0,9918885	0,0081115	0,316950594	565.877,19	175.000	4.347,281
42	0,9867278	0,0132722	0,52910505	565.877,19	175.000	4.293,0808
<b>43</b>	<b>0,9789458</b>	<b>0,0210542</b>	<b>0,862203565</b>	<b>565.877,19</b>	<b>175.000</b>	<b>4.265,431</b>
44	0,9676077	0,0323923	1,352134719	565.877,19	175.000	4.272,1319
45	0,9516468	0,0483532	2,066667599	565.877,19	175.000	4.319,3763
46	0,929938	0,070062	3,050347255	565.877,19	175.000	4.416,2496
47	0,9014093	0,0985907	4,3717646	565.877,19	175.000	4.568,8065
48	0,8651856	0,1348144	6,099666997	565.877,19	175.000	4.780,6572
49	0,8207461	0,1792539	8,249764734	565.877,19	175.000	5.056,4237
50	0,7680702	0,2319298	10,8657079	565.877,19	175.000	5.391,9272
51	0,7077421	0,2922579	13,90898975	565.877,19	175.000	5.784,2951
52	0,6409856	0,3590144	17,35343366	565.877,19	175.000	6.221,4169
<b>53</b>	<b>0,5696129</b>	<b>0,4303871</b>	<b>21,09966378</b>	<b>565.877,19</b>	<b>175.000</b>	<b>6.692,0293</b>
54	0,4958842	0,5041158	25,04622736	565.877,19	175.000	7.179,0595
55	0,4222962	0,5777038	29,05412277	565.877,19	175.000	7.666,5662

Sumber: Data diolah,2006

Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen plat pembentuk LIW berdasarkan biaya total paling minimal adalah 43

hari dengan biaya sebesar Rp 4.265,43, jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 53 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 6.692,02

#### 4. *Spruyer mounting*

Perhitungan fungsi statistik beserta umur penggantian komponen *spruyer mounting* berdasarkan biaya total yang minimal, dengan nilai  $MTTF = 40$  hari,  $tmed = 39,9021$  dan  $\hat{s} = 0,16444$  dapat dilihat pada tabel 4.40.

**Tabel 4.40.** Penentuan Fungsi Statistik *Spruyer Mounting*

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{tmed} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
26	-2,6046501	0,0136	0,00459844	0,18125109
27	-2,375155	0,0241	0,00877078	0,3460095
28	-2,1540071	0,0395	0,01561975	0,61676559
29	-1,9406204	0,0608	0,0261521	1,03352596
30	-1,7344685	0,0893	0,04141745	1,63795921
31	-1,535077	0,1145	0,06238247	2,47036418
32	-1,3420164	0,1626	0,0897954	3,55628812
33	-1,1548971	0,2059	0,12406633	4,91665078
34	-0,9733643	0,2492	0,16518612	6,55029752
35	-0,7970941	0,292	0,21269813	8,43908917
36	-0,6257899	0,3292	0,26572632	10,5489096
37	-0,4591795	0,3605	0,32305264	12,8312044
38	-0,2970127	0,3825	0,38322848	15,228731
39	-0,1390584	0,3956	0,44470197	17,6794998
40	0,01489658	0,3989	0,50594269	20,1225923
41	0,16504982	0,3939	0,56554762	22,5017784
42	0,31158456	0,3802	0,6223218	24,769442

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *spruyer mounting* dapat dilihat pada tabel 4.41.

**Tabel 4.41.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Spruyer Mounting*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
26	0,99540156	0,004598	0,18125109	421.500	97.500	3.798,29124
27	0,99122922	0,008771	0,3460095	421.500	97.500	3.701,39059
28	0,98438025	0,01562	0,61676559	421.500	97.500	3.639,56485
<b>29</b>	<b>0,9738479</b>	<b>0,026152</b>	<b>1,03352596</b>	<b>421.500</b>	<b>97.500</b>	<b>3.619,90995</b>
30	0,95858255	0,041417	1,63795921	421.500	97.500	3.649,20758
31	0,93761753	0,062382	2,47036418	421.500	97.500	3.732,56049
32	0,9102046	0,089795	3,55628812	421.500	97.500	3.873,4004
33	0,87593367	0,124066	4,91665078	421.500	97.500	4.071,18475
34	0,83481388	0,165186	6,55029752	421.500	97.500	4.323,02162
35	0,78730187	0,212698	8,43908917	421.500	97.500	4.623,30293
36	0,73427368	0,265726	10,5489096	421.500	97.500	4.964,34873

**Tabel 4.41.** (Lanjutan)

37	0,67694736	0,323053	12,8312044	421.500	97.500	5.337,33784
38	0,61677152	0,383228	15,228731	421.500	97.500	5.732,83373
39	0,55529803	0,444702	17,6794998	421.500	97.500	6.141,51622
<b>40</b>	<b>0,49405731</b>	<b>0,505943</b>	<b>20,1225923</b>	<b>421.500</b>	<b>97.500</b>	<b>6.554,49884</b>
41	0,43445238	0,565548	22,5017784	421.500	97.500	6.963,71385
42	0,3776782	0,622322	24,769442	421.500	97.500	7.362,0005

Sumber: Data diolah,2006

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *spruyer mounting* berdasarkan biaya paling minimal adalah 29 hari, dengan biaya total penggantian sebesar Rp 3.619,90, jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 40 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 6.554,49

#### 5. *Panche unloading*

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen *panche unloading* dengan nilai MTTF = 87 hari,  $\mu = 87,4545$  dan  $\sigma = 0,01095$ , dapat dilihat pada tabel 4.42.

**Tabel 4.42.** Penentuan Fungsi Statistik *Panche Unloading*

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
68	-1,9745697	0,0573	0,024158429	1,5482134
69	-1,8730731	0,0694	0,030529078	1,9861397
70	-1,7715766	0,0833	0,038232388	2,5228788
71	-1,67008	0,0989	0,047451746	3,1754537
72	-1,5685834	0,1182	0,058372526	3,9403714
73	-1,4670868	0,1374	0,071176252	4,8709465
74	-1,3655903	0,1582	0,086033859	5,9653787
75	-1,2640937	0,1804	0,103098265	7,239012
76	-1,1625971	0,2036	0,122496555	8,7069015
77	-1,0611005	0,2275	0,144322132	10,380172
78	-0,959604	0,2541	0,168627274	12,243689
79	-0,8581074	0,278	0,195416532	14,351055
80	-0,7566108	0,3011	0,224641455	16,679314
81	-0,6551143	0,323	0,25619703	19,223221
82	-0,5536177	0,3429	0,289920229	21,976403
83	-0,4521211	0,3605	0,32559089	24,922559
84	-0,3506245	0,3752	0,362935087	28,043647
85	-0,249128	0,3876	0,401630955	31,305604
86	-0,1476314	0,395	0,441316823	34,703405
87	-0,0461348	0,3986	0,481601336	38,191
88	0,0553618	0,3986	0,522074942	41,730601

Sumber: Data diolah,2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum dapat dilihat pada tabel 4.43.

**Tabel 4.43.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Panche Unloading*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
68	0,9758416	0,0241584	1,548213355	748.333,33	315.000	4.792,9687
69	0,9694709	0,0305291	1,986139743	748.333,33	315.000	4.765,2586
70	0,9617676	0,0382324	2,522878753	748.333,33	315.000	4.747,0788
<b>71</b>	<b>0,9525483</b>	<b>0,0474517</b>	<b>3,175453746</b>	<b>748.333,33</b>	<b>315.000</b>	<b>4.739,1552</b>
72	0,9416275	0,0583725	3,940371426	748.333,33	315.000	4.743,6073
73	0,9288237	0,0711763	4,870946525	748.333,33	315.000	4.758,757
74	0,9139661	0,0860339	5,965378716	748.333,33	315.000	4.786,5045
75	0,8969017	0,1030983	7,239011996	748.333,33	315.000	4.827,4342
76	0,8775034	0,1224966	8,706901482	748.333,33	315.000	4.881,9057
77	0,8556779	0,1443221	10,38017152	748.333,33	315.000	4.950,2114
78	0,8313727	0,1686273	12,24368879	748.333,33	315.000	5.033,9601
79	0,8045835	0,1954165	14,35105528	748.333,33	315.000	5.129,8208
80	0,7753585	0,2246415	16,67931371	748.333,33	315.000	5.238,9166
81	0,743803	0,256197	19,22322139	748.333,33	315.000	5.360,6637
82	0,7100798	0,2899202	21,9764027	748.333,33	315.000	5.493,9642
83	0,6744091	0,3255909	24,92255931	748.333,33	315.000	5.637,7967
84	0,6370649	0,3629351	28,04364657	748.333,33	315.000	5.790,6899
85	0,598369	0,401631	31,30560447	748.333,33	315.000	5.951,784
86	0,5586832	0,4413168	34,70340518	748.333,33	315.000	6.117,6595
<b>87</b>	<b>0,5183987</b>	<b>0,4816013</b>	<b>38,19099981</b>	<b>748.333,33</b>	<b>315.000</b>	<b>6.287,4694</b>
88	0,4779251	0,5220749	41,73060062	748.333,33	315.000	6.459,546

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *panche unloading* berdasarkan biaya total paling minimal adalah 71 hari, dengan biaya sebesar Rp 4.739,15 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 87 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 6.287,46

#### 6. Pen sekoci

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen pen sekoci dengan nilai MTTF = 60 hari,  $tmed = 59,8658$  dan  $\hat{s} = 0,161178$ , dapat dilihat pada tabel 4.44.

**Tabel 4.44.** Penentuan Fungsi Statistik Pen Sekoci

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{tmed} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
49	-1,2426375	0,1849	0,10700079	6,37589106
50	-1,1172934	0,2155	0,13193449	7,86363588
51	-0,9944316	0,2444	0,1600064	9,53952659
52	-0,8739556	0,2732	0,19107118	11,3946039

**Tabel 4.44. (Lanjutan)**

53	-0,7557745	0,3011	0,22489214	13,4148272
54	-0,6398025	0,3271	0,26115043	15,5812702
55	-0,5259586	0,3485	0,29945847	17,8711639
56	-0,414166	0,3668	0,3393763	20,2579291
57	-0,3043522	0,3814	0,38042986	22,7132819
58	-0,1964483	0,3918	0,42212968	25,2080009
59	-0,0903889	0,3973	0,46398901	27,7130587
60	0,01388781	0,3989	0,50554029	30,2003028
61	0,11644088	0,3965	0,54634848	32,6437066
62	0,21732635	0,3902	0,58602295	35,0198681
63	0,31659759	0,3802	0,62422545	37,3085046
64	0,41430543	0,3668	0,66067474	39,492732
65	0,51049836	0,3503	0,69514883	41,5592118
66	0,60522264	0,3332	0,72748452	43,4977712
67	0,69852243	0,3144	0,75757481	45,3021821
68	0,79043996	0,292	0,78536463	46,9694538
69	0,88101558	0,2709	0,81084535	48,4982793
70	0,97028791	0,2492	0,83404851	49,8908535
71	1,05829392	0,2299	0,85503924	51,1505924
72	1,14506904	0,2083	0,87390967	52,2837679
73	1,23064722	0,1872	0,89077252	53,2966775

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum pen sekoci dapat dilihat pada tabel 4.45.

**Tabel 4.45. Perhitungan Biaya Total Penggantian Pen Sekoci**

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
54	0,73884957	0,015083	1,05906397	656500	255000	4841,88226
<b>55</b>	<b>0,70054153</b>	<b>0,021746</b>	<b>1,52724591</b>	<b>656500</b>	<b>255000</b>	<b>4815,98888</b>
56	0,6606237	0,030555	2,14654513	656500	255000	4816,33553
57	0,61957014	0,041902	2,94422788	656500	255000	4848,41989
58	0,57787032	0,05616	3,94692725	656500	255000	4917,48817
59	0,53601099	0,073656	5,17761478	656500	255000	5027,89215
60	0,49445971	0,094648	6,65480685	656500	255000	5182,0227
61	0,45365152	0,1193	8,38959637	656500	255000	5379,6129
62	0,41397705	0,147664	10,3863396	656500	255000	5616,89911
63	0,37577455	0,179669	12,6398367	656500	255000	5886,91582
64	0,33932526	0,215116	15,1361977	656500	255000	6180,00236
65	0,30485117	0,253683	17,8531241	656500	255000	6485,0085
66	0,27251548	0,294939	20,759735	656500	255000	6790,9027
67	0,24242519	0,338358	23,8197027	656500	255000	7087,74474
68	0,21463537	0,383351	26,9911957	656500	255000	7367,84457
69	0,18915465	0,429287	30,229797	656500	255000	7625,92942
70	0,16595149	0,475523	33,4902678	656500	255000	7859,07966
<b>71</b>	<b>0,14496076</b>	<b>0,521432</b>	<b>36,7282379</b>	<b>656500</b>	<b>255000</b>	<b>8066,37968</b>
72	0,12609033	0,566424	39,9021408	656500	255000	8248,36198

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen pen sekoci berdasarkan biaya total paling minimal adalah 55 hari, dengan biaya sebesar Rp 4.815,98 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 71 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 8.066,37.

7. Plat penekan mowire

Perhitungan fungsi statistik beserta umur penggantian komponen plat penekan mowire berdasarkan biaya total yang minimal dengan nilai MTTF =50 hari,  $\mu = 50,375$  dan  $\sigma = 7,4375$ , dapat dilihat pada tabel 4.46.

**Tabel 4.46.** Penentuan Fungsi Statistik Plat Penekan Mowire

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
36	-1,9327686	0,0619	0,026632288	0,8812192
37	-1,7983151	0,0804	0,036063491	1,218722
38	-1,6638616	0,1006	0,048070021	1,6733131
39	-1,5294082	0,1257	0,063081664	2,2428429
40	-1,3949547	0,1518	0,081514803	2,9772931
41	-1,2605012	0,1804	0,103744367	3,8843943
42	-1,1260478	0,2131	0,130072698	4,9674772
43	-0,9915943	0,2444	0,160697737	6,2774192
44	-0,8571408	0,278	0,195683478	7,7899253
45	-0,7226874	0,3078	0,234935913	9,5456287
46	-0,5882339	0,3372	0,278187601	11,50577
47	-0,4537804	0,3605	0,324993449	13,69032
48	-0,319327	0,3802	0,374739353	16,049751
49	-0,1848735	0,3925	0,426664133	18,57398
50	-0,05042	0,3984	0,479893762	21,211541
51	0,0840334	0,3977	0,533485134	23,916413
52	0,2184869	0,3902	0,586475075	26,641563

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum plat penekan mowire diperlihatkan pada tabel 4.47.

**Tabel 4.47.** Perhitungan Biaya Total Penggantian Plat Penekan Mowire

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
36	0,9733677	0,0266323	0,881219198	413.362,75	156.500	4.547,0399
37	0,9639365	0,0360635	1,218721963	413.362,75	156.500	4.494,1355
38	0,95193	0,04807	1,673313055	413.362,75	156.500	4.461,3562
<b>39</b>	<b>0,9369183</b>	<b>0,0630817</b>	<b>2,242842866</b>	<b>413.362,75</b>	<b>156.500</b>	<b>4.453,1071</b>
40	0,9184852	0,0815148	2,977293057	413.362,75	156.500	4.467,5945
41	0,8962556	0,1037444	3,884394333	413.362,75	156.500	4.507,6081
42	0,8699273	0,1300727	4,967477163	413.362,75	156.500	4.575,6768
43	0,8393023	0,1606977	6,277419217	413.362,75	156.500	4.668,1454

**Tabel 4.47.** (Lanjutan)

44	0,8043165	0,1956835	7,789925329	413.362,75	156.500	4.788,4322
45	0,7650641	0,2349359	9,545628721	413.362,75	156.500	4.931,2932
46	0,7218124	0,2781876	11,50576952	413.362,75	156.500	5.098,645
47	0,6750066	0,3249934	13,69031993	413.362,75	156.500	5.284,0558
48	0,6252606	0,3747394	16,04975076	413.362,75	156.500	5.487,2811
49	0,5733359	0,4266641	18,57398009	413.362,75	156.500	5.701,9227
<b>50</b>	<b>0,5201062</b>	<b>0,4798938</b>	<b>21,21154129</b>	<b>413.362,75</b>	<b>156.500</b>	<b>5.925,1477</b>
51	0,4665149	0,5334851	23,91641293	413.362,75	156.500	6.152,6018
52	0,4135249	0,5864751	26,64156259	413.362,75	156.500	6.379,5721

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen plat penekan mowire berdasarkan biaya total paling minimal adalah 39 hari, dengan biaya sebesar Rp 4.453,10 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 50 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 5.925,14

Berdasarkan perhitungan waktu penggantian preventif masing-masing komponen mesin *mounting*, didapatkan rekap perbandingan interval waktu penggantian, nilai keandalan beserta biaya total penggantian sebelum dan sesudah penentuan interval penggantian preventif pada tabel 4.4

**Tabel 4.48.** Perbandingan Biaya Total Penggantian sebelum dan sesudah Penentuan Interval Mesin *Mounting*

Komponen	Sebelum penentuan interval			Setelah penentuan interval		
	<i>a</i> (hari)	<i>R(a)</i>	$\Phi(a)$ (Rp/hari)	<i>a</i> (hari)	<i>R(a)</i>	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
Penjepit filamen	21	0,506324	11.622,68	10	0,983753	4905,160
As penggerak	35	0,513329	6.317,928	25	0,964181	3.840,066
Plat pembentuk LIW	53	0,569613	6.692,029	43	0,978946	4.265,431
<i>Spruyer mounting</i>	40	0,494057	6.554,499	29	0,973848	3.619,91
<i>Panche unloading</i>	87	0,518399	6.287,469	71	0,952548	4.739,155
Pen sekoci	71	0,144961	5.135,151	55	0,700541	4815,988
Plat penekan mowire	50	0,520106	5.925,148	39	0,936918	4.453,107

## B. Mesin *Sealing*

### 1. *Karet transferring*

Perhitungan fungsi statistik beserta umur penggantian komponen karet transferring berdasarkan biaya total minimal, dengan nilai MTTF = 46 hari,  $\mu = 46,777$  nilai  $\sigma = 9,4778$ , dapat dilihat pada tabel 4.49.



**Tabel 4.49.** Penentuan Fungsi Statistik *Karet Transferring*

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
28	-1,9812229	0,0562	0,023783071	0,5798628
29	-1,875714	0,0694	0,030347218	0,7618111
30	-1,7702051	0,0833	0,038346445	1,0042547
31	-1,6646962	0,1006	0,047986674	1,291236
32	-1,5591872	0,12	0,059476044	1,6448125
33	-1,4536783	0,1394	0,073017794	2,0943947
34	-1,3481694	0,1626	0,088802009	2,6128586
35	-1,2426605	0,1849	0,106996546	3,252602
36	-1,1371516	0,2107	0,127737508	3,9782891
37	-1,0316427	0,2347	0,151119785	4,8445911
38	-0,9261338	0,2613	0,177188207	5,8119025
39	-0,8206249	0,285	0,20592993	6,9317509
40	-0,715116	0,3101	0,237268624	8,1598107
41	-0,609607	0,3332	0,271061016	9,5216049
42	-0,5040981	0,3521	0,307096201	11,028119
43	-0,3985892	0,3697	0,345097998	12,638948
44	-0,2930803	0,3825	0,384730447	14,371549
45	-0,1875714	0,3925	0,425606337	16,188854
46	-0,0820625	0,3977	0,467298445	18,089833
47	0,0234464	0,3989	0,509352958	20,045676

Sumber: Data diolah,2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum *karet transferring* dapat dilihat pada tabel 4.50.

**Tabel 4.50.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Karet transferring*

$a$ (hari)	R(a)	1-R(a)	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
28	0,9762169	0,0237831	0,579862801	431.500	77.500	3.078,0039
29	0,9696528	0,0303472	0,761811071	431.500	77.500	3.055,3183
<b>30</b>	<b>0,9616536</b>	<b>0,0383464</b>	<b>1,004254706</b>	<b>431.500</b>	<b>77.500</b>	<b>3.050,6821</b>
31	0,9520133	0,0479867	1,291235994	431.500	77.500	3.067,4055
32	0,940524	0,059476	1,644812499	431.500	77.500	3.104,9029
33	0,9269822	0,0730178	2,094394713	431.500	77.500	3.161,9675
34	0,911198	0,088802	2,612858582	431.500	77.500	3.242,7588
35	0,8930035	0,1069965	3,252602027	431.500	77.500	3.343,506
36	0,8722625	0,1277375	3,978289056	431.500	77.500	3.468,6259
37	0,8488802	0,1511198	4,844591069	431.500	77.500	3.613,379
38	0,8228118	0,1771882	5,811902534	431.500	77.500	3.781,8056
39	0,7940701	0,2059299	6,931750865	431.500	77.500	3.968,2659
40	0,7627314	0,2372686	8,159810721	431.500	77.500	4.176,2864
41	0,728939	0,271061	9,521604893	431.500	77.500	4.401,5211
42	0,6929038	0,3070962	11,02811899	431.500	77.500	4.640,2116
43	0,654902	0,345098	12,63894805	431.500	77.500	4.893,7743

**Tabel 4.50.**(Lanjutan)

44	0,6152696	0,3847304	14,37154918	431.500	77.500	5.156,2982
45	0,5743937	0,4256063	16,18885375	431.500	77.500	5.427,7657
<b>46</b>	<b>0,5327016</b>	<b>0,4672984</b>	<b>18,08983296</b>	<b>431.500</b>	<b>77.500</b>	<b>5.703,2224</b>
47	0,490647	0,509353	20,04567619	431.500	77.500	5.980,8478

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *karet transferring* berdasarkan biaya total paling minimal adalah 30 hari, dengan biaya sebesar Rp 3.050,68 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 46 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp Rp 5.703,22

### 3. *V-belt*

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen *v-belt* dengan nilai MTTF = 36 hari, nilai *tmed* = 3,5683 dan nilai  $\hat{s} = 0,20875$  dapat dilihat pada tabel 4.51.

**Tabel 4.51.** Penentuan Fungsi Statistik *V-belt*

<i>a</i> (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{tmed} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
23	-2,0719394	0,0468	0,01913548	0,66851914
24	-1,8680694	0,0707	0,03087613	1,07969696
25	-1,672523	0,0989	0,0472106	1,65281228
26	-1,484647	0,1334	0,06881871	2,41154563
27	-1,3038625	0,1714	0,0961403	3,37207248
28	-1,1296534	0,2131	0,12931121	4,53916529
29	-0,9615581	0,2516	0,16813579	5,90733049
30	-0,7991622	0,292	0,21209813	7,45721501
31	-0,6420916	0,3251	0,26040678	9,16268605
32	-0,4900083	0,3538	0,31206401	10,9877715
33	-0,3426052	0,3765	0,3659478	12,8930337
34	-0,1996029	0,3918	0,42089561	14,8375566
35	-0,0607461	0,3982	0,47578063	16,7817116
36	0,07419864	0,398	0,5295739	18,6885459
37	0,20544582	0,391	0,58138806	20,5266466
38	0,33319265	0,3778	0,6305055	22,270452

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *V-belt* dapat dilihat pada tabel 4.52.

**Tabel 4.52.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *V-belt*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
23	0,98086452	0,019135	0,66851914	304.277,778	82.500	3.734,38603
24	0,96912387	0,030876	1,07969696	304.277,778	82.500	3.671,01578
<b>25</b>	<b>0,9527894</b>	<b>0,047211</b>	<b>1,65281228</b>	<b>304.277,778</b>	<b>82.500</b>	<b>3.649,82191</b>
26	0,93118129	0,068819	2,41154563	304.277,778	82.500	3.672,20748
27	0,9038597	0,09614	3,37207248	304.277,778	82.500	3.737,78515
28	0,87068879	0,129311	4,53916529	304.277,778	82.500	3.844,5472
29	0,83186421	0,168136	5,90733049	304.277,778	82.500	3.988,7855
30	0,78790187	0,212098	7,45721501	304.277,778	82.500	4.165,99735
31	0,73959322	0,260407	9,16268605	304.277,778	82.500	4.370,58604
32	0,68793599	0,312064	10,9877715	304.277,778	82.500	4.596,99824
33	0,6340522	0,365948	12,8930337	304.277,778	82.500	4.839,58573
34	0,57910439	0,420896	14,8375566	304.277,778	82.500	5.092,9636
35	0,52421937	0,475781	16,7817116	304.277,778	82.500	5.352,14451
<b>36</b>	<b>0,4704261</b>	<b>0,529574</b>	<b>18,6885459</b>	<b>304.277,778</b>	<b>82.500</b>	<b>5.612,74329</b>
37	0,41861194	0,581388	20,5266466	304.277,778	82.500	5.870,81103
38	0,3694945	0,630506	22,270452	304.277,778	82.500	6.122,95508

Sumber: Data diolah, 2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *v-belt* berdasarkan biaya total penggantian paling minimal adalah 25 hari, dengan biaya sebesar Rp 3.649,82 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 36 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 5.612,74

4. *Mikroswitch*

Perhitungan umur penggantian komponen *mikroswitch* dengan nilai MTTF = 46 hari,  $\mu = 46,25$  dan  $\sigma = 12,694$  diperlihatkan pada tabel 4.53.

**Tabel 4.53.** Penentuan Fungsi Statistik *Mikroswitch*

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
26	-1,5952067	0,1127	0,05533301	1,1285064
27	-1,5164311	0,1276	0,064705218	1,3728262
28	-1,4376554	0,1435	0,075265968	1,6594219
29	-1,3588798	0,1604	0,087092403	1,9918612
30	-1,2801041	0,1758	0,100254322	2,405108
31	-1,2013285	0,1942	0,114811961	2,8448241
32	-1,1225529	0,2131	0,130813769	3,3449858
33	-1,0437772	0,2323	0,148294258	3,9097283
34	-0,9650016	0,2516	0,167272001	4,5424493
35	-0,8862259	0,2709	0,187747854	5,2444579
36	-0,8074503	0,2897	0,209703484	6,0212533
37	-0,7286747	0,3078	0,233100273	6,8735883
38	-0,649899	0,3251	0,257878657	7,7999775
39	-0,5711234	0,3391	0,283957962	8,8284255

**Tabel 4.53. (Lanjutan)**

40	-0,4923477	0,3538	0,311236764	9,9034642
41	-0,4135721	0,3668	0,339593791	11,049951
42	-0,3347965	0,3778	0,368889376	12,265235
43	-0,2560208	0,3867	0,398967432	13,543366
44	-0,1772452	0,3932	0,429657905	14,880287
45	-0,0984695	0,3973	0,460779666	16,267622
46	-0,0196939	0,03989	0,492143735	22,255273
47	0,0590817	0,3984	0,523556564	19,15709
48	0,1378574	0,3956	0,554823458	20,638728

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *mikroswitch* dapat dilihat pada tabel 4.54.

**Tabel 4.54. Perhitungan Biaya Total Penggantian Mikroswitch**

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
26	0,944667	0,055333	1,128506383	318.142,86	65.000	3.075,4232
27	0,9352948	0,0647052	1,372826243	318.142,86	65.000	3.056,423
<b>28</b>	<b>0,924734</b>	<b>0,075266</b>	<b>1,659421874</b>	<b>318.142,86</b>	<b>65.000</b>	<b>3.050,7084</b>
29	0,9129076	0,0870924	1,991861154	318.142,86	65.000	3.057,9029
30	0,8997457	0,1002543	2,405108016	318.142,86	65.000	3.074,368
31	0,885188	0,114812	2,844824079	318.142,86	65.000	3.105,8874
32	0,8691862	0,1308138	3,344985816	318.142,86	65.000	3.148,8412
33	0,8517057	0,1482943	3,909728275	318.142,86	65.000	3.202,7604
34	0,832728	0,167272	4,542449291	318.142,86	65.000	3.267,1756
35	0,8122521	0,1877479	5,244457894	318.142,86	65.000	3.341,7302
36	0,7902965	0,2097035	6,021253331	318.142,86	65.000	3.425,5392
37	0,7668997	0,2331003	6,873588332	318.142,86	65.000	3.518,06
38	0,7421213	0,2578787	7,799977547	318.142,86	65.000	3.618,8336
39	0,716042	0,283958	8,828425508	318.142,86	65.000	3.724,2664
40	0,6887632	0,3112368	9,903464183	318.142,86	65.000	3.839,0396
41	0,6604062	0,3395938	11,04995105	318.142,86	65.000	3.959,5904
42	0,6311106	0,3688894	12,2652348	318.142,86	65.000	4.084,9633
43	0,6010326	0,3989674	13,54336576	318.142,86	65.000	4.214,3988
44	0,5703421	0,4296579	14,88028735	318.142,86	65.000	4.346,8006
45	0,5392203	0,4607797	16,26762224	318.142,86	65.000	4.481,414
<b>46</b>	<b>0,5078563</b>	<b>0,4921437</b>	<b>22,25527292</b>	<b>318.142,86</b>	<b>65.000</b>	<b>4.155,9962</b>
47	0,4764434	0,5235566	19,15709008	318.142,86	65.000	4.754,1499
48	0,4451765	0,5548235	20,63872789	318.142,86	65.000	4.890,8184

Sumber: Data diolah,2006

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *mikroswitch* berdasarkan biaya rata-rata paling minimal adalah 28 hari, dengan biaya total sebesar Rp 3.050,70 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 46 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 4.155,99

5. *Laker head sealing*

Perhitungan umur penggantian komponen *laker head sealing* dengan nilai  $MTTF = 75$  hari,  $tmed = 75,2727$  dan  $\hat{s} = 0,13979$ , dapat dilihat pada tabel 4.55.

**Tabel 4.55** Penentuan Fungsi Statistik *Laker Head Sealing*

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{tmed} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
60	-1,5467184	0,1219	0,0609656	4,52384673
61	-1,4284788	0,1456	0,07657709	5,68332091
62	-1,312162	0,1691	0,09473281	7,0323247
63	-1,1977062	0,1965	0,11551576	8,57646648
64	-1,085053	0,2226	0,13894912	10,3181996
65	-0,9741465	0,2492	0,1649919	12,2542204
66	-0,8649332	0,2756	0,19353768	14,3766989
67	-0,7573623	0,3011	0,22441634	16,6730633
68	-0,6513851	0,323	0,25739889	19,1266341
69	-0,5469551	0,3448	0,29220477	21,7160253
70	-0,4440277	0,3621	0,32851131	24,4178193
71	-0,3425603	0,3765	0,3659647	27,2054391
72	-0,2425121	0,3876	0,40419174	30,0511443
73	-0,1438439	0,395	0,44281184	32,9266425
74	-0,0465182	0,3986	0,48144855	35,8039095
75	0,0495011	0,3986	0,51974009	38,6559701
76	0,14424858	0,395	0,55734794	41,4576108
77	0,2377575	0,3885	0,59396536	44,1858876

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *laker head sealing* dapat dilihat pada tabel 4.56.

**Tabel 4.56.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Laker Head Sealing*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
60	0,9390344	0,060966	4,52384673	756.000	375.000	6.542,70816
61	0,92342291	0,076577	5,68332091	756.000	375.000	6.517,69167
<b>62</b>	<b>0,90526719</b>	<b>0,094733</b>	<b>7,0323247</b>	<b>756.000</b>	<b>375.000</b>	<b>6.508,87305</b>
63	0,88448424	0,115516	8,57646648	756.000	375.000	6.516,61265
64	0,86105088	0,138949	10,3181996	756.000	375.000	6.540,87321
65	0,8350081	0,164992	12,2542204	756.000	375.000	6.581,44568
66	0,80646232	0,193538	14,3766989	756.000	375.000	6.637,81854
67	0,77558366	0,224416	16,6730633	756.000	375.000	6.709,23114
68	0,74260111	0,257399	19,1266341	756.000	375.000	6.794,67298
69	0,70779523	0,292205	21,7160253	756.000	375.000	6.893,02847
70	0,67148869	0,328511	24,4178193	756.000	375.000	7.002,92086
71	0,6340353	0,365965	27,2054391	756.000	375.000	7.122,93949
72	0,59580826	0,404192	30,0511443	756.000	375.000	7.251,56745

**Tabel 4.56.**(Lanjutan)

73	0,55718816	0,442812	32,9266425	756.000	375.000	7.387,24359
74	0,51855145	0,481449	35,8039095	756.000	375.000	7.528,3987
<b>75</b>	<b>0,48025991</b>	<b>0,51974</b>	<b>38,6559701</b>	<b>756.000</b>	<b>375.000</b>	<b>7.673,484</b>
76	0,44265206	0,557348	41,4576108	756.000	375.000	7.820,98633
77	0,40603464	0,593965	44,1858876	756.000	375.000	7.969,46829

Sumber: Data diolah,2006.

Menurut hasil perhitungan tabel 4.55. diatas, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *laker head sealing* berdasarkan biaya total paling minimal adalah 62 hari, dengan biaya sebesar Rp 6.508,87 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 75 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 7.673,48

6. *Burners*

Perhitungan umur penggantian komponen *burners* dengan nilai MTTF = 68 hari,  $tmed = 68,6363$  dan  $\hat{s} = 0,11316$ , diperlihatkan pada tabel 4.57.

**Tabel 4.57.** Penentuan Fungsi Statistik *Burners*

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{tmed} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
54	-2,030066	0,0508	0,02117484	1,433
55	-1,8679201	0,0707	0,03088654	2,09061999
56	-1,7086959	0,094	0,04375361	2,96225099
57	-1,55229	0,12	0,06029643	4,08332959
58	-1,3986044	0,1518	0,08096588	5,48414003
59	-1,2475459	0,1849	0,10609876	7,18807631
60	-1,0990264	0,2202	0,13587832	9,2074871
61	-0,9529618	0,2541	0,17030469	11,5427895
62	-0,8092724	0,2897	0,20917916	14,180131
63	-0,6678822	0,3209	0,25210433	17,0931995
64	-0,5287186	0,3485	0,29850031	20,2425034
65	-0,3917127	0,3697	0,3476353	23,5786365
66	-0,2567986	0,3867	0,39866719	27,0441321
67	-0,1239133	0,3961	0,45069191	30,5779472
68	0,00700321	0,3989	0,50279387	34,1177566
69	0,13600847	0,3956	0,55409274	37,6036897
70	0,26315748	0,3857	0,60378534	40,9812301

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *burners* dapat dilihat pada tabel 4.58.

**Tabel 4.58.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Burners*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x)dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
54	0,97882516	0,0211748	1,433	615.000	297.500	5.603,7113
55	0,96911346	0,0308865	2,09062	615.000	297.500	5.547,8634
56	0,95624639	0,0437536	2,962251	615.000	297.500	5.510,1837
<b>57</b>	<b>0,93970357</b>	<b>0,0602964</b>	<b>4,0833296</b>	<b>615.000</b>	<b>297.500</b>	<b>5.492,8658</b>
58	0,91903412	0,0809659	5,48414	615.000	297.500	5.497,8229
59	0,89390124	0,1060988	7,1880763	615.000	297.500	5.526,3813
60	0,86412168	0,1358783	9,2074871	615.000	297.500	5.579,2736
61	0,82969531	0,1703047	11,542789	615.000	297.500	5.656,4435
62	0,79082084	0,2091792	14,180131	615.000	297.500	5.757,1349
63	0,74789567	0,2521043	17,0932	615.000	297.500	5.879,7608
64	0,70149969	0,2985003	20,242503	615.000	297.500	6.022,152
65	0,6523647	0,3476353	23,578636	615.000	297.500	6.181,5661
66	0,60133281	0,3986672	27,044132	615.000	297.500	6.354,9154
67	0,54930809	0,4506919	30,577947	615.000	297.500	6.538,7992
<b>68</b>	<b>0,49720613</b>	<b>0,5027939</b>	<b>34,117757</b>	<b>615.000</b>	<b>297.500</b>	<b>6.729,7518</b>
69	0,44590726	0,5540927	37,60369	615.000	297.500	6.924,3163
70	0,39621466	0,6037853	40,98123	615.000	297.500	7.119,1574

Sumber: Data diolah, 2006

Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *burners* adalah 57 hari berdasarkan biaya total paling minimal, dengan biaya sebesar Rp 5.492,86 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 68 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 6.729,75

### 7. *Marking*

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen *marking* dengan nilai MTTF =38 hari,  $t_{med} = 37,8900$  dan  $\hat{s} = 0,13654$ , dapat dilihat pada tabel 4.59.

**Tabel 4.59.** Penentuan Fungsi Statistik *Marking*

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{t_{med}} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x)dx$
27	-2,4815661	0,0184	0,00654033	0,24530106
28	-2,2152291	0,0347	0,01337213	0,50193226
29	-1,9582393	0,0596	0,0251009	0,94293614
30	-1,7099626	0,094	0,04363636	1,64054825
31	-1,4698277	0,1374	0,07080425	2,66401479
32	-1,2373174	0,1872	0,1079847	4,06598389
33	-1,0119624	0,2395	0,15577803	5,86973386
34	-0,7933354	0,292	0,21379115	8,06068489
35	-0,5810464	0,3372	0,28060456	10,5860762

**Tabel 4.59.** (Lanjutan)

36	-0,3747381	0,3725	0,35392768	13,3594729
37	-0,1740828	0,3932	0,43090019	16,2731383
38	0,02122101	0,3989	0,50846537	19,2113082
39	0,21145143	0,3902	0,58373246	22,0643698

Sumber: Data diolah,2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen marking dapat dilihat pada tabel 4.60.

**Tabel 4.60.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Marking*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
26	0,99709174	0,002908	0,10895148	185250	51500	1993,17437
27	0,99345967	0,00654	0,24530106	185250	51500	1934,88222
28	0,98662787	0,013372	0,50193226	185250	51500	1894,53373
<b>29</b>	<b>0,9748991</b>	<b>0,025101</b>	<b>0,94293614</b>	<b>185250</b>	<b>51500</b>	<b>1877,70758</b>
30	0,95636364	0,043636	1,64054825	185250	51500	1890,32667
31	0,92919575	0,070804	2,66401479	185250	51500	1937,45933
32	0,8920153	0,107985	4,06598389	185250	51500	2022,14035
33	0,84422197	0,155778	5,86973386	185250	51500	2144,59916
34	0,78620885	0,213791	8,06068489	185250	51500	2302,11137
35	0,71939544	0,280605	10,5860762	185250	51500	2489,33501
36	0,64607232	0,353928	13,3594729	185250	51500	2699,15402
37	0,56909981	0,4309	16,2731383	185250	51500	2923,47693
<b>38</b>	<b>0,49153463</b>	<b>0,508465</b>	<b>19,2113082</b>	<b>185250</b>	<b>51500</b>	<b>3154,08888</b>
39	0,41626754	0,583732	22,0643698	185250	51500	3383,24445
40	0,34573342	0,654267	24,7397105	185250	51500	3604,13767

Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *marking* adalah 29 hari dengan biaya total paling minimal adalah Rp 1.877,70 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 38 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 3.154,088

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan waktu penggantian preventif masing-masing komponen mesin *sealing* maka didapatkan rekap perbandingan hasil perhitungan antara interval waktu penggantian, nilai keandalan beserta biaya yang diperlukan sebelum dan sesudah penentuan interval penggantian preventif seperti pada tabel 4.61.



**Tabel 4.61.** Perbandingan Biaya Total Penggantian sebelum dan sesudah Penentuan Interval Mesin *Sealing*

Komponen	Sebelum penentuan interval			Sesudah penentuan interval		
	$a$ (hari)	$R(a)$	$\Phi(a)$ (Rp/hari)	$a$ (hari)	$R(a)$	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
<i>Karet transferring</i>	46	0,532702	5.703,222	30	0,961654	3.050,682
<i>V-belt</i>	36	0,470426	5.612,743	25	0,952789	3.649,822
<i>Mikroswit</i>	46	0,507856	4.155,996	28	0,924734	3.050,708
<i>Laker head sealing</i>	75	0,48026	7.673,484	62	0,905267	6.508,873
<i>Burners</i>	68	0,497206	6.729,752	57	0,939704	5.492,866
<i>Marking</i>	38	0,507856	2.626,24	29	0,974899	1.877,707

### C. Mesin *Exhaust*

#### 1. Motor pengerol

Seperti langkah-langkah diatas maka perhitungan umur penggantian komponen motor pengerol dengan nilai MTTF = 63 hari,  $\mu = 63,9$  nilai  $\sigma = 14,685$ , dapat dilihat pada tabel 4.62.

**Tabel 4.62.** Penentuan Fungsi Statistik Motor Pengerol

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
42	-1,4912958	0,1315	0,067941958	2,4103853
43	-1,4232001	0,1456	0,077339128	2,8038029
44	-1,3551044	0,1604	0,08769221	3,2480237
45	-1,2870087	0,1758	0,099045695	3,747359
46	-1,218913	0,1919	0,111438673	4,3028383
47	-1,1508173	0,2059	0,124903758	4,9576642
48	-1,0827216	0,2226	0,139466043	5,6429512
49	-1,0146259	0,2395	0,155142106	6,3964715
50	-0,9465302	0,2565	0,171939098	7,2201506
51	-0,8784345	0,2732	0,189853942	8,119666
52	-0,8103388	0,2874	0,208872677	9,1264331
53	-0,7422431	0,3034	0,228969955	10,175686
54	-0,6741474	0,3187	0,250108729	11,30177
55	-0,6060517	0,3332	0,272240153	12,503032
56	-0,537956	0,3521	0,295303683	13,699241
57	-0,4698603	0,3589	0,31922742	15,128108
58	-0,4017646	0,3683	0,343928677	16,568478
59	-0,3336689	0,3778	0,369314767	18,051139
60	-0,2655732	0,3857	0,395284013	19,594561
61	-0,1974775	0,3918	0,421726955	21,194685
62	-0,1293818	0,3961	0,448527727	22,844108
63	-0,0612861	0,3982	0,475565599	24,540989
64	0,0068096	0,3989	0,50271662	26,26566

Sumber: Data diolah, 2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen motor pengerol dapat dilihat pada tabel 4.63.

**Tabel 4.63.** Perhitungan Biaya Total Penggantian Motor Pengerol

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
42	0,932058	0,067942	2,410385264	911.818,18	260.000	7.322,1623
<b>43</b>	<b>0,9226609</b>	<b>0,0773391</b>	<b>2,80380288</b>	<b>911.818,18</b>	<b>260.000</b>	<b>7.307,5342</b>
44	0,9123078	0,0876922	3,248023662	911.818,18	260.000	7.309,577
45	0,9009543	0,0990457	3,747359038	911.818,18	260.000	7.328,0101
46	0,8885613	0,1114387	4,302838325	911.818,18	260.000	7.363,0445
47	0,8750962	0,1249038	4,957664238	911.818,18	260.000	7.408,0142
48	0,860534	0,139466	5,64295118	911.818,18	260.000	7.474,2728
49	0,8448579	0,1551421	6,396471469	911.818,18	260.000	7.555,7728
50	0,8280609	0,1719391	7,220150562	911.818,18	260.000	7.652,1715
51	0,8101461	0,1898539	8,119666031	911.818,18	260.000	7.762,3917
52	0,7911273	0,2088727	9,126433129	911.818,18	260.000	7.881,1615
53	0,77103	0,22897	10,1756857	911.818,18	260.000	8.018,1142
54	0,7498913	0,2501087	11,30176962	911.818,18	260.000	8.167,1606
55	0,7277598	0,2722402	12,50303195	911.818,18	260.000	8.327,6709
56	0,7046963	0,2953037	13,69924092	911.818,18	260.000	8.511,3862
57	0,6807726	0,3192274	15,12810826	911.818,18	260.000	8.679,0213
58	0,6560713	0,3439287	16,56847754	911.818,18	260.000	8.864,3998
59	0,6306852	0,3693148	18,05113916	911.818,18	260.000	9.061,0183
60	0,604716	0,395284	19,59456082	911.818,18	260.000	9.264,0709
61	0,578273	0,421727	21,19468496	911.818,18	260.000	9.472,2072
62	0,5514723	0,4485277	22,84410788	911.818,18	260.000	9.684,4878
<b>63</b>	<b>0,5244344</b>	<b>0,4755656</b>	<b>24,54098895</b>	<b>911.818,18</b>	<b>260.000</b>	<b>9.898,902</b>
64	0,4972834	0,5027166	26,26565955	911.818,18	260.000	10.116,4

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen motor pengerol berdasarkan biaya total paling minimal adalah 43 hari, dengan biaya rata-rata sebesar Rp 7.307,53 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 63 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 9.898,90

## 2. Karet glass

Perhitungan umur penggantian komponen karet glass dengan nilai MTTF = 58 hari, nilai  $\mu = 58$  dan nilai  $\sigma = 5,1269$ , dapat dilihat pada tabel 4.64.

**Tabel 4.64.** Penentuan Fungsi Statistik Karet Glass

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
44	-2,7306632	0,0096	0,003160404	0,1340846
45	-2,5356159	0,0162	0,005612511	0,2424689
46	-2,3405685	0,0208	0,009627183	0,4517359

**Tabel 4.64. (Lanjutan)**

47	-2,1455211	0,0404	0,015955545	0,7182924
48	-1,9504737	0,0596	0,02555977	1,1768999
49	-1,7554264	0,863	0,039593158	-2,1281629
50	-1,560379	0,1182	0,059335183	2,835434
51	-1,3653316	0,1582	0,086074481	4,1812349
52	-1,1702842	0,2012	0,120943357	5,9831704
53	-0,9752369	0,2492	0,164721384	8,276202
54	-0,7801895	0,2943	0,217639603	11,114233
55	-0,5851421	0,3372	0,279226031	14,466299
56	-0,3900947	0,3697	0,348233292	18,302094
57	-0,1950474	0,3918	0,422677949	22,506578
58	0	0,3989	0,5	26,954856
59	0,1950474	0,3918	0,577322051	31,475936
60	0,3900947	0,3697	0,651766708	35,907032

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen karet glass dapat dilihat pada tabel 4.65.

**Tabel 4.65. Perhitungan Biaya Total Penggantian Karet Glass**

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
44	0,9968396	0,0031604	0,134084632	529.450	135.700	3.112,7248
45	0,9943875	0,0056125	0,242468901	529.450	135.700	3.065,3526
46	0,9903728	0,0096272	0,451735854	529.450	135.700	3.031,821
<b>47</b>	<b>0,9840445</b>	<b>0,0159555</b>	<b>0,718292447</b>	<b>529.450</b>	<b>135.700</b>	<b>3.022,9378</b>
48	0,9744402	0,0255598	1,176899881	529.450	135.700	3.039,9179
49	0,9604068	0,0395932	-2,128162938	529.450	135.700	3.367,1008
50	0,9406648	0,0593352	2,835433968	529.450	135.700	3.189,6422
51	0,9139255	0,0860745	4,181234868	529.450	135.700	3.338,9847
52	0,8790566	0,1209434	5,983170429	529.450	135.700	3.546,273
53	0,8352786	0,1647214	8,276201957	529.450	135.700	3.816,8303
54	0,7823604	0,2176396	11,11423278	529.450	135.700	4.148,9611
55	0,720774	0,279226	14,46629906	529.450	135.700	4.539,8335
56	0,6517667	0,3482333	18,30209398	529.450	135.700	4.978,3163
57	0,5773221	0,4226779	22,50657827	529.450	135.700	5.452,2286
<b>58</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>26,95485582</b>	<b>529.450</b>	<b>135.700</b>	<b>5.943,6307</b>
59	0,4226779	0,5773221	31,47593622	529.450	135.700	6.434,9448
60	0,3482333	0,6517667	35,90703212	529.450	135.700	6.907,1484

Sumber: Data diolah,2006.

Menurut hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen karet glass adalah 47 hari berdasarkan biaya total paling minimal, dengan biaya sebesar Rp 3.022,93 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 58 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 5.943,63

3. *Head*

Perhitungan umur penggantian komponen head dengan nilai MTTF = 50 hari,  $\mu = 50,1875$  dan  $\sigma = 4,6792$  dapat dilihat pada tabel 4.66.

**Tabel 4.66.** Penentuan Fungsi Statistik *Head*

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
38	-2,6045571	0,0136	0,004599689	0,1672084
39	-2,3908499	0,0229	0,008404703	0,3146551
40	-2,1771426	0,0379	0,014734911	0,5621629
41	-1,9634354	0,0584	0,024797733	0,9712652
42	-1,7497281	0,0878	0,040082576	1,6008019
43	-1,5360209	0,1238	0,062266647	2,5457102
44	-1,3223136	0,1669	0,093031932	3,8880652
45	-1,1086064	0,2178	0,133800057	5,6959392
46	-0,8948991	0,2685	0,185420473	8,0493984
47	-0,6811919	0,3166	0,247874975	10,958759
48	-0,4674846	0,3589	0,32007661	14,384445
49	-0,2537774	0,3867	0,399833835	18,257176
50	-0,0400701	0,3986	0,484018554	22,426513
51	0,1736371	0,3932	0,568924679	26,713007
52	0,3873444	0,3711	0,650749318	30,922994
53	0,6010516	0,3332	0,72609726	34,881864

Sumber: Data diolah,2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *head* dapat dilihat pada tabel 4.67.

**Tabel 4.67.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Head*

$a$ (hari)	R(a)	1-R(a)	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
38	0,9954003	0,0045997	0,167208413	364.458,82	87.400	2.334,002
39	0,9915953	0,0084047	0,314655097	364.458,82	87.400	2.301,508
<b>40</b>	<b>0,9852651</b>	<b>0,0147349</b>	<b>0,562162936</b>	<b>364.458,82</b>	<b>87.400</b>	<b>2.288,6191</b>
41	0,9752023	0,0247977	0,971265199	364.458,82	87.400	2.301,83
42	0,9599174	0,0400826	1,600801861	364.458,82	87.400	2.349,988
43	0,9377334	0,0622666	2,545710217	364.458,82	87.400	2.441,2365
44	0,9069681	0,0930319	3,8880652	364.458,82	87.400	2.584,2264
45	0,8661999	0,1338001	5,695939178	364.458,82	87.400	2.786,1368
46	0,8145795	0,1854205	8,049398386	364.458,82	87.400	3.048,5985
47	0,752125	0,247875	10,95875942	364.458,82	87.400	3.370,3422
48	0,6799234	0,3200766	14,38444468	364.458,82	87.400	3.744,7294
49	0,6001662	0,3998338	18,25717592	364.458,82	87.400	4.157,6874
<b>50</b>	<b>0,5159814</b>	<b>0,4840186</b>	<b>22,42651283</b>	<b>364.458,82</b>	<b>87.400</b>	<b>4.593,0311</b>
51	0,4310753	0,5689247	26,71300719	364.458,82	87.400	5.031,5488
52	0,3492507	0,6507493	30,92299378	364.458,82	87.400	5.453,8277
53	0,2739027	0,7260973	34,881864	364.458,82	87.400	5.841,6841

Sumber: Data diolah,2006

Menurut hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *head* adalah 40 hari berdasarkan biaya total paling minimal, dengan biaya sebesar Rp 2.288,61 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 50 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 4.593,03

#### 4. Roda gigi penggerak

Perhitungan umur penggantian komponen roda gigi penggerak dengan nilai MTTF = 66 hari,  $t_{med} = 66,0897$  dan  $\hat{s} = 0,13398$ , dapat dilihat pada tabel 4.68.

**Tabel 4.68.** Penentuan Fungsi Statistik Roda Gigi Penggerak

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{t_{med}} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
50	-2,0822328	0,0459	0,01866054	1,22712037
51	-1,9344368	0,0619	0,02652965	1,74504424
52	-1,7895108	0,0818	0,03676624	2,41891142
53	-1,6473455	0,104	0,04974351	3,27360121
54	-1,5078376	0,1295	0,06579807	4,33122636
55	-1,3708896	0,1561	0,08520474	5,61024363
56	-1,2364094	0,1872	0,10815328	7,12274014
57	-1,1043094	0,2178	0,13472952	8,87505658
58	-0,9745069	0,2492	0,16490245	10,8649705
59	-0,8469234	0,2803	0,19851886	13,0825032
60	-0,7214843	0,3078	0,23530574	15,5100541
61	-0,5981186	0,3352	0,27488036	18,1218591
62	-0,4767589	0,3572	0,31676691	20,8871825
63	-0,3573411	0,3752	0,36041829	23,7696791
64	-0,239804	0,3885	0,40524116	26,730229
65	-0,1240892	0,3961	0,45062228	29,7284375
66	-0,0101411	0,3989	0,49595432	32,724045
67	0,10209337	0,3969	0,54065878	35,6788188
68	0,21266508	0,3902	0,58420587	38,5577324

Sumber: Data diolah, 2006

Adapun perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen roda gigi penggerak dapat dilihat pada tabel 4.69.

**Tabel 4.69** Perhitungan Biaya Total Penggantian Roda Gigi Penggerak

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
50	0,98133946	0,018661	1,22712037	321.785,714	122.500	2.509,61437
51	0,97347035	0,02653	1,74504424	321.785,714	122.500	2.486,5135
52	0,96323376	0,036766	2,41891142	321.785,714	122.500	2.472,56218
<b>53</b>	<b>0,95025649</b>	<b>0,049744</b>	<b>3,27360121</b>	<b>321.785,714</b>	<b>122.500</b>	<b>2.468,68188</b>
54	0,93420193	0,065798	4,33122636	321.785,714	122.500	2.475,67077
55	0,91479526	0,085205	5,61024363	321.785,714	122.500	2.494,10144
56	0,89184672	0,108153	7,12274014	321.785,714	122.500	2.524,32289
57	0,86527048	0,13473	8,87505658	321.785,714	122.500	2.566,34507

**Tabel 4.69 (Lanjutan)**

58	0,83509755	0,164902	10,8649705	321.785,714	122.500	2.619,91662
59	0,80148114	0,198519	13,0825032	321.785,714	122.500	2.684,48344
60	0,76469426	0,235306	15,5100541	321.785,714	122.500	2.759,21737
61	0,72511964	0,27488	18,1218591	321.785,714	122.500	2.843,11
62	0,68323309	0,316767	20,8871825	321.785,714	122.500	2.934,92588
63	0,63958171	0,360418	23,7696791	321.785,714	122.500	3.033,34566
64	0,59475884	0,405241	26,730229	321.785,714	122.500	3.136,96144
65	0,54937772	0,450622	29,7284375	321.785,714	122.500	3.244,33233
<b>66</b>	<b>0,50404568</b>	<b>0,495954</b>	<b>32,724045</b>	<b>321.785,714</b>	<b>122.500</b>	<b>3.354,03935</b>
67	0,45934122	0,540659	35,6788188	321.785,714	122.500	3.464,70057
68	0,41579413	0,584206	38,5577324	321.785,714	122.500	3.575,00653

Sumber: Data diolah,2006

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen roda gigi penggerak berdasarkan biaya total paling minimal adalah 53 hari, dengan biaya sebesar Rp 2.468,68 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 66 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 3.354,03

#### 5. Cam

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen *cam* dengan nilai MTTF = 100 hari,  $t_{med} = 100,5$  dan  $\hat{s} = 0,08339$ , dapat dilihat pada tabel 4.70.

**Tabel 4.70. Penentuan Fungsi Statistik Cam**

$a$ (hari)	$z = \left( \frac{1}{\hat{s}} \ln \frac{a_i}{t_{med}} \right)$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
84	-2,1020464	0,044	0,01777454	1,77547828
85	-1,9601424	0,0584	0,0249895	2,49646079
86	-1,8198982	0,0775	0,0343872	3,43553287
87	-1,6812753	0,0973	0,0463547	4,63177204
88	-1,5442367	0,1219	0,06126551	6,12222244
89	-1,4087466	0,1497	0,0794551	7,94059601
90	-1,2747704	0,1781	0,10119532	10,1143211
91	-1,1422746	0,2083	0,12666999	12,6616965
92	-1,0112269	0,2395	0,15595393	15,5902781
93	-0,881596	0,2709	0,18899763	18,8951777
94	-0,7533515	0,3011	0,22561929	22,5583151
95	-0,6264641	0,3292	0,26550523	26,5483655
96	-0,5009054	0,3521	0,30821885	30,8218871
97	-0,3766478	0,3725	0,35321772	35,3243602
98	-0,2536648	0,3867	0,39987733	39,9935835
99	-0,1319303	0,3956	0,4475197	44,7616167
100	-0,0114192	0,3989	0,49544446	49,5583843
101	0,10789266	0,3969	0,54295963	54,3145956
102	0,22602905	0,3894	0,58941055	58,964738

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *cam* dapat dilihat pada tabel 4.71.

**Tabel 4.71.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Cam*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
84	0,98222546	0,017775	1,77547828	420.000	180.000	2.186,29101
85	0,9750105	0,02499	2,49646079	420.000	180.000	2.178,66175
<b>86</b>	<b>0,9656128</b>	<b>0,034387</b>	<b>3,43553287</b>	<b>420.000</b>	<b>180.000</b>	<b>2.176,8822</b>
87	0,9536453	0,046355	4,63177204	420.000	180.000	2.181,82077
88	0,93873449	0,061266	6,12222244	420.000	180.000	2.194,31807
89	0,9205449	0,079455	7,94059601	420.000	180.000	2.215,10222
90	0,89880468	0,101195	10,1143211	420.000	180.000	2.244,74444
91	0,87333001	0,12667	12,6616965	420.000	180.000	2.283,621
92	0,84404607	0,155954	15,5902781	420.000	180.000	2.331,8648
93	0,81100237	0,188998	18,8951777	420.000	180.000	2.389,34751
94	0,77438071	0,225619	22,5583151	420.000	180.000	2.455,67259
95	0,73449477	0,265505	26,5483655	420.000	180.000	2.530,18762
96	0,69178115	0,308219	30,8218871	420.000	180.000	2.612,00253
97	0,64678228	0,353218	35,3243602	420.000	180.000	2.700,04282
98	0,60012267	0,399877	39,9935835	420.000	180.000	2.793,06585
99	0,5524803	0,44752	44,7616167	420.000	180.000	2.889,7337
<b>100</b>	<b>0,50455554</b>	<b>0,495444</b>	<b>49,5583843</b>	<b>420.000</b>	<b>180.000</b>	<b>2.988,65014</b>
101	0,45704037	0,54296	54,3145956	420.000	180.000	3.088,41239
102	0,41058945	0,589411	58,964738	420.000	180.000	3.187,65402

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *cam* berdasarkan biaya total paling minimal adalah 86 hari, dengan biaya sebesar Rp 2.176,88 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 100 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 2.988,65

## 6. *Cooling*

Menggunakan cara yang sama seperti diatas maka perhitungan umur penggantian komponen *cooling* dengan nilai MTTF =105 hari,  $\mu = 1005,1$  dan  $\sigma = 8,6724$ , dapat dilihat pada tabel 4.72.

**Tabel 4.72.** Penentuan Fungsi Statistik *Cooling*

$a$ (hari)	$Z = \frac{(a - \mu)}{\sigma}$	G(z)	F(z)	$\int_0^a x f(x) dx$
92	-1,5105333	0,1276	0,065453729	5,7725843
93	-1,3952254	0,1518	0,081473996	7,2464415
94	-1,2799175	0,1781	0,100287142	8,9956181
95	-1,1646096	0,2036	0,122088581	11,065802
96	-1,0493017	0,2323	0,147019659	13,43716

**Tabel 4.72.**(Lanjutan)

97	-0,9339938	0,2589	0,175153512	16,163341
98	-0,818686	0,2874	0,206482742	19,208879
99	-0,7033781	0,3122	0,240910006	22,612108
100	-0,5880702	0,3372	0,278242538	26,318946
101	-0,4727623	0,3572	0,318191389	30,344122
102	-0,3574544	0,3752	0,360375875	34,621607
103	-0,2421466	0,3876	0,404333352	39,134
104	-0,1268387	0,3961	0,449534005	43,810873
105	-0,0115308	0,3989	0,495399957	48,607102
106	0,1037771	0,3969	0,541326934	53,451372
107	0,219085	0,3902	0,586708038	58,279031

Sumber: Data diolah,2006

Perhitungan biaya total penggantian ( $\Phi(a)$ ) minimum komponen *cooling* dapat dilihat pada tabel 4.73.

**Tabel 4.73.** Perhitungan Biaya Total Penggantian *Cooling*

$a$ (hari)	$R(a)$	$1-R(a)$	$\int_0^a x f(x) dx$	C1 (Rp)	C2 (Rp)	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
92	0,9345463	0,0654537	5,772584307	638.636,36	445.000	4.988,2292
93	0,918526	0,081474	7,246441476	638.636,36	445.000	4.972,2619
94	0,8997129	0,1002871	8,995618144	638.636,36	445.000	4.963,4076
<b>95</b>	<b>0,8779114</b>	<b>0,1220886</b>	<b>11,0658023</b>	<b>638.636,36</b>	<b>445.000</b>	<b>4.960,8738</b>
96	0,8529803	0,1470197	13,43715971	638.636,36	445.000	4.966,9754
97	0,8248465	0,1751535	16,16334098	638.636,36	445.000	4.979,712
98	0,7935173	0,2064827	19,20887869	638.636,36	445.000	5.001,183
99	0,75909	0,24091	22,61210777	638.636,36	445.000	5.029,0384
100	0,7217575	0,2782425	26,31894603	638.636,36	445.000	5.065,0229
101	0,6818086	0,3181914	30,34412153	638.636,36	445.000	5.106,6406
102	0,6396241	0,3603759	34,62160721	638.636,36	445.000	5.154,8671
103	0,5956666	0,4043334	39,13399985	638.636,36	445.000	5.207,5411
104	0,550466	0,449534	43,81087284	638.636,36	445.000	5.264,6905
<b>105</b>	<b>0,5046</b>	<b>0,4954</b>	<b>48,60710161</b>	<b>638.636,36</b>	<b>445.000</b>	<b>5.324,6076</b>
106	0,4586731	0,5413269	53,45137169	638.636,36	445.000	5.386,6633
107	0,413292	0,586708	58,27903106	638.636,36	445.000	5.449,7667

Sumber: Data diolah,2006.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa umur penggantian preventif komponen *cooling* berdasarkan biaya total paling minimal adalah 95 hari, dengan biaya sebesar Rp 4.960,87 jika komponen diganti pada umur rata-ratanya yaitu 105 hari maka menimbulkan biaya sebesar Rp 5.324,60



Menurut hasil perhitungan waktu penggantian preventif masing-masing komponen mesin *exhaust*, maka didapatkan rekap perbandingan hasil perhitungan antara interval waktu penggantian, nilai keandalan beserta biaya yang diperlukan sebelum dan sesudah penentuan interval penggantian preventif seperti pada tabel 4.74.

**Tabel 4.74.** Perbandingan Biaya Total Penggantian Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Mesin Exhaust

Komponen	Sebelum penentuan interval			Sesudah penentuan interval		
	$a$ (hari)	$R(a)$	$\Phi(a)$ (Rp/hari)	$a$ (hari)	$R(a)$	$\Phi(a)$ (Rp/hari)
Motor pengerol	63	0,524434	9.898,902	43	0,922661	7.307,534
Karet glass	58	0,5	5.943,631	47	0,984044	3.022,938
Head	50	0,515981	4.593,031	40	0,985265	2.288,619
Roda gigi penggerak	66	0,504046	3.354,039	53	0,950256	2.468,682
Cam	100	0,504556	2.988,65	86	0,965613	2.176,882
Cooling	105	0,5046	5.324,608	95	0,877911	4.960,874

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Bab ini menjelaskan tentang analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis tersebut meliputi sub-sub bab yaitu analisis mengenai pengujian distribusi waktu antar kerusakan tiap-tiap komponen mesin, analisis MTTF (*Mean Time To Failure*), analisis perhitungan biaya, analisis interval penggantian komponen secara preventif berdasarkan biaya yang minimum dan analisis perbandingan biaya antara kebijakan penggantian komponen terdahulu dengan kebijakan penggantian komponen usulan.

#### **5.1 Analisis Pengujian Distribusi Waktu Antar Kerusakan**

Pengujian distribusi merupakan langkah awal untuk mengetahui jenis pola waktu antar kerusakan tiap-tiap komponen mesin. Dengan diketahuinya pola distribusi waktu antar kerusakan komponen, maka penentuan fungsi *densitas*, distribusi kumulatif, fungsi keandalan, laju kerusakan dan *variansi* juga mengikuti pola distribusi yang telah ditetapkan. Jenis distribusi yang biasa digunakan untuk pengujian waktu antar kerusakan adalah distribusi normal, *lognormal*, *weibull* dan *eksponensial*, sedang uji manual yang dipakai adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan parameter D. Setiap jenis distribusi memiliki karakteristik dan parameter yang berbeda-beda, hal ini disesuaikan menurut pola data waktu antar kerusakan komponen itu sendiri. Dalam penentuan distribusi yang akan dipakai terlebih dahulu data waktu antar kerusakan diuji menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* setelah itu dipilih jenis distribusi yang memiliki nilai D hitung paling kecil.

Berdasarkan hasil dari pengolahan data diketahui bahwa distribusi tiap-tiap komponen mesin adalah berdistribusi normal dan *lognormal*. Komponen yang memiliki distribusi normal pada mesin *mounting* yaitu komponen penjepit filamen, plat pembentuk LIW, *panche unloading* dan plat penekan mowire. Sedang komponen yang memiliki distribusi lognormal yaitu as penggerak, *spruyer mounting* dan *pen sekoci*. Untuk mesin *sealing* komponen yang memiliki distribusi normal yaitu *karet transferring* dan *mikroswitch* sedang yang memiliki distribusi *lognormal* yaitu *v-belt*, *laker head sealing*, *burners* dan *marking*. Untuk

mesin *exhaust* komponen yang memiliki distribusi normal yaitu motor pengerol, karet glass, *head* dan *cooling*, sedang yang memiliki distribusi *lognormal* yaitu roda gigi penggerak dan *cam*.

## 5.2 Analisis MTTF (*Mean Time To Failure*)

Sebelum menentukan besarnya nilai interval penggantian komponen secara preventif, harus diketahui terlebih dahulu nilai MTTF tiap-tiap komponen mesin. Hal ini dilakukan untuk mengetahui rata-rata waktu terjadinya kerusakan tiap komponen setelah beroperasi, sehingga akan memudahkan dalam menentukan kapan suatu komponen mesin harus diganti sebelum mengalami kerusakan.

Sebagai contoh berdasarkan tabel 5.1 dapat diketahui nilai MTTF untuk komponen as penggerak pada mesin *mounting* adalah 35 hari. Hal ini mengartikan bahwa rata-rata waktu terjadinya kerusakan komponen as penggerak yaitu pada hari ke- 35, sehingga tindakan penggantian komponen secara preventif harus dilakukan sebelum hari ke- 35 . Penggantian ini dilakukan untuk mencegah supaya mesin tidak mengalami kerusakan sehingga dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Sedang untuk komponen-komponen yang lain dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini

**Tabel 5.1.** Nilai MTTF tiap-tiap komponen

Mesin	Komponen	MTTF (hari/kerusakan)
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	21
	As penggerak	35
	Plat pembentuk LIW	53
	<i>Spruyer mounting</i>	40
	<i>Panche unloading</i>	87
	Pen sekoci	60
	Plat penekan mowire	50
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	46
	<i>V-belt</i>	36
	<i>Mikroswit</i>	46
	<i>Laker head sealing</i>	75
	<i>Burners</i>	68
	<i>Marking</i>	38

**Tabel 5.1. (Lanjutan)**

<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	63
	Karet glass	58
	<i>Head</i>	50
	Roda gigi penggerak	66
	<i>Cam</i>	100
	<i>Cooling</i>	105

### **5.3 Analisis Perhitungan Biaya**

Biaya yang dihitung adalah biaya-biaya berpengaruh terhadap penggantian komponen secara preventif maupun korektif. Biaya penggantian komponen secara preventif merupakan biaya yang timbul akibat adanya penggantian komponen sebelum mesin mengalami kerusakan. Sedangkan biaya penggantian komponen secara korektif merupakan biaya yang timbul akibat adanya penggantian komponen setelah mesin mengalami kerusakan. Biaya penggantian komponen secara preventif hanyalah biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk membeli komponen baru. Karena penggantian dilakukan pada saat jam istirahat maka perusahaan tidak memerlukan *downtime* mesin selama proses produksi, sehingga tidak menimbulkan biaya kehilangan produksi. Tetapi apabila penggantian komponen tersebut melebihi jam istirahat yaitu lebih dari satu jam maka perusahaan juga tetap akan kehilangan biaya produksi tetapi besarnya masih bisa diminimalkan. Sedangkan biaya yang dikeluarkan saat penggantian komponen secara korektif meliputi biaya pembelian komponen baru ditambah dengan besarnya biaya kehilangan produksi. Hal ini dikarenakan penggantian komponen secara korektif dilakukan pada saat proses produksi berlangsung, sehingga perusahaan harus menanggung biaya produksi yang hilang akibat perbaikan mesin yang rusak.

### **5.4 Analisis Interval Penggantian Komponen Secara Preventif Dengan Biaya yang Minimum**

Dalam menentukan interval penggantian komponen secara preventif yaitu dengan memilih interval penggantian yang memiliki biaya total paling minimum. Biaya total tersebut merupakan kombinasi antara biaya penggantian komponen

secara preventif dan korektif sehingga didapatkan nilai interval penggantian yang optimal. Walaupun telah dilakukan penggantian secara preventif, kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba masih mungkin dapat terjadi meskipun peluangnya lebih kecil. Apabila selama satu siklus penggantian preventif terjadi kerusakan maka penggantian komponen yang dilakukan adalah secara korektif. Oleh karena itu untuk mengetahui seberapa besar ekspektasi terjadinya kerusakan, maka dilakukan simulasi penggantian komponen selama satu tahun dengan jumlah replikasi sebanyak 60 kali. Berdasarkan dari hasil pengolahan data dapat diketahui interval penggantian preventif untuk tiap-tiap komponen mesin pada tabel 5.2

**Tabel 5.2.** Interval penggantian komponen mesin *mounting* pada kebijakan usulan

Mesin	Komponen	Kebijakan Penggantian Usulan			
		Ekspektasi Frekuensi Penggantian korektif (1 thn)	Ekspektasi Frekuensi Penggantian preventif (1 thn)	Interval penggantian (hari)	Biaya total (Rp/hari)
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	5	31	10	5.076,962
	As penggerak	3	12	25	3.836,181
	Plat pembentuk LIW	1	7	43	4.263,515
	<i>Spruyer mounting</i>	2	11	29	3.617,016
	<i>Panche unloading</i>	1	5	71	4.736,251
	Pen sekoci	2	6	51	1.125,701
	Plat penekan mowire	1	9	39	4.448,929

Dari tabel 5.2 diatas dapat diketahui bahwa komponen as penggerak memiliki interval penggantian komponen 25 hari dengan biaya total minimum sebesar Rp 3.836,18 per hari. Apabila dilihat dari nilai interval kebijakan penggantian usulan didapatkan ekspektasi frekuensi penggantian komponen selama satu tahun sebanyak 15 kali. Dalam kebijakan usulan ini, jika komponen as penggerak rusak sebelum hari ke-25 maka akan dilakukan penggantian secara korektif, tetapi jika komponen as penggerak rusak pada hari ke-25 atau setelah hari ke-25, maka akan dilakukan penggantian komponen secara preventif. Ekspektasi frekuensi penggantian komponen as penggerak yang terjadi sebelum hari ke-25 (korektif) selama satu tahun sebanyak 3 kali, sedang ekspektasi

frekuensi penggantian komponen pada atau setelah hari ke-25 (preventif) sebanyak 12 kali.

Untuk komponen mesin *sealing* dan *exhaust* dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

**Tabel 5.3.** Interval Penggantian Komponen Mesin *Sealing* dan *Exhaust* pada Kebijakan Usulan

Mesin	Komponen	Kebijakan Penggantian Usulan			
		Ekspektasi Frekuensi Penggantian korektif (1 thn)	Ekspektasi Frekuensi Penggantian preventif (1 thn)	Interval penggantian (hari)	Biaya total (Rp/hari)
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	2	11	30	3.050,68
	<i>V-belt</i>	2	13	25	3.649,82
	<i>Mikroswit</i>	2	11	28	3.050,70
	<i>Laker head sealing</i>	1	5	62	6.508,87
	<i>Burners</i>	1	6	57	5.492,86
	<i>Marking</i>	2	11	28	1.183,48
<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	1	8	43	7.307,53
	Karet glass	1	7	47	3.022,93
	Head	1	8	40	2.288,61
	Roda gigi penggerak	2	5	53	2.468,68
	Cam	1	4	86	2.176,88
	Cooling	1	3	95	4.960,87

### 5.5 Analisis perbandingan biaya antara kebijakan penggantian komponen terdahulu dengan kebijakan penggantian komponen usulan

Selama ini kebijakan penggantian komponen yang dilakukan oleh PT.GE Lighting Indonesia adalah secara korektif, dimana akan dilakukan perbaikan dan penggantian komponen setelah mesin mengalami kerusakan. Hal ini terlihat seperti masalah sepele sehingga perusahaan tidak begitu menaruh perhatian terhadap permasalahan tersebut. Apabila ditelusuri lebih lanjut, kegiatan *maintenance* merupakan dasar dari integrasi sebuah sistem produksi. Produksi tidak akan berjalan lancar apabila tidak ada ketersediaan dan kesiapan dari mesin produksi. Apabila mesin yang rusak mengharuskan perbaikan selama proses produksi, *downtime* yang ditimbulkan akan semakin besar. Tingginya *downtime* mesin tidak hanya berasal dari kerusakan mesin saja, tetapi juga dapat disebabkan karena tidak tersedianya jumlah mekanik yang memadai pada saat terjadi

kerusakan, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengambil *spare part* di gudang, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencari penyebab dari kerusakan mesin dsb. Jika *downtime* mesin tinggi, secara otomatis perusahaan tidak dapat mencapai target produksi seperti yang telah direncanakan sehingga kepuasan konsumen menjadi berkurang. Selain itu biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan akibat kerusakan, secara tidak langsung juga akan menjadi lebih besar. Sebagai contoh penggantian komponen as penggerak pada kebijakan terdahulu, frekuensi penggantian komponen selama satu tahun sebanyak 11 kali, dengan biaya sekali penggantian sebesar Rp 359.750,00 sehingga total biaya yang dikeluarkan selama satu tahun adalah Rp 3.957.250,00. Sedang untuk komponen-komponen mesin yang lain dapat dilihat pada tabel 5.4

**Tabel 5.4.** Total Biaya Penggantian Komponen pada Kebijakan Terdahulu

Mesin	Komponen	Frekuensi penggantian (1 tahun)	Biaya (sekali penggantian) Rp	Total biaya (1 tahun) Rp
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	16	396748,8	6.347.981
	As penggerak	11	359.750	3.957.250
	Plat pembentuk LIW	6	561.968,4	3.371.810,53
	<i>Spruyer mounting</i>	9	418.260	3.764.340
	<i>Panche unloading</i>	4	744.000	2.976.000
	Pen sekoci	6	457.000	2.742.000
	Plat penekan mowire	7	410.794,1	2875558,82
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	7	431.500	3.020.500
	<i>V-belt</i>	11	304.277,8	3.347.055,56
	<i>Mikroswit</i>	9	318.142,9	2.863.285,71
	<i>Laker head sealing</i>	4	756.000	3.024.000
	<i>Burners</i>	5	615.000	3.075.000
	<i>Marking</i>	10	165.250	1.652.500
<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	5	911818,2	4.559.090,91
	Karet glass	6	529450	3.176.700
	<i>Head</i>	7	364458,8	2.551.211,76
	Roda gigi penggerak	4	321785,7	1.287.142,86
	<i>Cam</i>	3	420000	1.260.000
	<i>Cooling</i>	3	638636,4	1.915.909,09

Sedang perbandingan biaya total yang dikeluarkan selama satu tahun pada kebijakan terdahulu dan usulan dapat dilihat pada tabel 5.5

**Tabel 5.5.** Perbandingan Biaya Total Kebijakan Terdahulu dan Usulan

Mesin	Komponen	Biaya total kebijakan terdahulu (1 tahun) Rp	Expektasi biaya total kebijakan usulan (1 tahun) Rp
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	6.347.981,39	1.827.706,5
	As penggerak	3.957.250	1.438.567,7
	Plat pembentuk LIW	3.371.810,52	1.466.649,2
	<i>Spruyer mounting</i>	3.764.340	1.363.614,9
	<i>Panche unloading</i>	2.976.000	2.017.643
	Pen sekoci	2.742.000	1.964.923,5
	Plat penekan mowire	2.875.558,82	1.735.082,4
<i>Sealing</i>	<i>Karet transferring</i>	3.020.500	1.189.766
	<i>V-belt</i>	3.347.055,55	1.368.683,2
	<i>Mikroswit</i>	2.863.285,71	1.110.457,9
	<i>Laker head sealing</i>	3.024.000	2.421.300,8
	<i>Burners</i>	3.075.000	2.191.653,4
	<i>Marking</i>	1.652.500	683.485,56
<i>Exhaust</i>	Motor pengerol	4.559.090,90	2.828.015,7
	Karet glass	3.176.700	1.136.624,6
	<i>Head</i>	2.551.211,76	823.902,88
	Roda gigi penggerak	1.287.142,85	915.880,98
	<i>Cam</i>	1.260.000	936.059,34
	<i>Cooling</i>	1.915.909,09	1.885.132,1

Dari tabel 5.5 diatas dapat diketahui bahwa ekspektasi biaya total selama satu tahun untuk penggantian komponen pada kebijakan usulan lebih hemat dibanding penggantian komponen pada kebijakan terdahulu. Besarnya ekspektasi penghematan biaya dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut

**Tabel 5.6.** Penghematan biaya

Mesin	Komponen	Ekspektasi penghematan (1 thn) Rp	Ekspektasi penghematan (1 thn) %
<i>Mounting</i>	Penjepit filamen	4.520.275	70
	As penggerak	2.518.682	63
	Plat pembentuk LIW	1.905.161	56
	<i>Spruyer mounting</i>	2.400.725	63
	<i>Panche unloading</i>	958.357	32
	Pen sekoci	2.282.714	28
	Plat penekan mowire	4.520.275	39



**Tabel 5.6. (Lanjutan)**

Sealing	Karet transferring	1.830.734	60
	V-belt	1.978.372	59
	Mikroswit	1.752.828	61
	Laker head sealing	602.699,2	19
	Burners	883.346,6	28
	Marking	1.221.711	58
Exhaust	Motor pengerol	1.731.075	37
	Karet glass	2.040.075	64
	Head	1.727.309	67
	Roda gigi penggerak	371.261,9	28
	Cam	323.940,7	25
	Cooling	30.777,03	2

Dari tabel 5.6 diketahui besarnya penghematan yang dapat diberikan dari kebijakan usulan penggantian komponen sebelum mengalami kerusakan. Besar penghematan biaya selama satu tahun untuk mesin *mounting* yaitu Rp 14.220.754,00, mesin *sealing* yaitu Rp 9.410.167,00 , mesin *exhaust* yaitu sebesar Rp 7.446.150,00.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian berdasarkan hasil dari pengolahan data serta analisis yang telah dilakukan sebelumnya, serta berisi saran-saran bagi perusahaan mengenai kebijakan penggantian komponen mesin.

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Komponen yang merupakan komponen kritis pada mesin *mounting* adalah komponen penjepit filamen, as penggerak, plat pembentuk LIW, *spruyer mounting*, *panche unloading*, pen sekoci dan plat penekan mowire sedang untuk mesin *sealing* adalah komponen *karet transferring*, *v belt*, *mikroswitch*, *laker head sealing*, *burners* dan *marking*. Komponen kritis pada mesin *exhaust* adalah motor pengerol, *karet glass*, *head*, roda gigi penggerak, *cam* dan *cooling*.
2. Interval penggantian komponen kebijakan usulan untuk komponen-komponen mesin *mounting* yaitu komponen penjepit filamen memiliki interval penggantian selama 10 hari, as penggerak selama 25 hari, plat pembentuk LIW selama 43 hari, *spruyer mounting* selama 29 hari, *panche unloading* selama 71 hari, *pen sekoci* selama 51 hari, dan plat penekan mowire selama 39 hari. Interval penggantian untuk komponen-komponen mesin *sealing* yaitu komponen *karet transferring* selama 30 hari, *V-belt* selama 25 hari, *mikroswit* selama 28 hari, *laker head sealing* selama 62 hari, *burners* selama 57 hari, dan *marking* selama 28 hari. Sedang interval penggantian untuk komponen-komponen mesin *exhaust* yaitu komponen motor pengerol selama 43 hari, *karet glass* selama 47 hari, *head* selama 40 hari, roda gigi penggerak selama 53 hari, *cam* selama 86 hari, dan *cooling* selama 95 hari.

3. Berdasarkan perbandingan biaya antara kebijakan terdahulu dan kebijakan usulan didapatkan hasil bahwa biaya yang dikeluarkan pada kebijakan usulan lebih hemat jika dibandingkan kebijakan terdahulu. Total penghematan untuk tujuh komponen kritis pada mesin *mounting* selama satu tahun sebesar Rp 14.220.754,00, sedang untuk enam komponen kritis pada mesin *sealing* sebesar Rp 9.410.167,00 dan enam komponen kritis pada mesin *exhaust* sebesar Rp 7.446.150,00

## 6.2 Saran

1. Perusahaan perlu menerapkan perawatan preventif untuk menjaga mesin-mesin produksi supaya tetap dalam kondisi baik dan siap digunakan. Salah satu perawatan preventif yang dilakukan adalah penggantian komponen sebelum mesin mengalami kerusakan dengan mempertimbangkan kombinasi biaya penggantian preventif dan korektif untuk menghasilkan biaya minimum.
2. Informasi dan sosialisasi perusahaan mengenai prosedur-prosedur perawatan dan penggantian komponen mesin harus jelas, sehingga dapat dilaksanakan dengan baik oleh *preventive maintenance engineer, preventive maintenance mechanic, foreman, group leader, mechanic* dan operator.
3. Perusahaan perlu melakukan pencatatan dan pendokumentasian kerusakan-kerusakan mesin secara lengkap dan akurat, sehingga dengan tingkat keakuratan dan ketelitian yang baik dapat membantu dalam pengambilan keputusan.