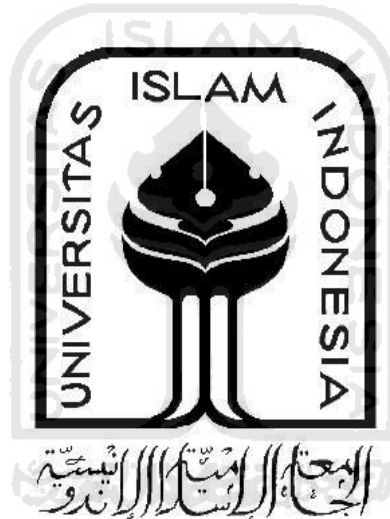


**ANALISIS PENENTUAN INTERVAL WAKTU PENGGANTIAN  
PENCEGAHAN DAN INTERVAL WAKTU PEMERIKSAAN  
PADA KOMPONEN MESIN *RING SPINNING* UNTUK  
MENDAPATKAN *TOTAL COST* TERKECIL  
(Studi Kasus Di PT Danliris Sukoharjo, Jawa Tengah)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Teknik Industri**



**Oleh :**

**Nama : Teuku Naufal Fadhli**

**No. Mahasiswa : 07522172**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2012**







## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan Karya Ini Untuk:

Abu dan Mama,

Monik, Muluik, Putrek dan Nephidzh,

And for Someone Who Waiting for Me in The Future,

We Will Meet Soon.



## MOTTO

مَا عِنْدَكُمْ يَنْفَدُ وَمَا عِنْدَ اللَّهِ بَاقٍ وَلَنَجْزِيَنَّهُ الَّذِينَ صَبَرُوا أَجْرَهُمْ بِأَحْسَنِ مَا

كَانُوا يَعْمَلُونَ ﴿٩٦﴾ مَنْ عَمِلَ صَالِحًا مِّن ذَكَرٍ أَوْ أَنْتِ وَهُوَ مُؤْمِنٌ فَلَنُحْيِيَنَّهٗ

حَيٰوةً طَيِّبَةً وَلَنَجْزِيَنَّهُمْ أَجْرَهُم بِأَحْسَنِ مَا كَانُوا يَعْمَلُونَ ﴿٩٧﴾

Segala yang kini kamu punyai akan musnah, tetapi segala yang dijanjikan Allah akan kekal abadi. Kami sungguh akan membalas orang yang sabar dengan pahala yang lebih baik dari apa yang mereka kerjakan. Barang siapa yang berbuat baik, laki – laki maupun perempuan dan ia beriman, pasti akan Kami berikan kehidupan yang baik, dan pasti akan Kami balas dengan pahala yang lebih baik dari yang mereka kerjakan.

(Q. S. An – Nahl : 96 - 97)

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah kepada hamba Nya. Sesungguhnya, atas petunjuk dan pertolongan Nya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah SAW, keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungannya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan penuh rasa syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Gumbolo HS, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
2. Bapak Drs. H. M Ibnu Mastur, MSIE., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri beserta staff yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Elisa Kusri, MT., CPIM., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, saran serta waktunya dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Kedua Orang Tua penulis, yang telah memberikan dukungan dan do'a yang tak terhingga sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

5. Pimpinan Perusahaan PT Danliris dan Bapak Paryono selaku pembimbing penelitian dilapangan.
6. Sahabat dan teman seperjuangan penulis yang baik sengaja maupun tidak sengaja mungkin telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat dan bisa dikembangkan untuk penelitian – penelitian lain dimasa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan waktu dan pengetahuan penulis. Dengan dasar itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih berkualitas.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*



Yogyakarta, Januari 2012

Penyusun



## ABSTRAK

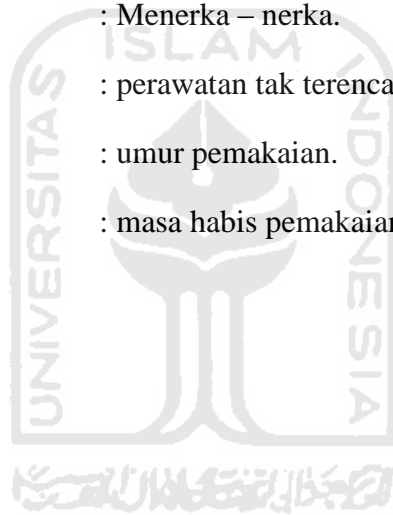
Untuk dapat melakukan produksi yang sesuai dengan spesifikasi dan kapasitas produksi yang telah ditentukan tanpa mengalami kendala, maka perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan dan perawatan dengan cara perbaikan secara berkala dan mengganti komponen – komponen mesin yang sudah rusak. Corective Maintenance yang dilakukan oleh PT Danliris yaitu perawatan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan sangat merugikan perusahaan karena selain terhentinya proses produksi juga sering ditemukan produk cacat karena performa mesin yang tidak optimal. Oleh karena itu dilakukan usulan perawatan mesin dengan preventive maintenance dengan menentukan interval waktu penggantian berdasarkan Total Cost terkecil dan Frekuensi dan interval waktu pemeriksaan agar performa mesin selalu berada dalam kondisi optimal. Metode yang digunakan untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan adalah dengan metode Age Replacement yaitu menentukan interval penggantian pencegahan berdasarkan umur optimal mesin. Hasil perhitungan Interval waktu penggantian gabungan adalah selama 700 jam dengan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan masing – masing komponen kritis yaitu sebanyak 2 kali pemeriksaan perbulan atau 100 jam setelah pemeriksaan terakhir dilakukan. Setelah perawatan preventif diterapkan, komponen – komponen mesin kritis dapat diprediksi berfungsi dengan baik dan dapat berkerja sesuai dengan interval waktu penggantian yang telah ditentukan, ditandai dengan nilai reliability yang mendekati 1. Selisih total biaya penggantian yang didapat dari perawatan yang diterapkan oleh perusahaan dengan perawatan preventif gabungan yang diusulkan adalah sebesar Rp 586.009.

**Kata Kunci** : Corective maintenance, Preventive maintenance, Total Cost, Age Replacement, Reliability

## TAKARIR

<i>age replacement</i>	: umur penggantian.
<i>bathtube curve</i>	: kurva yang menunjukkan laju kerusakan.
<i>breakdown</i>	: kerusakan total mesin.
<i>burn in</i>	: penurunan laju kerusakan.
<i>constant failure rate</i>	: laju kerusakan yang konstan.
<i>corective maintenance</i>	: perawatan korektif.
<i>critical unit</i>	: komponen kritis.
<i>decreasing failure rate</i>	: laju kerusakan yang menurun.
<i>downtime</i>	: waktu produksi yang terhenti akibat kerusakan mesin.
<i>emergency maintenance</i>	: perawatan darurat.
<i>failure</i>	: kerusakan.
<i>failure cause</i>	: penyebab kerusakan.
<i>failure cost</i>	: biaya kerusakan.
<i>failure effect</i>	: akibat kerusakan.
<i>failure mode</i>	: model kerusakan.
<i>failure rate</i>	: laju kerusakan.
<i>hazard rate</i>	: laju kerusakan sesaat.
<i>improvemnent maintenance</i>	: perawatan kemajuan.
<i>increasing failure rate</i>	: laju kerusakan yang meningkat.
<i>maintenance</i>	: perawatan.
<i>maintenance scheduling</i>	: penjadwalan perawatan.
<i>mean time to failure</i>	: nilai rata – rata dari suatu distribusi kerusakan
<i>mean time to repair</i>	: nilai rata – rata dari suatu distribusi perbaikan
<i>periodic maintenance</i>	: perawatan berdasarkan jam kerja mesin

<i>planned maintenance</i>	: perawatan terencana.
<i>preventive maintenance</i>	: perawatan pencegahan.
<i>reliability</i>	: keandalan
<i>reliability centered maintenance</i>	: perawatan pemusatan keandalan
<i>repair</i>	: perbaikan.
<i>routine maintenance</i>	: perawatan yang dilakukan secara berkala.
<i>time to failure</i>	: waktu antar kerusakan
<i>time to repair</i>	: waktu antar perbaikan
<i>total cost</i>	: total biaya
<i>trial and error</i>	: Menerka – nerka.
<i>unplanned maintenance</i>	: perawatan tak terencana.
<i>useful life</i>	: umur pemakaian.
<i>wear out</i>	: masa habis pemakaian



## DAFTAR SIMBOL

$\lambda(t)$	: fungsi laju kerusakan.
$\theta$	: parameter lokasi distribusi weibull.
$\beta$	: parameter bentuk distribusi weibull.
$s$	: parameter skala pada distribusi lognormal
$t_{med}$	: median dari waktu kerusakan pada distribusi lognormal.
$\Phi$	: Probabilitas Kumulatif Normal Standar.
$\lambda$	: rata – rata kedatangan kerusakan yang terjadi pada distribusi eksponensial
$\mu$	: Rata – Rata Pada Distribusi Normal.
$\sigma$	: Standar Deviasi.
$\alpha$	: Tingkat Signifikansi.
$M$	: Nilai Mann’s Test.
$B$	: Nilai Bartlett’s Test.
$D$	: Nilai Kolmogorov – Smirnov’s Test.
$\Gamma$	: Fungsi Gamma
$e$	: Eksponensial
$(tp)$	: Interval Waktu penggantian
$TC(tp)$	: Total biaya waktu
$R(t)$	: Fungsi Reliabilitas
$Cp$	: Biaya Satu Siklus Preventif
$Cf$	: Biaya Satu Siklus <i>Failure</i>

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PENGAKUAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAKSI .....	ix
TAKARIR.....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4

1.4	Tujuan Penelitian.....	5
1.5	Manfaat Penelitian.....	5
1.6	Sistematika Penelitian .....	6
BAB II KAJIAN LITERATUR .....		8
2.1	Penelitian Terdahulu. ....	8
2.2	Landasan Teori.....	9
2.2.1	Pengertian Umum Pemeliharaan.....	9
2.2.2	Tujuan Pemeliharaan .....	10
2.2.3	Jenis Perawatan.....	10
2.2.4	Konsep Keandalan ( <i>Reliability</i> ).....	12
2.2.5	Fungsi Kerusakan.....	13
2.2.6	Kurva Laju Kerusakan .....	17
2.2.7	Distribusi Kerusakan.....	21
2.2.8	Identifikasi Distribusi dengan Metode <i>Least Square Curve Fitting</i> .....	25
2.2.9	Uji Kecocokan Distribusi.....	26
2.2.10	<i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) .....	29
2.2.11	<i>Mean Time To Repair</i> (MTTR).....	30
2.2.12	Perhitungan Total Biaya Penggantian.....	31

2.2.13	Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Waktu Pemeriksaan .....	34
2.2.14	Perhitungan Keandalan ( <i>Reliability</i> ) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan Pencegahan .....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		39
3.1	Tempat dan Objek Penelitian .....	39
3.2	Studi Pustaka .....	39
3.3	Pengumpulan Data .....	39
3.4	Pengolahan Data.....	41
3.5	Pembahasan Hasil.....	42
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	42
3.7	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	43
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		44
4.1	Pengumpulan Data .....	44
4.1.1	Profil Perusahaan .....	44
4.1.2	Lokasi Perusahaan .....	45
4.1.3	Stasiun Produksi dan Mesin Produksi.....	46
4.1.4	Selang Waktu Interval Kerusakan Mesin.....	47
4.1.5	Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin <i>Ring spinning</i> .....	48
4.1.6	Penjadwalan Tenaga Kerja.....	49

4.1.7	Data Biaya.....	49
4.2	Pengolahan Data.....	50
4.2.1	Penentuan Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF) .....	50
4.2.2	Penentuan Distribusi Waktu Perbaikan (TTR) .....	52
4.2.3	Uji Kesesuaian Distribusi ( <i>Goodness of Fit Test</i> ).....	53
4.2.4	Uji <i>Goodness of Fit</i> Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) ....	54
4.2.5	Uji <i>Goodness of Fit</i> Distribusi Data Waktu Perbaikan (TTF) .....	59
4.2.6	Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) .....	64
4.2.7	Perhitungan <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR) .....	65
4.2.8	Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Bagian <i>Maintenance</i> .....	66
4.2.9	Perhitungan Biaya Kehilangan Produksi .....	67
4.2.10	Perhitungan Biaya Penggantian Komponen .....	68
4.2.11	Perhitungan Interval Waktu Penggantian (tp) Berdasarkan Total Biaya Terkecil. ....	70
4.2.12	Penentuan Interval Waktu Penggantian (tp) Gabungan .....	78
4.2.13	Perhitungan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan .....	79
4.2.14	Perhitungan Keandalan ( <i>Reliability</i> ) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan perawatan Pencegahan .....	82
BAB V PEMBAHASAN .....		87



5.1	Analisis Biaya Alternatif Penggantian Berdasarkan <i>Corective</i> dan <i>Preventive Maintenance</i> .....	87
5.2	Analisis Interval Waktu Penggantian ( <i>tp</i> ) dan Interval Waktu Pemeriksaan	89
5.3	Analisis Perhitungan Keandalan ( <i>Reliability</i> ) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Preventif.....	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		95
6.1	Kesimpulan.....	95
6.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA .....		97
LAMPIRAN		



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Identifikasi Mesin <i>Ring spinning</i> .....	46
Tabel 4.2 <i>Bearing</i> Penggerak VPS .....	47
Tabel 4.3 Data TTF Mesin <i>Ring spinning</i> (Jam) .....	47
Tabel 4.4 Data TTR Mesin <i>Ring spinning</i> (Jam).....	48
Tabel 4.5 Jadwal Shift Karyawan PT. Danliris.....	49
Tabel 4.6 Harga Komponen Mesin <i>Ring spinning</i> .....	50
Tabel 4.7 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTF Komponen <i>Bearing</i> 3211 .....	51
Tabel 4.8 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTF Komponen <i>Bearing</i> 1306.....	51
Tabel 4.9 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTF Komponen <i>Bearing</i> 7207 .....	52
Tabel 4.10 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTR Komponen <i>Bearing</i> 3211 .....	52
Tabel 4.11 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTR Komponen <i>Bearing</i> 1306 .....	53
Tabel 4.12 Nilai <i>Anderson Darling</i> TTR Komponen <i>Bearing</i> 7207 .....	53
Tabel 4.13 <i>Kolmogorov – Smirnov Test</i> untuk Komponen <i>Bearing</i> 3211.....	55
Tabel 4.14 <i>Mann’s Test</i> untuk Komponen <i>Bearing</i> 1306.....	56
Tabel 4.14 Lanjutan <i>Mann’s Test</i> untuk Komponen <i>Bearing</i> 1306.....	57
Tabel 4.15 <i>Kolmogorov – Smirnov Test</i> untuk Komponen <i>Bearing</i> 7207.....	58
Tabel 4.15 Lanjutan <i>Kolmogorov – Smirnov Test</i> untuk Komponen <i>Bearing</i> 7207 ...	59

Tabel 4.16 Perhitungan mencari $D_{hitung}$ untuk Komponen <i>Bearing</i> 3211 .....	60
Tabel 4.17 Perhitungan mencari $D_{hitung}$ untuk Komponen <i>Bearing</i> 3211 .....	61
Tabel 4.17 Lanjutan Perhitungan mencari $D_{hitung}$ untuk Komponen <i>Bearing</i> 3211.....	62
Tabel 4.18 Perhitungan mencari $D_{hitung}$ untuk Komponen <i>Bearing</i> 7207 .....	63
Tabel 4.19 Biaya Tenaga Kerja <i>Maintenance</i> .....	67
Tabel 4.20 Biaya Penggantian Komponen Dengan <i>Corective Maintenance</i> .....	68
Tabel 4.21 Biaya Penggantian Komponen Dengan <i>Preventive Maintenance</i> .....	69
Tabel 4.22 Selang Waktu Pergantian Pencegahan Komponen <i>Bearing</i> 3211 .....	71
Tabel 4.23 Selang Waktu Pergantian Pencegahan Komponen <i>Bearing</i> 1306 .....	74
Tabel 4.24 Selang Waktu Penggantian Komponen <i>Bearing</i> 7207.....	77
Tabel 4.25 Selang Waktu Penggantian <i>Preventive Maintenace</i> .....	78
Tabel 4.26 tp Gabungan Tiap Komponen.....	79
Tabel 4.27 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif <i>Bearing</i> 3211.....	82
Tabel 4.28 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif <i>Bearing</i> 1306.....	84
Tabel 4.29 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif <i>Bearing</i> 1306.....	85
Tabel 5.1 Biaya Penggantian Komponen Secara <i>Corective Maintenance</i> .....	88

Tabel 5.2 Biaya Penggantian Komponen Secara <i>Preventive Maintenance</i> .....	88
Tabel 5.3 Biaya Penggantian Komponen Secara <i>Preventive Maintenance</i> Gabungan	88
Tabel 5.4 Perbandingan Biaya Perbaikan Korektif, Preventif dan Preventif Gabungan .....	88
Tabel 5.5 Interval Waktu Penggantian Perawatan Preventif Gabungan.....	89
Tabel 5.6 Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Kritis .....	91
Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Keandalan Masing – Masing Komponen Kritis.....	91
Tabel 5.8 Lanjutan Hasil Perhitungan Keandalan Masing – Masing Komponen Kritis .....	92



## DAFTAR TABEL

Gambar 2.1 <i>Bathtub Curve</i> .....	18
Gambar 2.2 Variasi <i>Bathtub Curve</i> .....	20
Gambar 2.3 Output Identifikasi Distribusi dengan <i>Software Minitab 16</i> .....	26
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	43
Gambar 4.1 Grafik D(tp) <i>Bearing 3211</i> .....	70
Gambar 4.2 Grafik D(tp) <i>Bearing 1306</i> .....	73
Gambar 4.3 Grafik D(tp) <i>Bearing 7207</i> .....	76
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan <i>Reliability</i> Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk <i>Bearing 3211</i> .....	92
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan <i>Reliability</i> Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk <i>Bearing 1306</i> .....	93
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan <i>Reliability</i> Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk <i>Bearing 1306</i> .....	93

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri pada saat ini perkembangannya sangat pesat sejalan dengan lajunya pergerakan teknologi, dimana sudah sedikit ditemukan industri konvensional yang kebanyakan masih menggunakan *manual process*. Sekarang semua lebih terotomatisasi dimana proses produksi menjadi lebih singkat. Hal ini merupakan tuntutan untuk meningkatkan produktivitas dan memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat hari demi hari. Oleh karena itu perusahaan harus mampu mengoptimalkan segala sumber daya yang dimilikinya agar mampu menghasilkan produk atau output yang sesuai dengan target dan perhitungan serta mampu mengantisipasi segala kerugian yang mungkin timbul yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas dan harga jual produk (Nandiroh, et.al, 2006).

Mesin merupakan salah satu sumber daya vital yang berperan sebagai penggerak pabrik. Mesin mengambil peran sangat penting dalam mendukung proses produksi, oleh karena itu mesin harus selalu berada dalam kondisi yang optimal untuk dapat dioperasikan, terutama pada mesin – mesin tertentu yang harus selalu beroperasi setiap saat karena tuntutan produksi.

Agar mesin – mesin tersebut dapat memproduksi barang sesuai dengan spesifikasi dan kapasitas produksi yang telah ditentukan tanpa mengalami kendala, maka perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan dan perawatan dengan cara perbaikan

secara berkala dan mengganti komponen – komponen mesin yang sudah rusak. Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (BS3811: 1974 dalam Corder: 1988).

Pada dasarnya apa yang diharapkan dari keberadaan perawatan mesin tidak lain adalah untuk meningkatkan efektivitas dan porsi keuntungan bagi pemilik perusahaan. Hal ini bisa dimungkinkan, karena dengan perawatan mesin dapat ditekan ongkos produksi disamping dapat juga ditingkatkan kapasitas produksi suatu mesin hingga *estimate* umur ekonomisnya (Suharto: 1991).

PT. Danliris merupakan perusahaan Tekstil yang bergerak di bidang manufaktur. Dalam masalah *maintenance* terhadap mesin, PT. Danliris hanya melakukan *corective maintenance* yaitu perbaikan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Apabila kerusakan terjadi pada mesin produksi, maka akan terjadi pemberhentian proses produksi hingga mesin selesai di perbaiki atau bahkan akan ditemukan banyaknya produk cacat akibat mesin berada dalam kondisi tidak optimal. Untuk mesin *Ring Spinning*, dari September 2009 hingga November 2011 telah terjadi 30 kali kerusakan komponen kritis *Bearing* penggerak VPS. Hal ini memberikan dampak yang buruk bagi perusahaan sehingga perlu dilakukan *maintenance scheduling* terhadap mesin kritis yang memiliki dampak yang besar apabila terjadi kerusakan dalam produksi.

Beberapa penelitian terkait dengan *reliability* dan *preventive maintenance* yang pernah dilakukan antara lain, penelitian yang dilakukan oleh Dwi Ariyanto (2010) tentang meminimalisasi biaya perawatan mesin menggunakan kombinasi antara FMEA dan metode Kepner-Tregoe (KT). Tujuan penelitian ini adalah mencari nilai

kehandalan dengan cara menghitung RPN (*Risk Priority Number*) menjadi RPC (*Risk Priority Code*) untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan yang optimal pada mesin kritis sehingga bisa menjadwalkan waktu penggantian preventif yang optimal. Pada penelitian ini juga dibahas tentang total biaya perawatan preventif yang optimal pada mesin kritis. Penelitian lain yang dilakukan oleh Didik Wahyudi *et al* (2010) tentang analisis perawatan unit pembangkitan Gresik unit III dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang bertujuan untuk menentukan nilai kehandalan dengan cara mengidentifikasi setiap kegagalan fungsi produk, antara lain *failure mode*, *failure cause* dan *failure effect* dan menjabarkan tindakan yang harus dilakukan. Penelitian yang berkaitan lainnya yang pernah dilakukan oleh Siti Nandiroh *et al* (2006) tentang waktu perawatan untuk pencegahan pada komponen kritis *cyclone feed pump* berdasarkan kriteria minimasi *downtime* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kehandalan komponen - komponen mesin kritis *cyclone feed pump* agar dapat dijadwalkan waktu perawatan pencegahannya sehingga dapat mengurangi terjadinya *downtime* pada mesin tersebut. Berdasarkan pemikiran diatas, maka dilakukan penelitian perawatan mesin dengan mengambil judul “Analisis Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan dan Interval Waktu Pemeriksaan Pada Komponen Mesin *Ring Spinning* Untuk Mendapatkan *Total Cost* Terkecil”.



## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang dapat di rumuskan berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah interval waktu penggantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan pada komponen kritis?
2. Berapakah selisih biaya yang didapat sebelum dan setelah dilakukannya perbaikan secara preventif?
3. Apakah Mesin dapat berfungsi dengan baik setelah diterapkannya perawatan preventif?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian yang akan dilakukan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai dengan cepat dan baik, maka perlu dilakukan beberapa pembatasan – pembatasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT Danliris Sukoharjo, Jawa Tengah.
2. Fokus pengamatan dilakukan pada perawatan mesin produksi Di Stasiun *Spinning I*.
3. Penelitian difokuskan pada mesin dan komponen kritis yang dapat ditentukan berdasarkan jumlah *downtime* terbesar.
4. Data yang digunakan adalah data periode September 2009 sampai dengan November 2011.
5. Pengolahan data menggunakan *software Minitab 16*.

6. Biaya yang dihitung adalah biaya yang diakibatkan karena *failure mode* dengan *preventive maintenance* untuk setiap komponen.
7. Penelitian yang dilakukan tidak merubah *layout* serta posisi mesin.
8. Penelitian ini tidak membahas biaya *material handling*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui interval waktu penggantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan pada komponen kritis.
2. Menentukan kapan waktu penggantian pencegahan.
3. Mengetahui total biaya perawatan dan pencegahan pada mesin kritis.
4. Mengetahui *Reliability* masing – masing komponen kritis setelah diterapkan perawatan secara preventif.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengawasi dan mengendalikan komponen – komponen kritis pada mesin, sehingga dapat membuat penjadwalan dalam perawatan pencegahan.
2. Dapat melakukan perhitungan biaya yang diakibatkan oleh *failure mode* dengan *preventive maintenance* untuk setiap komponen.
3. Dapat meminimalisasi biaya penggantian komponen dengan cara menentukan interval penggantian komponen mesin secara preventif.

## 1.6 Sistematika Penelitian

atika penulisan dibuat untuk membantu memberikan gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar atika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah yang ada di PT Danliris, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan atika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Berisi tentang kajian secara induktif yang berisikan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan. Di samping itu juga kajian secara deduktif yang berisikan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar – dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Mengandung uraian tentang bahan atau materi penelitian, sifat penelitian, objek dan tempat penelitian, prosedur penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan *flowchart* yang telah dibuat.

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

Bab ini menyajikan data – data yang didapat selama penelitian dan bagaimana cara menganalisa data tersebut sehingga memperoleh hasil yang telah ditentukan sebelumnya pada tujuan penelitian.

#### **BAB V PEMBAHASAN**

Bab ini membahas hasil penelitian berupa tabel hasil pengolahan data, grafik, persamaan atau model serta analisis yang menyangkut penjelasan teoritis secara kualitatif, kuantitatif maupun statistik dari hasil penelitian dan kajian untuk menjawab rumusan masalah.

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

Bab ini berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian serta pembahasan untuk membuktikan hipotesis atau menjawab permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, ditujukan kepada para peneliti dalam bidang yang sejenis, yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan.

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Penelitian Terdahulu.

Telah dilakukan berbagai macam penelitian tentang pengaplikasian kegiatan perawatan mesin, khususnya mengenai *reliability* dan *preventive maintenance* antara lain:

1. Meminimalisasi Biaya Perawatan Mesin Menggunakan Kombinasi Antara FMEA dan Metode Kepner-Tregoe (KT).

Dwi Ariyanto (2010), penelitiannya bertujuan mencari nilai kehandalan dengan cara menghitung RPN (*Risk Priority Number*) menjadi RPC (*Risk Priority Code*) untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan dan interval waktu pemeriksaan yang optimal pada mesin kritis sehingga bisa menjadwalkan waktu penggantian preventif yang optimal. Pada penelitian ini juga dibahas tentang total biaya perawatan preventif yang optimal pada mesin kritis.

2. Perawatan Unit Pembangkitan Gresik Unit III dengan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

Didik Wahyudi *et al* (2010), penelitiannya bertujuan untuk menentukan nilai kehandalan dengan cara mengidentifikasi setiap kegagalan fungsi produk, antara lain *failure mode*, *failure cause* dan *failure effect* dan menjabarkan tindakan yang harus dilakukan.

3. Waktu Perawatan Untuk Pencegahan Pada Komponen Kritis *Cyclone Feed Pump* Berdasarkan Kriteria Minimasi *Downtime*.

Siti Nandiroh *et al* (2006), penelitiannya bertujuan untuk mengetahui nilai kehandalan komponen - komponen mesin kritis *cyclone feed pump* agar dapat dijadwalkan waktu perawatan pencegahannya sehingga dapat mengurangi terjadinya *downtime* pada mesin tersebut

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Umum Pemeliharaan

Pemeliharaan menurut *The American Management Association, Inc.* (1971), adalah kegiatan rutin, pekerjaan berulang yang dilakukan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi agar dapat digunakan sesuai dengan fungsi dan kapasitas sebenarnya secara efisien. Selain itu perawatan juga juga dapat disebut teroteknologi. Kata teroteknologi diambil dari bahasa Yunani *terein* yang berarti merawat, memelihara dan menjaga. Teroteknologi adalah kombinasi dari manajemen, keuangan, perekayasaan, dan kegiatan lain yang diterapkan bagi aset fisik untuk mendapatkan biaya siklus hidup ekonomi. Hal ini berhubungan dengan spesifikasi dan rancangan untuk keandalan, pemeliharaan dari pabrik, mesin – mesin, peralatan, bangunan dan struktur, instalasinya, pengetesan, pemeliharaan, modifikasi dan penggantian. Dengan umpan balik informasi untuk rancangan unjuk kerja dan biaya (Corder, 1992).

### 2.2.2 Tujuan Pemeliharaan

Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan dengan jelas sebagai berikut (Corder: 1992):

1. Memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
2. Menjamin ketersediaan umum peralatan yang dipasang untuk produksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum yang mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam kegiatan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamat dan sebagainya.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

### 2.2.3 Jenis Perawatan

Corder (1992) membagi kegiatan pemeliharaan kedalam dua bentuk, yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*). Pemeliharaan terencana merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan terlebih dahulu, pemeliharaan terencana ini terdiri dari pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) dan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*).

1. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

*Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan – kerusakan yang tidak terduga dan

menentukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Perawatan ini sangat efektif digunakan dalam menghadapi fasilitas produksi yang termasuk dalam unit kritis (*critical unit*). Sebuah fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja, mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan, menyebabkan kemacetan pada seluruh produksi dan modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut cukup besar atau harganya mahal (Assauri, 2004).

Dalam prakteknya, *preventive maintenance* yang dilakukan oleh suatu pabrik dapat dibedakan menjadi perawatan secara rutin dan perawatan secara periodik. Perawatan rutin (*routine maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, misalnya satu minggu sekali, setiap satu bulan sekali, ataupun setiap setahun sekali. Sedangkan perawatan periodik (*periodic maintenance*) juga dapat dilakukan berdasarkan lamanya jam kerja mesin sebagai jadwal kegiatan, misalnya seratus jam sekali, dan seterusnya. Kegiatan *periodic maintenance* ini jauh lebih rumit daripada *routine maintenance*.

## 2. Pemeliharaan Korektif (*Corective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif adalah perawatan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk yang tidak sesuai dengan rencana (Prawirosentono, 2000). Kegiatan ini dimaksud agar fasilitas atau peralatan tersebut dapat digunakan kembali pada saat operasi, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar kembali. Selain *preventive maintenance* dan *corective maintenance* ada satu jenis pemeliharaan lagi, yaitu pemeliharaan kemajuan (*improvement maintenance*), yang berfungsi untuk memodifikasi, mendesain ulang dan menambah mesin ataupun pesanan (Patton, 1983).



Disamping pemeliharaan terencana , terdapat pula pemeliharaan tidak terencana. Pemeliharaan tak terencana dapat didefinisikan sebagai pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba – tiba memberikan hasil yang tidak layak. Pelaksanaan pemeliharaan ini dapat berupa pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*) yaitu kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan kerusakan yang lebih parah (Prawirosentono, 2000).

#### **2.2.4 Konsep Keandalan (*Reliability*)**

Keandalan didefinisikan sebagai peluang suatu unit atau berfungsi normal jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk suatu periode waktu tertentu (Gasperz, 1992).

Keandalan berhubungan dengan peluang bersyarat yang diberikan dengan tingkat keyakinan bahwa suatu peralatan atau komponen dalam interval waktu yang telah ditetapkan, dapat bekerja secara optimal dan berkemungkinan tidak terjadi kerusakan selama waktu operasinya.

Nilai keandalan merupakan peluang yang berada antara 0 sampai 1. Keandalan akan semakin baik apabila nilainya semakin mendekati 1, sehingga keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan pemeliharaan yang digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri. Konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan interval penggantian komponen mesin.

### 2.2.5 Fungsi Kerusakan

Setiap mesin ataupun komponen – komponen yang mendukungnya memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda – beda. Fungsi kerusakan bertujuan untuk membantu menentukan informasi mengenai waktu suatu komponen atau mesin akan mencapai kondisi gagal atau rusak. Akan tetapi perlu diketahui dulu probabilitas perpindahan mesin atau komponen dari kondisi yang baik hingga mencapai kerusakan pada waktu tertentu. Adapun fungsi – fungsi probabilitas yang digunakan antara lain: Fungsi keandalan, Fungsi distribusi kumulatif, Fungsi kepadatan probabilitas dan Fungsi laju kerusakan.

#### 1. Fungsi kepadatan probabilitas

Fungsi kepadatan probabilitas pada umumnya digunakan karena fungsi kerusakan tergantung pada variable waktu yang bentuknya merupakan kurvakontinyu (Jardine, 1987). Kerusakan dapat terjadi secara kontinyu dalam selang waktu  $(0, \infty)$ . Persamaan kurva dari kepadatan probabilitas adalah  $f(t)$ , sedangkan luas daerah dibawah fungsi kepadatan probabilitas menyatakan besarnya probabilitas kerusakan dimana luas total sama dengan satu. Jika  $f(t)$  adalah fungsi kepadatan kemungkinan kerusakan, maka probabilitas terjadinya kerusakan antara selang waktu  $(t_x, t_z)$  adalah:

$$\int_{t_x}^{t_z} f(x) dx$$

Sehingga probabilitas terjadinya kerusakan  $t_0$  dan  $t_z$  adalah :

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

Keterangan :

$t$  = Waktu

$f(t)$  = Fungsi Kepadatan Probabilitas

## 2. Fungsi keandalan

Probabilitas suatu mesin atau komponen mengalami kegagalan dapat dinyatakan sebagai fungsi sebagai berikut:

$$P(x \leq t) = F(t), t \geq 0$$

Dimana  $x$  merupakan variable random yang menyatakan umur komponen dan  $F(t)$  menyatakan probabilitas kerusakan mesin setelah beroperasi selama  $t$  satuan waktu. Sedangkan keandalan merupakan fungsi probabilitas suatu mesin atau komponen untuk tidak rusak selama selang waktu  $(0, t)$ . secara atis fungsi keandalan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R(t) = P(x > t), t > 0$$

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

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

Bila laju kerusakan sebagai variable random memiliki fungsi kepadatan probabilitas, maka fungsi keandalan menjadi:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

Keterangan :

$t$  = Waktu

$F(t)$  = Probabilitas suatu kerusakan setelah beroperasi selama  $t$

$f(t)$  = Fungsi Kepadatan Probabilitas

$R(t)$  = Fungsi Keandalan

### 3. Fungsi distribusi kumulatif Probabilitas

Fungsi distribusi kumulatif adalah kumulatif dari kepadatan probabilitas yaitu probabilitas fungsi kumulatif yang dinyatakan dengan  $F(t)$ . Dalam perawatan mesin sering terjadi kerusakan sebelum waktu tertentu, misalnya  $t$ , maka probabilitas suatu komponen atau mesin dalam beroperasi sebelum waktu  $t$  dapat dijelaskan dengan rumus berikut ini:

$$F(t) = \int_{\infty}^t f(t) dt$$

Sehingga hubungan antara fungsi kepadatan probabilitas dengan distribusi kumulatif adalah sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

Keterangan :

$t$  = Waktu

$f(t)$  = Fungsi Kepadatan Probabilitas

$F(t)$  = Fungsi Distribusi Kumulatif

### 4. Fungsi laju kerusakan

Laju kerusakan system selama interval  $(t, t + \Delta t)$  adalah laju dimana kerusakan terjadi dalam interval tertentu. Hal ini dapat didefinisikan sebagai laju kerusakan dari suatu sistem selama interval  $(t, t + \Delta t)$  adalah probabilitas bahwa kerusakan per satuan waktu terjadi didalam interval dan tidak terjadi sebelum  $t$  yaitu pada awal interval. Probabilitas bersyarat kerusakan selama interval  $(t, t + \Delta t)$  dimana kerusakan tidak terjadi sebelum  $t$  di jabarkan sebagai berikut (Ben-Daya: 2009):

$$\frac{\int_t^{t+\Delta t} f(t)dt}{\int_t^{\infty} f(t)dt} = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)}$$

Untuk menemukan probabilitas bersyarat per satuan waktu, maka perlu dibagi dengan  $\Delta t$ , rumus laju kerusakannya menjadi:

$$\lambda(t) = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t R(t)}$$

Akan tetapi dalam masalah perawatan, yang dimaksud dengan laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat (*hazard rate*). *Hazard rate* ( $\lambda(t)$ ) didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu yang mendekati 0. Fungsi *Hazard* dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t R(t)} = \frac{1}{R(t)} \left( \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t R(t)} \right)$$

$$\lambda(t) = \frac{1}{R(t)} \frac{dF(t)}{dt} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Sehingga fungsi *hazard rate*  $h(t)$  adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

t = Waktu

$\lambda(t)$  = Fungsi *Hazard Rate* (Laju Kerusakan Sesaat)

f(t) = Fungsi Kepadatan Probabilitas

R(t) = Fungsi Keandalan Probabilitas

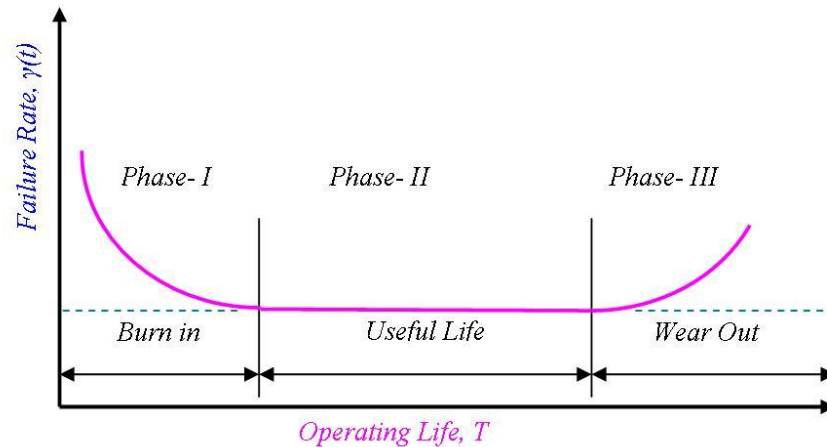
F(t) = Fungsi Distribusi Kumulatif

Jika  $h(t)$  meningkat sesuai dengan nilai waktu, maka sifatnya disebut dengan *increasing failure rate* (IFR), dan apabila menurun maka  $h(t)$  disebut dengan *decreasing failure rate* (DFR). Apabila  $h(t)$  nilainya konstan, maka disebut *constant failure rate* (CFR).

Dengan fungsi – fungsi probabilitas tersebut, kita dapat menyesuaikan dengan prinsip mesin atau komponen yang memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda – beda, karena masing – masing fungsi memberikan perspektif dan karakteristik kegagalan mesin yang berbeda – beda.

### 2.2.6 Kurva Laju Kerusakan

Kurva laju kerusakan yang juga disebut dengan *bathtub curve* berfungsi untuk menunjukkan pola laju kerusakan sesaat (*Failure rate*) yang umum bagi suatu produk. Kurva ini terdiri dari tiga fase, antara lain: fase pertama yaitu pada awal siklus penggunaannya mengalami penurunan laju kerusakan (*Burn in*). Pada fase kedua laju kerusakan mendekati dan selalu konstan karena berada dalam masa pemakaian (*useful life*). Dan pada fase ketiga laju kerusakan mengalami peningkatan karena telah melewati masa pemakaian (*wear out*). Bentuk kurva dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 *Bathtub Curve*

Adapun penjelasan masing – masing fase berdasarkan laju kerusakan, dan umur pemakaian adalah sebagai berikut:

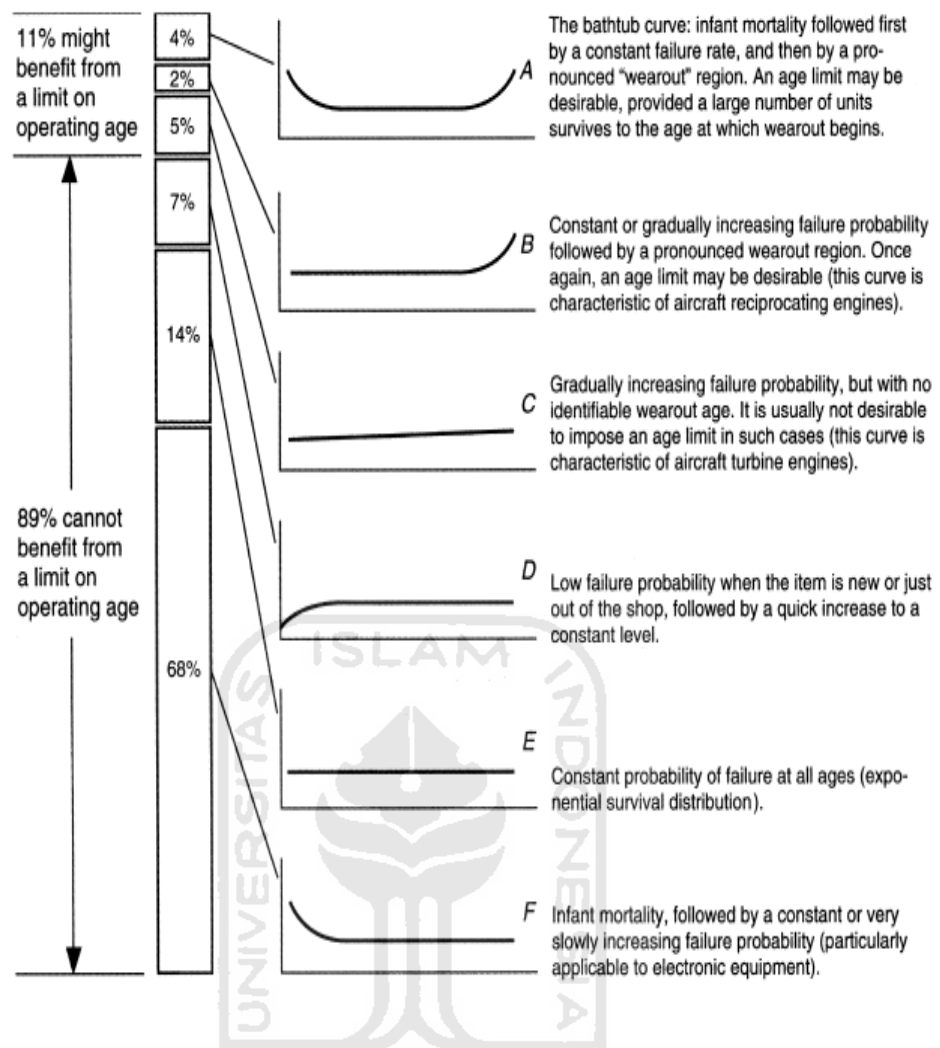
1. *Burn – in Zone (Early Life)*, Daerah ini adalah periode permulaan beroperasinya suatu komponen atau yang masih baru (sehingga *reliability* – nya masih 100%), dengan periode waktu yang pendek. Pada kurva ditunjukkan bahwa laju kerusakan yang awalnya tinggi kemudian menurun dengan bertambahnya waktu, atau diistilahkan sebagai *Decreasing Failure Rate (DFR)*. Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan karena proses manufacturing atau fabrikasi yang kurang sempurna.
2. *Usefull Life Time Zone*, Periode ini mempunyai laju kerusakan yang paling rendah dan hampir konstan, yang disebut *Constant Failure Rate (CFR)*. Kerusakan yang terjadi bersifat random dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Ini adalah periode dimana sebagian besar umur pakai komponen atau berada. Dalam analisa, tingkat kehandalan diasumsikan berada pada periode *Useful life time*, dimana failure rate – nya konstan terhadap waktu. Asumsi ini digunakan karena pada periode *early life time*, tidak dapat

ditentukan apakah tersebut sudah bekerja sesuai dengan standar yang ditentukan atau belum. Sedangkan pada periode *wear out time*, tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi *failure*. Pada periode *useful life time*, dimana *failure rate* – nya adalah konstan,

3. *Wear Out Zone*, Periode ini adalah periode akhir masa pakai komponen atau . Pada periode ini, laju kerusakan naik dengan cepat dengan bertambahnya waktu, yang disebut dengan istilah *Increasing Failure Rate (IFR)*. Periode ini berakhir saat *reliability* komponen atau ini mendekati nol, dimana kerusakan yang terjadi sudah sangat parah dan tidak dapat diperbaiki kembali. Bila suatu alat telah memasuki periode ini, sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi terjadinya kerusakan yang sangat fatal. Fase ini disebabkan oleh produk atau peralatan yang digunakan sudah melewati umur produk, perawatan yang tidak memadai, kelelahan karena friksi atau aus karena pemakaian.

Beberapa bentuk variasi *bathub curve* untuk menggambarkan siklus kerusakan komponen dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





Gambar 2.2 Variasi *Bathtub Curve*

Kurva-kurva tersebut terbagi ke dalam kelompok-kelompok sesuai dengan persentase kerusakan:

1. Hanya sekitar 3-4% yang sebenarnya mencerminkan konsep kurva bathtub tradisional (kurva A).
2. Sekitar 4-20% komponen mengalami karakteristik proses penuaan (*aging*) atau aus (*aging*) selama masa pakai (kurva A, B, C).
3. Sebaliknya, 77-92% komponen tidak menunjukkan mekanisme keausan atau penuaan selama masa pakai (D, E, F).

### 2.2.7 Distribusi Kerusakan

Pola distribusi kerusakan mesin atau komponennya biasanya merupakan distribusi Weibull, Lognormal, Eksponensial, dan Normal. Pola - pola berikut ini merupakan pol yang umum menggambarkan distribusi kerusakan komponen mesin.

#### 1. Distribusi Weibull

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi Weibull adalah salah satu distribusi yang penting pada teori *reliability*. Distribusi Weibull sangat luas digunakan untuk analisa kehilangan performansi pada kompleks di dalam *engineering*. Secara umum, distribusi ini dapat digunakan untuk menjelaskan data saat waktu menunggu hingga terjadi kejadian dan untuk menyatakan berbagai fenomena fisika yang berbeda-beda. Dengan demikian, distribusi ini dapat diterapkan pada analisa resiko karena dapat menduga umur pakai (*life time*) komponen. Distribusi weibull memiliki dua bentuk parameter, yaitu parameter skala ( $\theta$ ) dan parameter bentuk ( $\beta$ ). Fungsi-fungsi dari distribusi Weibull:

##### a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

##### b. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

##### c. Fungsi Keandalan

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

## d. Fungsi Laju Kerusakan

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

Keterangan :

$t$  = Waktu

$\beta$  = Parameter Bentuk

$\theta$  = Parameter Skala

## 2. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen. Distribusi ini memiliki dua parameter pembentuk, yaitu parameter bentuk ( $s$ ) dan parameter skala ( $t_{med}$ ) yang merupakan median dari waktu kerusakan.

Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal:

## a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

## b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}st} e^{-\left[\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}}\right)^2\right]} dt = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

## c. Fungsi Keandalan

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

## d. Fungsi Laju Kerusakan

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

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)}$$

Keterangan :

$t$  = Waktu

$s$  = Parameter Skala

$t_{med}$  = Median Dari Waktu Kerusakan

### 3. Distribusi Eksponensial

Distribusi ini secara luas digunakan dalam kehandalan dan perawatan. Hal ini dikarenakan distribusi ini mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Parameter yang dipakai adalah parameter  $\lambda$  yaitu rata – rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial:

#### a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

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

#### b. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

#### c. Fungsi Keandalan

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

#### d. Fungsi Laju Kerusakan

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

Keterangan :

$t$  = Waktu

$\Phi$  = Distribusi Normal Standar

$\lambda$  = Rata – Rata Kedatangan Kerusakan yang Terjadi

#### 4. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling sering dan umum digunakan. Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss yang ditemukan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Distribusi ini memiliki dua parameter pembentuk, antara lain rata-rata ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ). Fungsi-fungsi dari distribusi Normal adalah:

##### a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

##### b. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

##### c. Fungsi Keandalan

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

##### d. Fungsi Laju Kerusakan

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

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}$$

Keterangan :

$t$	= Waktu
$\Phi$	= Distribusi Normal Standar
$\mu$	= Mean Dari $\ln(t)$
$\sigma$	= Standar Deviasi Dari $\ln(t)$

### 2.2.8 Identifikasi Distribusi dengan Metode *Least Square Curve Fitting*

Identifikasi distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting* dengan mencari nilai *Anderson – Darling* (AD) dari masing – masing distribusi. Distribusi yang sesuai dipilih berdasarkan nilai AD terbesar.

Nilai AD masing – masing distribusi dicari dengan menggunakan bantuan *software Minitab* 16 dengan proses pengolahan data sebagai berikut:

1. *Input* data historis kerusakan atau perbaikan mesin pada *Worksheet* yang tersedia
2. Pilih Stat
3. Pilih *Reliability/Survival*
4. Pilih *Distribution Analysis (Right Censoring)*
5. Pilih *parametric Distribution Analysis*.
6. Masukkan data, misalnya C1 pada kolom *variables* dengan mengklik *Select*.
7. Pilih *Assumed Distribution* sesuai dengan distribusi yang ingin dicari
8. Klik OK



a. *Mann's Test* untuk distribusi Weibull

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  : waktu kerusakan berdistribusi Weibull

$H_1$  : waktu kerusakan tidak berdistribusi Weibull

Tes Statistik:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^k \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}$$

Dimana:

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

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

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

Jika  $M < F_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima,  $F_{\text{tabel}}$  didapat dari tabel berdistribusi F dengan ketentuan  $\nu_1 = 2 \times k_1$  dan  $\nu_2 = 2 \times k_2$  dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) = 0,05.

Keterangan :

$M$  = Nilai *Mann's Test*.

$r$  = Banyaknya data.

$t_i$  = *time to failure/ time to repair*.

$t_{i+1}$  = nomor data kerusakan (1, 2, 3, . . . , n).

$n$  = banyaknya kerusakan.



b. *Bartlett's Test* untuk distribusi Eksponensial

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  : waktu kerusakan berdistribusi Eksponensial

$H_1$  : waktu kerusakan tidak berdistribusi Eksponensial

Tes Statistik:

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

Keterangan :

$B$  = Nilai *Bartlett's Test*.

$r$  = Jumlah data *Failure/Repair*.

$t_i$  = *time to failure/ time to repair*. dari unit ke- $i$

Jika  $\chi_{\alpha/2; r-1}^2 < B < \chi_{1-\alpha/2; r-1}^2$  maka  $H_0$  diterima.

c. *Kolmogorov – Smirnov Test* untuk distribusi Normal dan Lognormal

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  : waktu kerusakan berdistribusi Normal/Lognormal

$H_1$  : waktu kerusakan tidak berdistribusi Normal/Lognormal

Tes Statistik:

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

Dimana:

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - M}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left( \frac{t_i - M}{s} \right) \right\}$$

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

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (t_i - M)^2}{n - 1}$$

$$z_i = \frac{(t_i - M)}{s}$$

Jika  $D_n < D_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima,  $D_{\text{tabel}}$  didapat dari tabel D untuk *Kolmogorov – Smirnov Test* dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) = 0,05. Untuk distribusi Lognormal, nilai  $t_i$  diganti menjadi  $\ln t_i$ .

Keterangan :

$D$  = Nilai *Kolmogorov – Smirnov's Test*.

$s$  = Standar Deviasi.

$t_i$  = *time to failure/ time to repair* ke- $i$ .

$M$  = rata – rata *time to failure/ time to repair*

$n$  = banyaknya data.

### 2.2.10 Mean Time to Failure (MTTF)

MTTF adalah nilai rata – rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh fungsi kepadatan peluang  $f(t)$  sebagai berikut (Ebeling,1997):

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

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \text{ sehingga, } MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} t dt$$

$$MTTF = -t R(t)|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

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

Perhitungan MTTF untuk tiap distribusinya adalah:

a. Distribusi Weibull

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

b. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

c. Distribusi Eksponensial

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

d. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

### 2.2.11 Mean Time To Repair (MTTR)

Menurut Ebeling (1997), MTTR adalah nilai tengah dari fungsi probabilitik untuk waktu perbaikan dari distribusi data waktu perbaikan yang telah diketahui terlebih dahulu. Perhitungan MTTR diperoleh dari rumus:

$$MTTR = \int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt$$

Keterangan :

$(t)$  = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan.

$H(t)$  = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan.

Perhitungan MTTR untuk tiap distribusinya adalah:

e. Distribusi Weibull

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

f. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

g. Distribusi Eksponensial

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

h. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

### 2.2.12 Perhitungan Total Biaya Penggantian

Biasanya makin tinggi nilai pabrik, makin tinggi pula biaya perawatannya. Umur pabrik, keterampilan para operatornya, produksi yang berkerja terus menerus, hal – hal tersebut memiliki peranan yang besar dalam menentukan pentingnya perawatan dan biaya yang dapat dikeluarkan untuk perawatan tersebut (Walley, 1987).

Perawatan yang baik diterapkan dengan jangka waktu yang telah ditentukan dan dilakukan pada saat mesin tidak berproduksi. Semakin sering perawatan dilakukan maka biaya perawatannya akan semakin meningkat. Tapi apabila jarang dilakukan maka akan menyebabkan kurangnya performa kerja mesin tersebut, atau bahkan mesin akan sering mengalami kerusakan. Oleh karena itu perlu diketahui waktu perawatan optimal suatu mesin dan dipertimbangkan biaya perawatan yang harus dikeluarkan.

Beberapa biaya yang berpengaruh dalam perawatan mesin adalah sebagai berikut:

1. Biaya langsung, meliputi:
  - a. Biaya tenaga kerja perawatan
  - b. Biaya pembelian komponen pengganti.
2. Biaya tidak langsung, antara lain:
  - a. Ongkos tenaga kerja produksi yang menganggur
  - b. Ongkos depresiasi mesin
  - c. Ongkos akibat keuntungan yang hilang
  - d. Ongkos depresiasi peralatan perawatan.
  - e. Ongkos administrasi.

Dari rincian biaya – biaya diatas, biaya perawatan yang paling berpengaruh terhadap perawatan adalah sebagai berikut:

1. Biaya perawatan akibat diadakannya perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin atau komponennya.
2. Biaya perbaikan yang dikeluarkan akibat terjadinya kerusakan pada mesin atau komponennya dan biaya penggantian untuk komponen yang rusak.

Oleh karena itu, perlu dicari pola perawatan yang optimal antara biaya perbaikan dan biaya perawatan agar seimbang dan jatuh pada *total cost* terkecil.

Biaya pemeliharaan pencegahan (*preventive cost*) terdiri atas biaya – biaya yang timbul dari kegiatan pemeriksaan dan penyesuaian peralatan, penggantian atau perbaikan komponen – komponen, dan kehilangan waktu produksi yang diakibatkan oleh kegiatan – kegiatan tersebut. Biaya pemeliharaan korektif (*failure cost*) adalah biaya – biaya yang timbul bila peralatan rusak atau tidak dapat beroperasi, yang meliputi kehilangan waktu produksi. Biaya – biaya tersebut berupa biaya pelaksanaan pemeliharaan dan biaya penggantian peralatan (Handoko, 1989). Sehingga rumusnya menjadi:

$$TC(tp) = \frac{[Cp \times R(tp)] + [Cf \times F(tp)]}{tp}$$

Dimana:

$Cp$  = (biaya tenaga kerja/jam x MTTR) + harga komponen kritis

$Cf$  = (biaya tenaga kerja/jam + biaya kehilangan produksi) x MTTR + harga

Komponen kritis

$tp$  =  $[(tp + Tp) \times R(tp)] + [(M(tp) + Tf) \times (1-R(tp))]$

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

Keterangan :

TC(tp) = Total ekspektasi biaya penggantian komponen waktu

Cp = Biaya satu siklus preventif

Cf = Biaya satu siklus *failure*

R(tp) = Probabilitas komponen andal selama waktu tp

F(tp) = Probabilitas komponen tidak andal (gagal) selama waktu tp

Tp = Panjang dari siklus (interval waktu) preventif

### 2.2.13 Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Waktu Pemeriksaan

Dalam perawatan mesin, selain melakukan penggantian secara preventif, perlu juga ditentukan waktu interval pemeriksaan mesin, sehingga pemeriksaan mesin tidak terlalu sering dan juga tidak terlalu jarang dilakukan. Dengan diketahuinya frekuensi pemeriksaan dan interval waktu pemeriksaan, mesin ataupun komponen kritis dapat di tekan laju kerusakannya, menjaga performa mesin selalu dalam kondisi yang baik, bisa meminimalkan *downtime* dan yang paling terpenting adalah biaya yang dikeluarkan untuk perawatan tidak terlalu besar.

Menurut Jardine (1973), total *downtime* setiap satuan waktu dapat dijabarkan dalam bentuk suatu fungsi dari frekuensi pemeriksaan ( $n$ ), yaitu:

$D(n)$  = *downtime* yang terjadi karena perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu

$$D(n) = \lambda(n) \cdot T_f + n \cdot T_i$$

Dimana:

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga: } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2}$$

$$k = \frac{\text{frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}}$$

$$T_f = \frac{1}{\mu}; T_i = \frac{1}{i}$$

Sehingga:

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \cdot \mu} + \frac{n}{i}$$

Jika persamaan diatas dideferensialkan akan menjadi:

$$D'(n) = \frac{k}{n^2 \cdot \mu} + \frac{1}{i} = 0$$

Sehingga frekuensi pemeriksaan:

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



Keterangan :

$\lambda(n)$  = Laju kerusakan yang terjadi.

$k$  = Nilai konstan dari jumlah kerusakan per satuan waktu.

$T_f$  = Waktu rata – rata untuk melakukan penggantian.

$T_i$  = Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan.

$n$  = Frekuensi yang dilakukan per satuan waktu.

#### 2.2.14 Perhitungan Keandalan (*Reliability*) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan Pencegahan

Peningkatan keandalan dapat dilakukan dengan perawatan preventif, karena dengan perawatan tersebut selain dapat mengurangi pengaruh *wear-out* pada mesin dan juga memiliki dampak yang signifikan terhadap umur mesin. Model keandalan yang akan dipakai mengasumsikan kembali ke kondisi baru setelah menjalani perawatan pencegahan. Keandalan pada saat  $t$  dapat dilihat pada rumus dibawah ini (Ebeling, 1997):

$$R_m(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t < T$$

$$R_m(t) = R(t) \cdot R(t - T) \text{ untuk } T \leq t < 2T$$

Secara umum persamaanya adalah sebagai berikut:

$$R_m(t) = R(t)^n \cdot R(t - T) \text{ untuk } nT \leq t < (n + 1)T \text{ dan } n = 0,1,2, \dots, n$$

Keterangan :

$T$  = Interval waktu pencegahan kerusakan.

$R_m(t)$  = Keandalan dari dengan perawatan preventif.

$R(t)$  = Keandalan tanpa perawatan preventif.

$R(T)$  = Peluang dari keandalan hingga perawatan preventif pertama.

$R(t-T)$  = Peluang dari keandalan antara waktu  $t-T$  setelah dikembalikan

= pada kondisi awal pada saat  $T$ .

$N$  = jumlah perawatan preventif yang telah dilakukan pada sampai saat ini

$R(t)^n$  = probabilitas keandalan hingga- $n$  selang waktu perawatan.

$R(t-nT)$  = Probabilitas keandalan untuk waktu  $t-nT$  dari perawatan preventif yang terakhir.

Keandalan distribusi sebelum adanya tindakan perawatan antara lain:

a. Distribusi Weibull

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

b. Distribusi Lognormal

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

c. Distribusi Eksponensial

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

d. Distribusi Normal

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

Keandalan distribusi setelah adanya tindakan perawatan antara lain:

a. Distribusi Weibull

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

b. Distribusi Lognormal

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

c. Distribusi Eksponensial

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

d. Distribusi Normal

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

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Objek Penelitian**

Penelitian ini meneliti komponen kritis *Bearing* Penggerak VPS mesin *Ring Spinning* di stasiun produksi *Spinning I* di PT Danliris Sukoharjo, Jawa Tengah.

#### **3.2 Studi Pustaka**

Ada dua macam kajian pustaka yang dilakukan yaitu studi pustaka induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian sehingga topik penelitian yang ada selalu terjaga kekiniannya. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada kajian induktif, dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Di samping itu dapat diketahui perkembangan metode-metode mutakhir yang pernah dilakukan peneliti lain. Kajian deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter - parameter yang relevan diatika, diklasifikasikan dan dihubung -hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

#### **3.3 Pengumpulan Data**

Untuk menghimpun data yang dibutuhkan maka digunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

## 1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari obyek yang diteliti. Teknik yang digunakan adalah :

- a. Metode Interview/Wawancara yaitu suatu cara untuk mendapatkan data dengan mengadakan wawancara langsung dengan operator, karyawan unit *engineering* dan biro teknik.
- b. Dokumentasi, yaitu metode pengumpulan data yang penyelidikannya ditujukan pada penguraian dan penjelasan melalui sumber-sumber dokumen. Dari metode ini diharapkan memperoleh data – data yang diperlukan untuk penelitian ini.
- c. Metode Observasi yaitu suatu cara pengumpulan data atau informasi melalui pengamatan dan pencatatan dengan cara atik fenomena-fenomena yang diteliti.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari data yang didapat dari perpustakaan, literatur - literatur atau dokumen lainnya yang berhubungan dengan obyek yang diteliti yang mendukung terbentuknya suatu landasan teori dalam penelitian ini.

Adapun langkah – langkah pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan stasiun, jumlah mesin dan komponen mesin kritis yang menjadi objek penelitian. Stasiun kerja yang dipilih adalah *Spining I* dengan mesin yang di teliti adalah mesin *ring spinning* karena mesin ini yang paling sering mengalami kerusakan dan datanya tersedia.

2. Mengumpulkan data – data yang digunakan untuk pengolahan data, antara lain:
  - a. Selang waktu interval kerusakan mesin
  - b. Interval waktu perawatan penggantian komponen mesin
  - c. Gaji, jumlah jam kerja, hari kerja dan jumlah tenaga kerja bagian *maintenance*.
  - d. Harga jual dan profit produk per kilogram
  - e. Harga Komponen Perawatan.

### 3.4 Pengolahan Data

Data – data yang diperoleh selanjutnya diolah secara bertahap menggunakan metode – metode yang telah ditentukan sebelumnya, adapun tahapan pengolahan datanya antara lain:

1. Penentuan jenis distribusi kerusakan berdasarkan data interval waktu kerusakan dengan metode *Least Square Curve Fitting*. Distribusi terpilih adalah distribusi yang memiliki nilai *anderson – darling* (AD) terkecil.
2. Melakukan uji distribusi kerusakan (*Goodness of Fit Test*) untuk memastikan bahwa karakteristik data – data kerusakan sesuai dengan distribusi terpilih.
3. Menghitung *Mean Time to Failure* (MTTF) komponen kritis.
4. Menghitung *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen kritis.
5. Menghitung biaya tenaga kerja yang berhubungan dengan *maintenance*.
6. Menghitung profit dan Output yang dihasilkan oleh mesin untuk menghitung biaya kehilangan produksi.

7. Menghitung biaya penggantian komponen.
8. Menghitung interval biaya penggantian berdasarkan *Total Cost* terkecil.
9. Menghitung interval waktu penggantian perawatan preventif usulan.
10. Menghitung frekuensi dan interval waktu pemeriksaan.
11. Menghitung keandalan masing – masing komponen kritis.

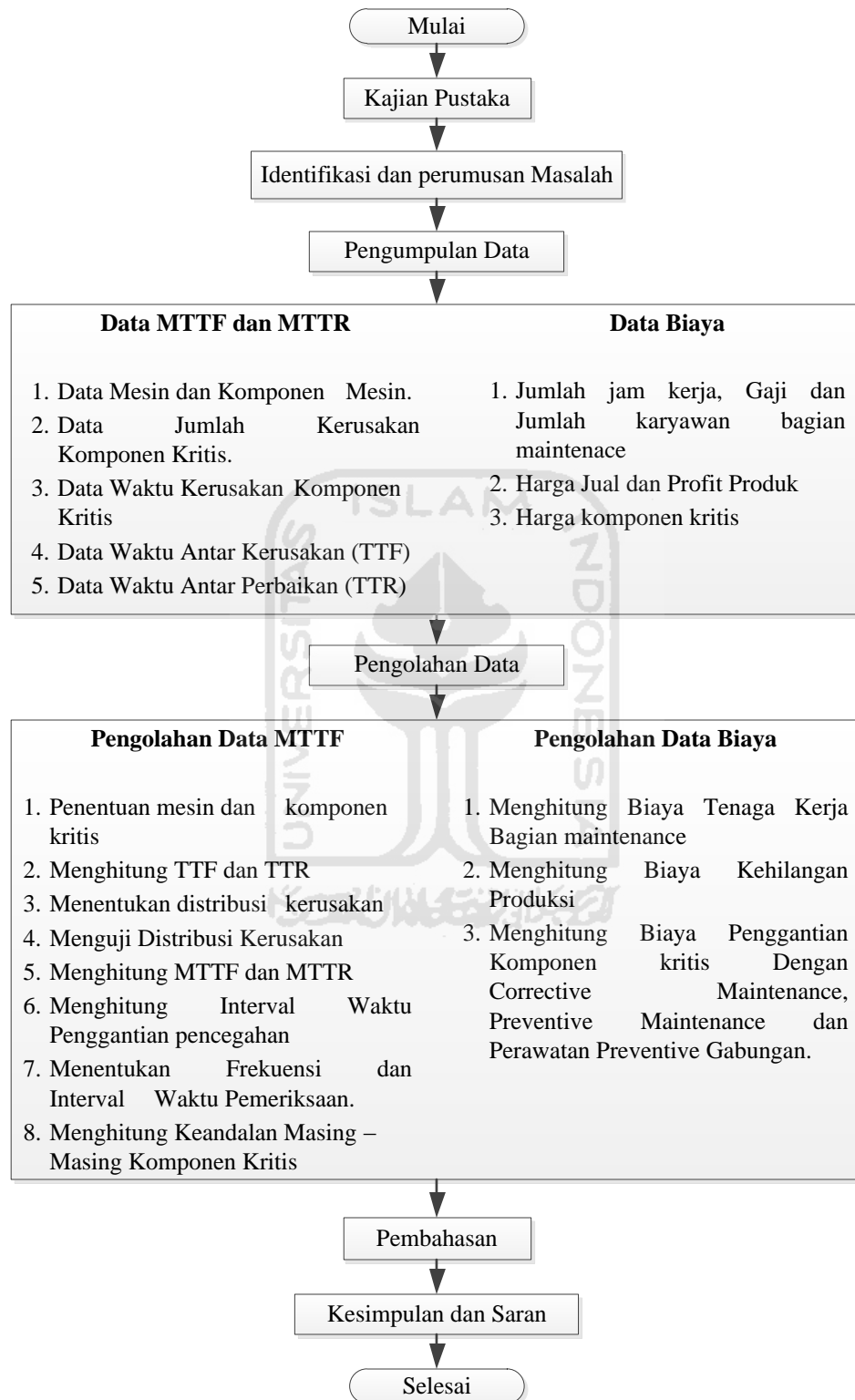
### **3.5 Pembahasan Hasil.**

Setelah data berhasil diolah, hasil – hasil yang telah diperoleh dari pengolahan tersebut perlu dijelaskan secara lebih mendetail agar lebih mudah dipahami dan diharapkan dapat menunjukkan hasil penelitian secara keseluruhan.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Merupakan tahap akhir penelitian, dimana setelah dilakukan pengolahan data dan analisis hasil yang telah diperoleh, maka perlu di ambil poin – poin berupa kesimpulan yang secara tidak langsung menjawab tujuan dilakukannya penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan rekomendasi yang perlu disampaikan baik untuk pihak perusahaan dan saran bagi yang ingin melanjutkan penelitian serupa.

### 3.7 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian



## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Dan Liris berdiri sesuai dengan Akta Notaris, tanggal 25 April 1974. Pada mulanya PT. Dan Liris merupakan perusahaan khusus pertenunan yang sebagian digunakan untuk industri batik (sebagai cikal bakal Batik Keris). Nama Dan Liris sendiri berasal dari kata Udan Liris, merupakan suatu jenis motif batik yang secara filosofis mempunyai arti, “udan” yang berarti hujan dan “liris” berarti rintik-rintik dan terus menerus, sehingga diharapkan agar kelangsungan hidup atau rejeki yang didapat perusahaan ini bisa berjalan stabil dan terus menerus. Udan Liris juga merupakan desain unggulan dari produk Keris Group. Pada akhirnya kata Udan Liris disingkat menjadi Dan Liris yang selanjutnya dijadikan nama PT. DAN LIRIS.

Latar belakang berdirinya PT. Dan Liris, dimulai pada tahun 1920 sebagai *home industry* batik. Kemudian pada tahun 1940 mulai diberi nama “Keris”. Pada tahun 1966 Pemerintah membuka kesempatan yang seluas-luasnya bagi investor untuk menanamkan modalnya di Indonesia, baik berasal dari Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dan Penanaman Modal Asing (PMA). Dengan adanya kebijakan tersebut, maka perusahaan *home industry* batik ini menjadi Perseroan Terbatas dengan nama PT. Batik Keris pada tahun 1971. Sejak saat itu PT. Batik Keris menerima permintaan produk yang terus meningkat dari waktu ke waktu dari

konsumen. Selanjutnya PT. Batik Keris mengambil langkah untuk memenuhi kebutuhan perusahaan dan untuk mengantisipasi terhambatnya proses produksi saat perusahaan mengalami kesulitan karena terjadi fluktuasi harga bahan baku di pasaran, maka didirikanlah perusahaan penyuplai bahan baku tekstil dan batik yaitu PT. Dan Liris.

Kegiatan usaha PT. Dan Liris dimulai hanya dengan satu bidang saja, yaitu pertenunan (*weaving*). Lokasi pabrik tenun pada mulanya berada di Jl. Adi Sucipto, Desa Bluluk, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar. Seiring dengan berkembangnya perusahaan, maka didirikanlah pabrik perajutan dan *garment* di lokasi yang sama. Sehingga pada tahun 1982 juga didirikan pabrik pemintalan hingga menjadi industri tekstil terpadu, dengan adanya produksi cetak (*printing*) dan pembuatan kain bermotif batik (*finishing*). Karena semakin pesatnya perkembangan perusahaan, maka pada tahun 1983 lokasi pabrik dipindahkan ke Desa Banaran, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo hingga sekarang, dan pada akhirnya menjadi industri tekstil terpadu dengan unit usaha pemintalan (*spinning*), pertenunan (*weaving*), pencelupan dan pewarnaan (*dyeing*), penyempurnaan (*finishing*), pencetakan tekstil bermotif (*printing*) dan konveksi pakaian jadi (*garment*).

#### **4.1.2 Lokasi Perusahaan**

PT. Dan Liris berdiri di atas lahan seluas  $\pm$  45 hektar, dengan kantor pusat / pabrik di Kelurahan Banaran, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo – 57193. Lokasi PT. Dan Liris merupakan letak yang cukup strategis dan mudah dijangkau, diantaranya:

- a. Utara : Desa Gambiran, Jati, kota Surakarta.
- b. Timur : Kelurahan Tipes, Cemani, Pasar Klewer.
- c. Selatan : Desa Candi, Grogol, arah jalur Wonogiri.
- d. Barat : Desa Danaran, Laweyan (merupakan wilayah *home industry* batik), arah Jalur Yogyakarta, Semarang.

#### 4.1.3 Stasiun Produksi dan Mesin Produksi

Stasiun yang menjadi objek penelitian adalah Stasiun *Spinning I*, mesin yang akan diteliti adalah mesin *Ring spinning* yang merupakan mesin kritis yang bekerja secara terus – menerus selama 24 jam tanpa berhenti, selain umur mesin yang sudah tua, mesin ini juga sering mengalami kerusakan. Mesin yang digunakan dalam proses *Ring Frame* ini berjumlah 47 unit yang dibagi menjadi 2 lini. Lini A berjumlah 24 mesin dan lini B berjumlah 28 mesin. Untuk lini A dan B data kerusakan diambil dari 3 mesin yang sering mengalami kerusakan untuk mewakili mesin secara keseluruhan.

Tabel 4.1 Identifikasi Mesin *Ring spinning*

Lini	Tipe	Tahun	Jumlah	Buatan
A 1 - 24	Toyoda RY	1976	24	Jepang
B 1 - 28	Toyoda RY	1976	23	Jepang

Adapun komponen kritis yang akan diteliti adalah *Bearing* penggerak VPS. VPS adalah komponen motor yang berada di setiap mesin *Ring spinning* yang berfungsi sebagai penggerak mesin sehingga mampu untuk menggulung benang. Apabila motor ini rusak, maka mesin akan berhenti bekerja. Motor ini rusak dikarenakan ausnya *bearing* penggerak yang ada di dalamnya.

Tabel 4.2 *Bearing* Penggerak VPS

Tipe Mesin	Komponen
Toyoda RY	<i>Bearing</i> 1306 ETN9
	<i>Bearing</i> 7207 BECBM
	<i>Bearing</i> 3211 A

#### 4.1.4 Selang Waktu Interval Kerusakan Mesin

Berikut ini adalah data historis waktu interval kerusakan komponen mesin *Ring spinning* yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Data TTF Mesin *Ring spinning* (Jam)

No	<i>Bearing</i> 1306	<i>Bearing</i> 3211	<i>Bearing</i> 7207
1	221	343	343
2	343	355	355
3	355	444	657
4	838	612	688
5	1135	838	823
6	1149	909	829
7	1170	1165	838
8	1256	1170	1170
9	1323	1418	1425
10	1355	1431	1599
11	1366	1902	1930
12	2002	2002	2331
13	2600	2690	2963
14	3754	3589	3649

#### 4.1.5 Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Mesin *Ring spinning*

Data waktu antar kerusakan untuk tiap komponen kritis didapat dengan cara menghitung interval waktu kerusakan dari data historis yang telah diperoleh.

Pengambilan data berupa:

- a. Untuk lini A, data kerusakan diambil dari 3 mesin yang sering mengalami kerusakan untuk mewakili 24 mesin secara keseluruhan.
- b. Untuk lini A, data kerusakan diambil dari 3 mesin yang sering mengalami kerusakan untuk mewakili 28 mesin secara keseluruhan.

Tabel 4.4 Data TTR Mesin *Ring spinning* (Jam)

No	<i>Bearing</i> 1306	<i>Bearing</i> 3211	<i>Bearing</i> 7207
1	0,75	0,75	0,8333
2	0,8333	0,8333	0,8333
3	0,8333	0,8333	0,8333
4	0,8333	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1,1667
12	1,3333	1,1667	1,1667
13	1,5	1,1667	1,5
14	2	1,5	2
15	2,5	2	2,5

#### 4.1.6 Penjadwalan Tenaga Kerja

Proses produksi di PT. Danliris, terutama pada stasiun *Spinning* I berjalan terus menerus selama 24 jam dari hari senin sampai hari minggu (24/7), oleh karena itu diterapkan *shift* kerja sebanyak 5 grup *shift*, dimana setiap karyawan masing – masingnya mengikuti 3 shift kerja yaitu 1 minggu *shift* pagi, 1 minggu *shift* siang, 1 minggu *shift* malam dan libur selama sehari disela – sela penggantian *Shift*. Lama satu shift kerja adalah 8 jam. Sedangkan untuk pegawai kantoran berkerja dari hari senin – sabtu mulai dari pukul 07:00 – 16:00 dengan jam istirahat selama satu jam yaitu pukul 12:00 – 13:00. Rincian 5 grup *shift* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Jadwal Shift Karyawan PT. Danliris

Grup <i>Shift</i>	Waktu
A	06:00 - 14:00
B	14:00 - 22:00
C	22:00 - 6:00
D	Libur
E ( <i>Office</i> )	08:00 - 16:00

#### 4.1.7 Data Biaya

Untuk mencari biaya perbaikan yang optimal, perlu diketahui biaya yang berkaitan dengan perbaikan itu sendiri, termasuk keuntungan yang hilang akibat mesin dalam keadaan *downtime*. Adapaun biaya – biaya yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. Upah tenaga kerja *maintenance*

Upah tenaga kerja *maintenance* mesin *Ring spinning* perorangnya adalah sebesar Rp 850.000

b. Harga jual produk

Produk akhir dari proses *Ring Frame* adalah benang. Benang yang dijual adalah dalam satuan Bale. Dimana satu Bale dijual seharga Rp 7.050.000 dengan profit 5% dari harga jual.

c. Harga Komponen Perawatan

Harga komponen mesin yang diperlukan untuk mengganti komponen yang rusak adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Harga Komponen Mesin *Ring spinning*

No	Nama Mesin	Komponen Mesin	Harga
1	<i>Ring spinning</i>	<i>Bearing 1306 ETN9</i>	Rp 195.000
		<i>Bearing 7207 BECBM</i>	Rp 488.000
		<i>Bearing 3211 A</i>	Rp 609.000

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Penentuan Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Untuk menentukan distribusi waktu antar kerusakan (TTF) komponen mesin, digunakan metode *Least Square Curve Fitting*, dimana distribusi yang sesuai ditentukan berdasarkan nilai AD (*Anderson Darling*) yang terkecil dengan menggunakan *Software Minitab 16*. Penentuan distribusi ini bertujuan untuk menyesuaikan distribusi kerusakan dengan pola distribusi yang telah ditentukan yaitu, distribusi Normal, distribusi Lognormal, distribusi Exponensial dan distribusi

Weibull. Adapaun nilai *Anderson Darling* masing – masing komponen dengan seluruh distribusinya adalah sebagai berikut:

a. *Bearing* 3211

Tabel 4.7 Nilai *Anderson Darling* TTF Komponen *Bearing* 3211

Distribusi	Nilai OD
Weibull	1,115
Eksponensial	1,895
Normal	1,317
<b>Lognormal</b>	<b>1,008</b>

Pola distribusi yang sesuai dengan distribusi kerusakan adalah distribusi Lognormal, karena memiliki nilai AD terkecil yaitu 1,008.

b. *Bearing* 1306

Tabel 4.8 Nilai *Anderson Darling* TTF Komponen *Bearing* 1306

Distribusi	Nilai OD
<b>Weibull</b>	<b>1,368</b>
Eksponensial	2,241
Normal	1,628
Lognormal	1,479

Untuk *Bearing* 1306, Pola distribusi yang sesuai adalah Weibull dengan nilai AD 1,368.



c. *Bearing 7207*Tabel 4.9 Nilai *Anderson Darling* TTF Komponen *Bearing 7207*

Distribusi	Nilai OD
Weibull	1,279
Eksponensial	1,858
Normal	1,463
<b>Lognormal</b>	<b>1,029</b>

Pola distribusi yang terpilih adalah Lognormal karena memiliki nilai AD terkecil yaitu 1,029.

#### 4.2.2 Penentuan Distribusi Waktu Perbaikan (TTR)

Penentuan waktu perbaikan komponen mesin sama dengan cara penentuan distribusi waktu antar kerusakan yaitu dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* dimana pola distribusi terpilih adalah dengan nilai AD yang terkecil. Nilai – nilai AD beserta distribusinya adalah sebagai berikut:

a. *Bearing 3211*Tabel 4.10 Nilai *Anderson Darling* TTR Komponen *Bearing 3211*

Distribusi	Nilai AD
Weibull	5,407
Eksponensial	7,84
Normal	2,656
<b>Lognormal</b>	<b>2,123</b>

Pola distribusi yang terpilih adalah Lognormal karena memiliki nilai AD terkecil yaitu 1,029.

b. *Bearing* 1306Tabel 4.11 Nilai *Anderson Darling* TTR Komponen *Bearing* 1306

Distribusi	Nilai AD
Weibull	6,089
Eksponensial	6,668
Normal	3,229
<b>Lognormal</b>	<b>2,424</b>

Pola distribusi yang sesuai dengan distribusi kerusakan adalah distribusi Lognormal, karena memiliki nilai AD terkecil yaitu 2,424.

c. *Bearing* 7207Tabel 4.12 Nilai *Anderson Darling* TTR Komponen *Bearing* 7207

Distribusi	Nilai AD
Weibull	6,228
Eksponensial	7,676
Normal	4,469
<b>Lognormal</b>	<b>3,332</b>

Untuk *Bearing* 1306, Pola distribusi yang sesuai adalah Lognormal dengan nilai AD 3,332.

#### 4.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*)

Setelah dipilih pola distribusi yang sesuai dengan distribusi kerusakan berdasarkan nilai AD terkecil, maka perlu dilakukan pengujian terhadap distribusi tersebut agar data yang ada benar – benar mendekati dan sesuai dengan distribusi yang telah dipilih.

Akan tetapi, apabila terjadi ketidaksesuaian pada pola distribusi yang terpilih, maka pilih kembali pola distribusi yang memiliki nilai AD terkecil kedua, uji kembali distribusi tersebut hingga uji yang dilakukan sesuai.

Setiap distribusi memiliki cara pengujian yang berbeda – beda dalam menentukan kesesuaiannya, pengujiannya antara lain:

- a. Uji *Kolmogorov – Smirnov* untuk menentukan kesesuaian distribusi Normal dan Lognormal dengan tingkat kepercayaan 5%.
- b. Uji *Mann's* untuk distribusi Weibull dengan tingkat kepercayaan 5%.
- c. Uji *Bartlett* untuk distribusi Eksponensial dengan tingkat kepercayaan 5%.

#### 4.2.4 Uji *Goodness of Fit* Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF)

- a. *Bearing* 3211

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing* 3211 adalah distribusi Lognormal, maka uji yang dilakukan adalah *Kolmogorov – Smirnov Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal

2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$

4. Mencari Nilai  $D_{hitung}$  dan  $D_{tabel}$ Tabel 4.13 *Kolmogorov – Smirnov Test* untuk Komponen *Bearing 3211*

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	$\Phi$	D1	D2
1	0	0,0667	343	5,8377	-1,1372	1,2933	-1,6198	0,0526	0,0526	0,0140
2	0,0667	0,1333	355	5,8721	-1,1029	1,2163	-1,5709	0,0581	-0,0086	0,0752
3	0,1333	0,2000	444	6,0958	-0,8791	0,7729	-1,2522	0,1052	-0,0281	0,0948
4	0,2000	0,2667	612	6,4167	-0,5582	0,3116	-0,7951	0,2133	0,0133	0,0534
5	0,2667	0,3333	838	6,7310	-0,2440	0,0595	-0,3475	0,3641	0,0975	-0,0308
6	0,3333	0,4000	909	6,8123	-0,1626	0,0264	-0,2316	0,4084	0,0751	-0,0084
7	0,4000	0,4667	1165	7,0605	0,0855	0,0073	0,1218	0,5485	0,1485	-0,0818
8	0,4667	0,5333	1170	7,0648	0,0898	0,0081	0,1279	0,5509	0,0842	-0,0175
9	0,5333	0,6000	1418	7,2570	0,2820	0,0795	0,4017	0,6561	0,1227	-0,0561
10	0,6000	0,6667	1431	7,2661	0,2912	0,0848	0,4147	0,6608	0,0608	0,0058
11	0,6667	0,7333	1902	7,5507	0,5757	0,3314	0,8200	0,7939	0,1272	-0,0606
12	0,7333	0,8000	2002	7,6019	0,6269	0,3930	0,8930	0,8141	0,0807	-0,0141
13	0,8000	0,8667	2690	7,8973	0,9223	0,8507	1,3137	0,9055	0,1055	-0,0389
14	0,8667	0,9333	3589	8,1856	1,2107	1,4657	1,7244	0,9577	0,0910	-0,0244
				97,6496		6,9006				

$$n = 14$$

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{97,6496}{14} = 6,9749$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - M)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{6,9006}{13}} = 0,7285$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - M}{s} \right) - \frac{i - 1}{n} \right\} = 0,0526$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left( \frac{t_i - M}{s} \right) \right\} = 0,0752$$

$D_{hitung}$  didapat dari nilai terbesar antara  $D_1$  dengan  $D_2$ , maka  $D_{hitung} = 0,14847$

$D_{tabel}$  didapat dari tabel D *Kolmogorov – Smirnov*, dengan nilai  $D_{tabel} = 0,349$

## 5. Kesimpulan

Karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$  yaitu dengan nilai  $0,14847 < 0,349$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Lognormal.

### b. Bearing 1306

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing* 1306 adalah distribusi Weibull, maka uji yang dilakukan adalah *Mann's Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

#### 1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull

#### 2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

#### 3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $M < F_{tabel}$

#### 4. Menentukan nilai M dan $F_{tabel}$

Tabel 4.14 *Mann's Test* untuk Komponen *Bearing* 1306

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$\frac{1-(i-0,5)}{(n+0,25)}$	$\frac{-\ln(1-(i-0,5))}{(n+0,25)}$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln(t_i)+1 - \ln(t_i)}{1 - \ln(t_i)}$	$\frac{\ln(t_i)+1 - \ln(t_i)}{M_i}$
1	221	5,3982	0,9649	0,0357	-3,3321	1,1359	0,4396	0,3870
2	343	5,8377	0,8947	0,1112	-2,1962	0,55063	0,0344	0,0625
3	355	5,8721	0,8246	0,1929	-1,6456	0,37919	0,8589	2,2651

Tabel 4.14 Lanjutan *Mann's Test* untuk Komponen *Bearing 1306*

i	ti	ln(ti)	$\frac{1-(i-0,5)}{(n+0,25)}$	$\frac{-\ln(1-(i-0,5))}{(n+0,25)}$	Zi	Mi	$\frac{\ln(ti)+1}{1 - \ln(ti)}$	$\frac{\ln(ti)+1}{1 - \ln(ti)/Mi}$
4		6,7310	0,7544	0,2819	-1,2664	0,29745	0,3034	1,0199
5	1135	7,0344	0,6842	0,3795	-0,9689	0,25088	0,0123	0,0489
6	1149	7,0466	0,6140	0,4877	-0,718	0,22222	0,0181	0,0815
7	1170	7,0648	0,5439	0,6091	-0,4958	0,20443	0,0709	0,3470
8	1256	7,1357	0,4737	0,7472	-0,2914	0,1944	0,0520	0,2673
9	1323	7,1877	0,4035	0,9076	-0,097	0,19105	0,0239	0,1251
10	1355	7,2116	0,3333	1,0986	0,09405	0,19488	0,0081	0,0415
11	1366	7,2196	0,2632	1,3350	0,28893	0,2089	0,3823	1,8298
12	2002	7,6019	0,1930	1,6452	0,49784	0,24274	0,2614	1,0767
13	2600	7,8633	0,1228	2,0971	0,74058	0,33934	0,3673	1,0824
14	3754	8,2306	0,0526	2,9444	1,07992	-1,0799	-8,2306	7,6215
								16,2562

$$r = 14$$

$$k_1 = \left\lfloor \frac{14}{2} \right\rfloor = 7; k_2 = \left\lceil \frac{14-1}{2} \right\rceil = 6,5$$

$$Z_{13} = \ln \left[ -\ln \left( 1 + \frac{13-0,5}{14+0,25} \right) \right] = \ln(2,0971) = 0,74058$$

$$Z_{14} = \ln \left[ -\ln \left( 1 + \frac{14-0,5}{14+0,25} \right) \right] = \ln(2,9444) = 1,07992$$

$$M_{13} = Z_{i+1} - Z_i = Z_{14} - Z_{13} = 1,07992 - 0,74058 = 0,33934$$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^k \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} = \frac{7(16,2562)}{6,5(16,256)} = 1,07692$$

$$v_1 = 2 \times k_1 = 2 \times 7 = 14; v_2 = 2 \times k_2 = 2 \times 6,5 = 13$$

$F_{\text{tabel}}$  didapat dari tabel F dengan  $F(0,05,13,14) = 2,50726$

1. Kesimpulan

Karena  $M < F_{\text{tabel}}$  yaitu dengan nilai  $1,07692 < 2,50726$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Weibul.

c. *Bearing* 7207

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing* 7207 adalah distribusi Lognormal, maka uji yang dilakukan adalah *Kolmogorov – Smirnov Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal

2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $D_{\text{hitung}} < D_{\text{tabel}}$

Tabel 4.15 *Kolmogorov – Smirnov Test* untuk Komponen *Bearing* 7207

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	$\Phi$	D1	D2
1	0	0,0667	343	5,8377	-1,1372	1,2933	-1,6198	0,0526	0,0526	0,0140
2	0,0667	0,1333	355	5,8721	-1,1029	1,2163	-1,5709	0,0581	-0,0086	0,0752
3	0,1333	0,2000	657	6,4877	-0,4873	0,2374	-0,6941	0,2438	0,1105	-0,0438
4	0,2000	0,2667	688	6,5338	-0,4412	0,1946	-0,6284	0,2649	0,0649	0,0018
5	0,2667	0,3333	823	6,7130	-0,2620	0,0687	-0,3732	0,3545	0,0878	-0,0212
6	0,3333	0,4000	829	6,7202	-0,2547	0,0649	-0,3629	0,3584	0,0250	0,0416
7	0,4000	0,4667	838	6,7310	-0,2440	0,0595	-0,3475	0,3641	-0,0359	0,1025

Tabel 4.15 Lanjutan *Kolmogorov – Smirnov Test* untuk Komponen *Bearing 7207*

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	$\Phi$	D1	D2
8	0,4667	0,5333	1170	7,0648	0,0898	0,0081	0,1279	0,5509	0,0842	-0,0175
9	0,5333	0,6000	1425	7,2619	0,2870	0,0823	0,4087	0,6586	0,1253	-0,0586
10	0,6000	0,6667	1599	7,3771	0,4022	0,1617	0,5728	0,7166	0,1166	-0,0500
11	0,6667	0,7333	1930	7,5653	0,5903	0,3485	0,8408	0,7998	0,1331	-0,0664
12	0,7333	0,8000	2331	7,7541	0,7791	0,6070	1,1097	0,8664	0,1331	-0,0664
13	0,8000	0,8667	2963	7,9940	1,0190	1,0383	1,4514	0,9267	0,1267	-0,0600
14	0,8667	0,9333	3649	8,2022	1,2272	1,5061	1,7480	0,9598	0,0931	-0,0264
				98,1148		6,8868				

$D_{hitung}$  didapat dari nilai terbesar antara  $D_1$  dengan  $D_2$ , maka  $D_{hitung} = 0,13311$

$D_{tabel}$  didapat dari tabel D *Kolmogorov – Smirnov*, dengan nilai  $D_{tabel} = 0,349$

#### 1. Kesimpulan

Karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$  yaitu dengan nilai  $0,3311 < 0,349$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Lognormal.

### 4.2.5 Uji Goodness of Fit Distribusi Data Waktu Perbaikan (TTF)

#### a. *Bearing 3211*

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing 3211* adalah distribusi Lognormal, maka uji yang dilakukan adalah *Kolmogorov – Smirnov Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

#### 1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal



2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

## 3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$

Tabel 4.16 Perhitungan mencari  $D_{hitung}$  untuk Komponen *Bearing* 3211

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	$\Phi$	D1	D2
1	0	0,0667	0,75	-0,2877	-0,338	0,1142	-1,4107	0,0792	0,0792	-0,0125
2	0,0667	0,1333	0,8333	-0,1823	-0,2326	0,0541	-0,9710	0,1658	0,0991	-0,0325
3	0,1333	0,2000	0,8333	-0,1823	-0,2326	0,0541	-0,9710	0,1658	0,0325	0,03422
4	0,2000	0,2667	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	0,2168	-0,1502
5	0,2667	0,3333	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	0,1502	-0,0835
6	0,3333	0,4000	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	0,0835	-0,0168
7	0,4000	0,4667	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	0,0168	0,04983
8	0,4667	0,5333	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	-0,0498	0,11649
9	0,5333	0,6000	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	-0,1165	0,18316
10	0,6000	0,6667	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	-0,1832	0,24983
11	0,6667	0,7333	1	0	-0,0503	0,0025	-0,2100	0,4168	-0,2498	0,31649
12	0,7333	0,8000	1,1667	0,1542	0,10384	0,0108	0,4334	0,6676	-0,0657	0,13236
13	0,8000	0,8667	1,1667	0,1542	0,10384	0,0108	0,4334	0,6676	-0,1324	0,19903
14	0,8667	0,9333	1,5	0,4055	0,35516	0,1261	1,4823	0,9309	0,0642	0,00246
15	0,9333	1,0000	2	0,6931	0,64284	0,4132	2,6831	0,99635	0,0630	0,00365
				0,7546		0,8037				

$D_{hitung}$  didapat dari nilai terbesar antara  $D_1$  dengan  $D_2$ , maka  $D_{hitung} = 0,31649$

$D_{tabel}$  didapat dari tabel D *Kolmogorov – Smirnov*, dengan nilai  $D_{tabel} = 0,338$

## 4. Kesimpulan

Karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$  yaitu dengan nilai  $0,31649 < 0,338$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Lognormal.

b. *Bearing* 1306

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing* 1306 adalah distribusi Lognormal, maka uji yang dilakukan adalah *Kolmogorov – Smirnov Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal

2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$

Tabel 4.17 Perhitungan mencari  $D_{hitung}$  untuk Komponen *Bearing* 3211

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	$\Phi$	D1	D2
1	0	0,0667	0,75	-0,2877	-0,3392	0,1150	-1,1452	0,1261	0,1261	-0,0594
2	0,0667	0,1333	0,8333	-0,1823	-0,2338	0,0547	-0,7895	0,2149	0,1483	-0,0816
3	0,1333	0,2000	0,8333	-0,1823	-0,2338	0,0547	-0,7895	0,2149	0,0816	-0,0149
4	0,2000	0,2667	0,83333	-0,1823	-0,2338	0,0547	-0,7895	0,2149	0,0149	0,05174
5	0,2667	0,3333	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	0,1643	-0,0977
6	0,3333	0,4000	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	0,0977	-0,031
7	0,4000	0,4667	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	0,0310	0,03568
8	0,4667	0,5333	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	-0,0357	0,10234
9	0,5333	0,6000	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	-0,1023	0,16901
10	0,6000	0,6667	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	-0,1690	0,23568
11	0,6667	0,7333	1	0	-0,0515	0,0027	-0,1739	0,4310	-0,2357	0,30234
12	0,7333	0,8000	1,3333	0,2877	0,23617	0,0558	0,7974	0,7874	0,0541	0,01261
13	0,8000	0,8667	1,5000	0,4055	0,35398	0,1253	1,1952	0,8840	0,0840	-0,0173

Tabel 4.17 Lanjutan Perhitungan mencari  $D_{hitung}$  untuk Komponen *Bearing* 3211

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	(ti-M)	$(t_i-M)^2$	$Z_i = (t_i-M)/s$	$\Phi$	D1	D2
14	0,8667	0,9333	2	0,6931	0,64166	0,4117	2,1665	0,9849	0,1182	-0,0515
15	0,9333	1,0000	2,5	0,9163	0,8648	0,7479	2,9199	0,99825	0,0649	0,00175
				1,4679		1,6383				

$D_{hitung}$  didapat dari nilai terbesar antara  $D_1$  dengan  $D_2$ , maka  $D_{hitung} = 0,3023$

$D_{tabel}$  didapat dari tabel D *Kolmogorov – Smirnov*, dengan nilai  $D_{tabel} = 0,338$

#### 4. Kesimpulan

Karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$  yaitu dengan nilai  $0,3023 < 0,338$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Lognormal.

#### c. *Bearing* 7207

Distribusi yang dipilih untuk komponen *bearing* 7207 adalah distribusi Lognormal, maka uji yang dilakukan adalah *Kolmogorov – Smirnov Test*. Langkah – langkah pengujiannya adalah:

##### 1. Menentukan Hipotesis

$H_0$  : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal

$H_1$  : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal

##### 2. Menentukan tingkat Signifikansi ( $\alpha$ )

Tingkat Signifikansi yang dipakai adalah 5% ( $\alpha = 0,05$ )

##### 3. Menentukan Daerah Kritis

$H_0$  diterima jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$

Tabel 4.18 Perhitungan mencari  $D_{hitung}$  untuk Komponen *Bearing* 7207

i	(i-1)/n	i/n	$t_i'$	$t_i = \ln t_i'$	( $t_i - M$ )	( $t_i - M$ ) <sup>2</sup>	$Z_i = (t_i - M)/s$	( $Z_i$ )	D1	D2
1	0	0,0667	0,83333	-0,1823	-0,2275	0,0518	-0,8705	0,1920	0,1920	-0,1254
2	0,0667	0,1333	0,8333	-0,1823	-0,2275	0,0518	-0,8705	0,1920	0,1254	-0,0587
3	0,1333	0,2000	0,8333	-0,1823	-0,2275	0,0518	-0,8705	0,1920	0,0587	0,00798
4	0,2000	0,2667	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	0,2314	-0,1647
5	0,2667	0,3333	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	0,1647	-0,098
6	0,3333	0,4000	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	0,0980	-0,0314
7	0,4000	0,4667	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	0,0314	0,03529
8	0,4667	0,5333	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	-0,0353	0,10196
9	0,5333	0,6000	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	-0,1020	0,16862
10	0,6000	0,6667	1	0	-0,0452	0,0020	-0,1729	0,4314	-0,1686	0,23529
11	0,6667	0,7333	1,16667	0,15415	0,10897	0,0119	0,4170	0,6616	-0,0050	0,07169
12	0,7333	0,8000	1,1667	0,1542	0,10897	0,0119	0,4170	0,6616	-0,0717	0,13835
13	0,8000	0,8667	1,5000	0,4055	0,36029	0,1298	1,3786	0,9160	0,1160	-0,0493
14	0,8667	0,9333	2	0,6931	0,64797	0,4199	2,4793	0,9934	0,1268	-0,0601
15	0,9333	1,0000	2,5	0,9163	0,87111	0,7588	3,3331	0,9996	0,0662	0,00043
				1,7762		1,5018				

$D_{hitung}$  didapat dari nilai terbesar antara  $D_1$  dengan  $D_2$ , maka  $D_{hitung} = 0,23529$

$D_{tabel}$  didapat dari tabel *D Kolmogorov – Smirnov*, dengan nilai  $D_{tabel} = 0,338$

#### 4. Kesimpulan

Karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$  yaitu dengan nilai  $0,23529 < 0,338$ , maka  $H_0$  diterima dan data berdistribusi Lognormal.

#### 4.2.6 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF)

##### a. *Bearing* 3211

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing* 3211 adalah Lognormal, maka untuk menentukan nilai MTTF, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1441,7 jam.

##### b. *Bearing* 1306

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing* 1306 adalah Weibull, maka untuk menentukan nilai MTTF, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

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

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1353,78 jam.

##### c. *Bearing* 7207

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing* 3211 adalah Lognormal, maka untuk menentukan nilai MTTF, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1487,94 jam.

#### 4.2.7 Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR)

##### a. Bearing 3211

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing 3211* adalah Lognormal, maka untuk menentukan nilai MTTR, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1,07946 jam.

##### b. Bearing 1306

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing 3211* adalah Lognormal, maka untuk menentukan nilai MTTR, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1,0923 jam.

c. *Bearing* 7207

Distribusi untuk data waktu perbaikan komponen *Bearing* 3211 adalah Lognormal, maka untuk menentukan nilai MTTR, digunakan parameter dari distribusi Lognormal dengan rumus:

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan Minitab 16, didapat nilai MTTR = 1,06976 jam.

#### 4.2.8 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Bagian *Maintenance*

Gaji tenaga kerja bagian *maintenance* perorang setiap bulannya dalah sebesar Rp 850.000 dengan lama kerja pershiftnya adalah 8 jam. Pembagian shift karyawan *maintenance* adalah ada 1 minggu shift pagi, 1 minggu shift siang, 1 minggu shift malam, dan 1 hari libur disela – sela penggantian *shift*, maka dalam satu bulan ada 25 hari shift kerja dan 3 hari libur, Jadi jumlah kerja pershiftnya adalah:

$$25 \text{ hari} \times 8 \text{ jam} = 200 \text{ jam kerja/bulan}$$

Sehingga biaya tenaga kerja *maintenance*:

$$\text{Biaya Tenaga Kerja} = \frac{\text{Gaji 1 bulan perorang}}{\text{Jam kerja 1 bulan}} = \frac{850.000}{200}$$

$$\text{Biaya Tenaga Kerja} = \text{Rp } 4.250/\text{orang/jam}$$

Jumlah tenaga kerja dan biaya yang diperlukan untuk setiap komponen dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.19 Biaya Tenaga Kerja *Maintenance*

Nama Mesin	Komponen	Jumlah Tenaga Kerja	Biaya Tenaga Kerja/Jam
<i>Ring spinning</i>	<i>Bearing 1306 ETN9</i>	1	Rp 4.250
	<i>Bearing 7207 BECBM</i>	1	Rp 4.250
	<i>Bearing 3211 A</i>	1	Rp 4.250

#### 4.2.9 Perhitungan Biaya Kehilangan Produksi

Biaya kehilangan produksi adalah biaya yang muncul akibat berhentinya suatu mesin produksi dikarenakan mengalami kerusakan dan perlu adanya penanganan seperti perawatan atau perbaikan pada waktu produksi sehingga menghambat atau bahkan menghentikan suatu proses produksi. Perhitungan biaya ini bisa dilakukan dengan mengetahui nilai output mesin per satuan waktu dikali dengan laba produk per kilogram. Produk akhir yang dihasilkan adalah benang dengan satuan Bale. Kapasitas produksi benang perbulannya adalah 181 Bale/mesin. Sedangkan harga 1 Bale benang adalah Rp 7.050.000 dengan profit 5% per harga jual. Maka, biaya kehilangan produksi benang selama waktu perbaikan komponen untuk proses *Ring Frame*, adalah:

$$\text{Biaya kehilangan produksi/jam} = \text{Laba/Kg} \times \text{Output/Jam}$$

$$= \text{Rp } 1.892,7191 \times 50,1628 \text{ kg/jam}$$

$$= \text{Rp } 94.944$$



Keterangan:

1 Bale = 186,24 kg; Harga jual 1 Bale benang = Rp 7.050.000; Profit = 5% Harga Jual

$$\begin{aligned} \text{Laba/Kg} &= (\text{Rp } 7.050.000 \times 5\%) / 186,24 \text{ Kg} \\ &= \text{Rp } 1.892,7191 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi = 181 Bale/Bulan/Mesin

$$1 \text{ jam} = 181 \text{ bale} / 672 = 0,2693 \text{ Bale}$$

$$\begin{aligned} \text{Output/Jam} &= 0,2693 \text{ Bale} \times 186,24 \text{ kg} \\ &= 50,1628 \text{ kg/jam.} \end{aligned}$$

#### 4.2.10 Perhitungan Biaya Penggantian Komponen

Biaya Komponen yang akan dihitung adalah biaya *corective maintenance*, yaitu biaya untuk penggantian komponen setelah mesin mengalami kerusakan, dan biaya *preventive maintenance*, adalah biaya penggantian yang dibutuhkan sebelum komponen mesin mengalami kerusakan. Adapun rekapitulasi biaya tiap komponen dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.20 Biaya Penggantian Komponen Dengan *Corective Maintenance*

Mesin	Spare Part	a (Rp/Jam)	b (Rp/Jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cf (Rp)
Ring Spinning	Bearing 3211	Rp 4.250	Rp 94.944	2	Rp 609.000	Rp807.388
	Bearing 1306	Rp 4.250	Rp 94.944	2,5	Rp 195.000	Rp442.985
	Bearing 7207	Rp 4.250	Rp 94.944	2,5	Rp 488.000	Rp735.985
Total						Rp1.986.358

Keterangan:

a = Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)

b = Biaya Kehilangan Produksi (Rp/Kg/Jam)

c = Waktu Penggantian Korektif (Jam)

d = Harga Komponen per Unit (Rp)

Cf = Biaya Penggantian Secara Korektif (*Cost of Failure*) (Rp)

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

Tabel 4.21 Biaya Penggantian Komponen Dengan *Preventive Maintenance*

Mesin	Spare Part	a (Rp/Jam)	b (Rp/Jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cp (Rp)
Ring Spinning	Bearing 3211	Rp 4.250	Rp94.944	1,07946	Rp 609.000	Rp 716.076
	Bearing 1306	Rp 4.250	Rp94.944	1,0923	Rp 195.000	Rp 303.350
	Bearing 7207	Rp 4.250	Rp94.944	1,06976	Rp 488.000	Rp 594.114
Total						Rp 1.613.539

Keterangan:

a = Biaya Tenaga Kerja (Rp/Jam)

b = Biaya Kehilangan Produksi (Rp/Kg/Jam)

c = Waktu Penggantian Preventif (Jam)

d = Harga Komponen per Unit (Rp)

Cp = Biaya Penggantian Secara Preventif (*Cost of Preventive*) (Rp)

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

#### 4.2.11 Perhitungan Interval Waktu Penggantian (tp) Berdasarkan Total Biaya Terkecil.

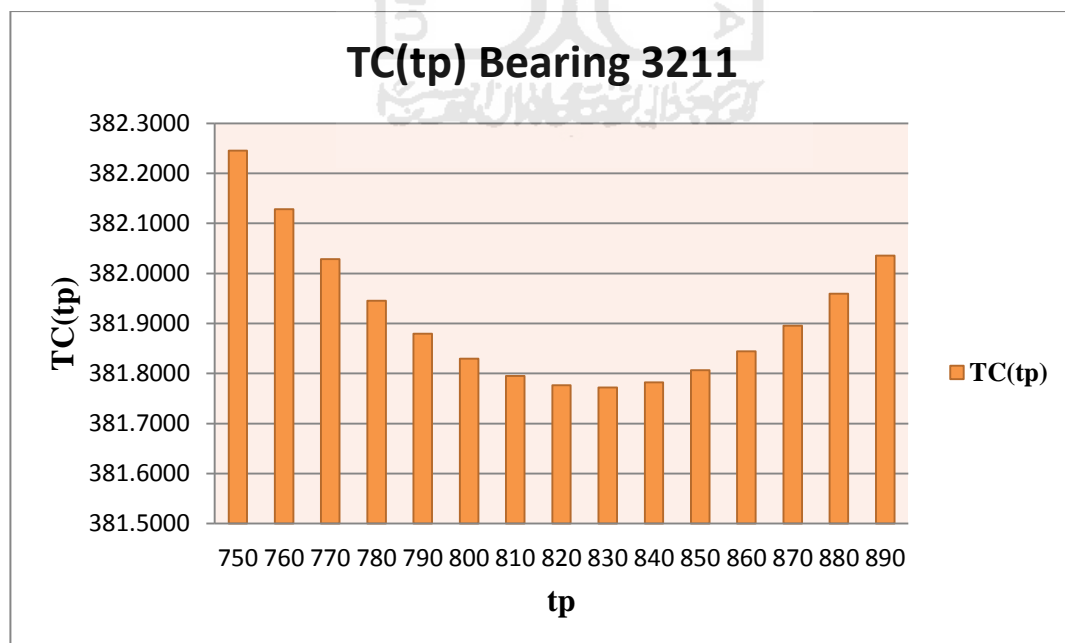
Perawatan pencegahan yang optimal dapat diketahui dengan menentukan total biaya penggantian terkecil pada selang waktu yang terbaik, untuk mencari total biaya  $TC(tp)$ , dilakukan perhitungan secara *trial and error* sehingga ditemukan total biaya yang terkecil. Perhitungan  $tp$  untuk masing – masing komponen adalah sebagai berikut:

##### a. Bearing 3211

Perhitungan dilakukan dengan kondisi awal  $tp = 750$  jam

MTTF = 1441,7 jam;  $s = 0,772797$ ;  $t_{med} = 1069,53$

MTTR =  $T_f = T_p = 1,07946$



Gambar 4.1 Grafik D(tp) Bearing 3211

Tabel 4.22 Selang Waktu Pergantian Pencegahan Komponen *Bearing* 3211

tp	t/tmed	ln (t/tmed)	1/s. ln (t/tmed)	F(tp) = $\Phi$ 1/s. ln (t/tmed)	R(tp) = 1- F(tp)	F(tp) = 1- R(tp)	Cp	Cf	a = Cp.R(tp)	b = Cf.F(tp)	c = (tp+Tp) .R(tp)	M(tp)+Tf	d = M(tp) +Tf.F(tp)	TC(tp)	M(Tp)
750	0,701	-0,3549	-0,4592	0,3230	0,6770	0,3230	716076	807388	484761,976	260810,5	508,4583	4464,1331	1442,0487	382,2455	4463,05
760	0,711	-0,3417	-0,4421	0,3292	0,6708	0,3292	716076	807388	480338,589	265797,95	510,5266	4380,3882	1442,0554	382,1281	4379,31
770	0,720	-0,3286	-0,4252	0,3353	0,6647	0,3353	716076	807388	475940,034	270757,4	512,4981	4300,1726	1442,0620	382,0284	4299,09
780	0,729	-0,3157	-0,4085	0,3415	0,6585	0,3415	716076	807388	471567,095	275687,96	514,3747	4223,2852	1442,0686	381,9457	4222,21
790	0,739	-0,3029	-0,3920	0,3475	0,6525	0,3475	716076	807388	467220,501	280588,82	516,1583	4149,5387	1442,0751	381,8796	4148,46
800	0,748	-0,2904	-0,3757	0,3536	0,6464	0,3536	716076	807388	462900,931	285459,21	517,8507	4078,7593	1442,0817	381,8296	4077,68
810	0,757	-0,2779	-0,3597	0,3596	0,6404	0,3596	716076	807388	458609,011	290298,42	519,4538	4010,7853	1442,0881	381,7953	4009,71
820	0,767	-0,2657	-0,3438	0,3655	0,6345	0,3655	716076	807388	454345,322	295105,81	520,9693	3945,4657	1442,0945	381,7762	3944,39
<b>830</b>	<b>0,776</b>	<b>-0,2535</b>	<b>-0,3281</b>	<b>0,3714</b>	<b>0,6286</b>	<b>0,3714</b>	<b>716076</b>	<b>807388</b>	<b>450110,399</b>	<b>299880,76</b>	<b>522,3992</b>	<b>3882,6599</b>	<b>1442,1009</b>	<b>381,7720</b>	<b>3881,58</b>
840	0,785	-0,2416	-0,3126	0,3773	0,6227	0,3773	716076	807388	445904,732	304622,72	523,7452	3822,2366	1442,1073	381,7822	3821,16
850	0,795	-0,2297	-0,2973	0,3831	0,6169	0,3831	716076	807388	441728,773	309331,18	525,0089	3764,0731	1442,1136	381,8064	3762,99
860	0,804	-0,2180	-0,2821	0,3889	0,6111	0,3889	716076	807388	437582,931	314005,69	526,1923	3708,0546	1442,1198	381,8442	3706,98
870	0,813	-0,2065	-0,2672	0,3947	0,6053	0,3947	716076	807388	433467,582	318645,82	527,2970	3654,0735	1442,1260	381,8953	3652,99
880	0,823	-0,1951	-0,2524	0,4004	0,5996	0,4004	716076	807388	429383,063	323251,19	528,3247	3602,0292	1442,1322	381,9593	3600,95
890	0,832	-0,1838	-0,2378	0,4060	0,5940	0,4060	716076	807388	425329,677	327821,45	529,2770	3551,8273	1442,1383	382,0358	3550,75

Langkah perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$a. F(tp) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{tp}{t_{med}}\right) = F(830) = \Phi\left(\frac{1}{0,772797} \ln \frac{830}{1069,53}\right)$$

$F(830) = \Phi(-0,3281) = 0,3714$ , Dimana nilai 0,3714 didapat dari table *standardized normal probability*.

$$b. R(tp) = 1 - F(tp) = R(830) = 1 - 0,3714 = 0,6286$$

$$c. M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)} = M(830) = \frac{1441,7}{1-0,6286} = 3881,7986$$

$$d. C_p = 716076; C_f = 807388$$

$$e. tp = [(tp + T_p) \times R(tp)] + [(M(tp) + T_f) \times (1-R(tp))]$$

$$tp = [(830 + 1,07946) \times 0,6286] + [(3881,7986 + 1,07946) \times (1 - 0,6286)] = 1964,5$$

$$f. TC(tp) = \frac{[C_p \times R(tp)] + [C_f \times F(tp)]}{T_p}$$

$$TC(830) = \frac{[716076 \times 0,6286] + [807388 \times 0,3714]}{1964,5} = 381,772$$

Dari tabel, didapat:

$$TC(tp) = \text{Rp } 381,7720/\text{jam}$$

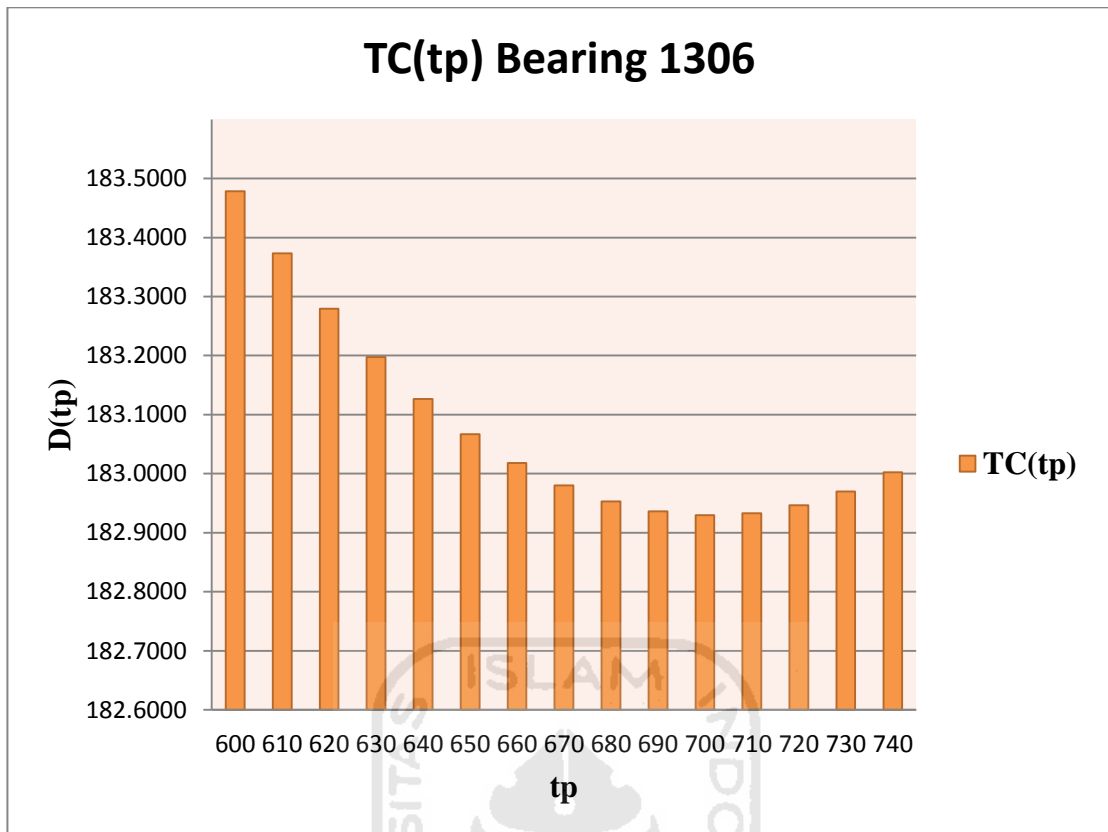
$$\text{Age Replacement} = 830 \text{ jam}$$

b. *Bearing* 1306

Perhitungan dilakukan dengan kondisi awal  $tp = 600$  jam

$$MTTF = 1353,78 \text{ jam}; \theta = 1500,82; \beta = 1,51004$$

$$MTTR = t_f = t_p = 1,09226$$



Gambar 4.2 Grafik  $D(tp)$  Bearing 1306

Tabel 4.23 Selang Waktu Pergantian Pencegahan Komponen *Bearing* 1306

tp	$a = tp/\theta$	$b = -(a^\beta)$	$R(tp) = \exp(b)$	$F(tp) = 1 - R(tp)$	Cp	Cf	$a = Cp \cdot R(tp)$	$b = Cf \cdot F(tp)$	$c = (tp+Tp) \cdot R(tp)$	$M(tp) + Tf$	$d = M(tp) + Tf \cdot F(tp)$	TC(tp)	M(Tp)
600	0,400	-0,2505	0,7784	0,2216	303350	442985	236140,5	98146,177	467,9164	6111,4091	1354,022	183,4786	6110,32
610	0,406	-0,2568	0,7735	0,2265	303350	442985	234650,5	100322,15	472,6991	5978,8774	1354,0274	183,3732	5977,79
620	0,413	-0,2632	0,7686	0,2314	303350	442985	233157,4	102502,48	477,3775	5851,7236	1354,0327	183,2795	5850,63
630	0,420	-0,2696	0,7637	0,2363	303350	442985	231661,6	104686,78	481,9517	5729,6494	1354,0381	183,1973	5728,56
640	0,426	-0,2761	0,7587	0,2413	303350	442985	230163,4	106874,66	486,4222	5612,3778	1354,0435	183,1265	5611,29
650	0,433	-0,2826	0,7538	0,2462	303350	442985	228663	109065,72	490,7892	5499,6507	1354,0489	183,0669	5498,56
660	0,440	-0,2892	0,7488	0,2512	303350	442985	227160,7	111259,59	495,0531	5391,2275	1354,0543	183,0182	5390,14
670	0,446	-0,2959	0,7439	0,2561	303350	442985	225656,7	113455,9	499,2143	5286,8839	1354,0597	182,9803	5285,79
680	0,453	-0,3026	0,7389	0,2611	303350	442985	224151,3	115654,28	503,2731	5186,4104	1354,0652	182,9530	5185,32
690	0,460	-0,3093	0,7340	0,2660	303350	442985	222644,7	117854,38	507,2299	5089,611	1354,0706	182,9361	5088,52
<b>700</b>	<b>0,466</b>	<b>-0,3161</b>	<b>0,7290</b>	<b>0,2710</b>	<b>303350</b>	<b>442985</b>	<b>221137,1</b>	<b>120055,86</b>	<b>511,0853</b>	<b>4996,3024</b>	<b>1354,076</b>	<b>182,9295</b>	<b>4995,21</b>
710	0,473	-0,3229	0,7240	0,2760	303350	442985	219628,9	122258,36	514,8396	4906,3129	1354,0815	182,9329	4905,22
720	0,480	-0,3298	0,7190	0,2810	303350	442985	218120,2	124461,56	518,4934	4819,4815	1354,0869	182,9463	4818,39
730	0,486	-0,3368	0,7141	0,2859	303350	442985	216611,2	126665,12	522,0471	4735,657	1354,0923	182,9695	4734,56
740	0,493	-0,3438	0,7091	0,2909	303350	442985	215102,2	128868,74	525,5012	4654,6976	1354,0977	183,0023	4653,61

Langkah perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$a. F(tp) = 1 - e^{-\left(\frac{tp}{\theta}\right)^\beta} = F(700) = 1 - e^{-\left(\frac{700}{1500,82}\right)^{1,51004}} = 1 - 0,729 = 0,271$$

$$b. R(tp) = e^{-\left(\frac{tp}{\theta}\right)^\beta} = R(700) = e^{-\left(\frac{700}{1500,82}\right)^{1,51004}} = 0,729$$

$$c. M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)} = M(700) = \frac{1353,78}{1-0,729} = 4995,49$$

$$d. C_p = 716076; C_f = 807388$$

$$e. tp = [(tp + T_p) \times R(tp)] + [(M(tp) + T_f) \times (1-R(tp))]$$

$$tp = [(700 + 1,09226) \times 0,729] + [(4995,49 + 1,09226) \times (1 - 0,729)] = 1865,1613$$

$$f. TC(tp) = \frac{C_p \times R(tp) + C_f \times F(tp)}{T_p}$$

$$TC(830) = \frac{[716076 \times 0,729] + [807388 \times 0,271]}{1865,1613} = 182,9295$$

Dari tabel, didapat:

$$TC(tp) = \text{Rp } 182,9295/\text{jam}$$

$$\text{Age Replacement} = 700 \text{ jam}$$

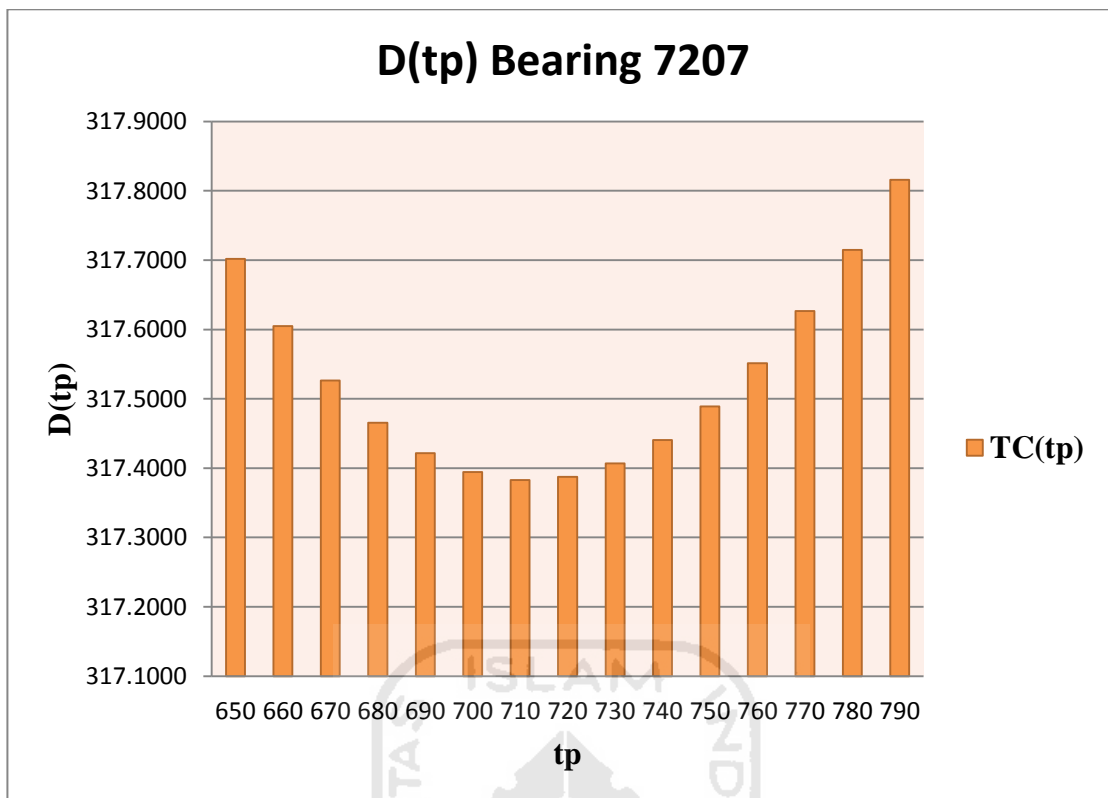
c. Bearing 7207

Perhitungan dilakukan dengan kondisi awal  $tp = 800$  jam

$$MTTF = 1487,94 \text{ jam}; s = 0,770615; t_{med} = 1105,69$$

$$MTTR = t_f = t_p = 1,06976$$





Gambar 4.3 Grafik D(tp) Bearing 7207

Tabel 4.24 Selang Waktu Penggantian Komponen *Bearing* 7207

tp	t/tmed	ln (t/tmed)	1/s.ln (t/tmed)	F(tp) = $\Phi$ 1/s. ln (t/tmed)	R(tp) = 1- F(tp)	F(tp) = 1- R(tp)	Cp	Cf	a = Cp. R(tp)	b = Cf. F(tp)	c = (tp+Tp). R(tp)	M(tp)+ Tf	d = M(tp)+ Tf.F(tp)	TC(tp)	M(Tp)
650	0,5879	-0,5313	-0,6894	0,2453	0,7547	0,2453	594114	735985	448383,8046	180529,5146	491,3691	6067,1223	1488,2024	317,7017	6066,05
660	0,5969	-0,5160	-0,6696	0,2516	0,7484	0,2516	594114	735985	444656,0297	185147,4624	494,7683	5915,8228	1488,2091	317,6050	5914,75
670	0,6060	-0,5009	-0,6501	0,2578	0,7422	0,2578	594114	735985	440935,6477	189756,252	498,0504	5772,1656	1488,2158	317,5264	5771,1
680	0,6150	-0,4861	-0,6308	0,2641	0,7359	0,2641	594114	735985	437223,9371	194354,2994	501,2171	5635,6326	1488,2225	317,4654	5634,56
690	0,6240	-0,4715	-0,6119	0,2703	0,7297	0,2703	594114	735985	433522,1092	198940,1042	504,2705	5505,7493	1488,2292	317,4215	5504,68
700	0,6331	-0,4571	-0,5932	0,2765	0,7235	0,2765	594114	735985	429831,3104	203512,2463	507,2122	5382,0802	1488,2358	317,3942	5381,01
<b>710</b>	<b>0,6421</b>	<b>-0,4430</b>	<b>-0,5748</b>	<b>0,2827</b>	<b>0,7173</b>	<b>0,2827</b>	<b>594114</b>	<b>735985</b>	<b>426152,6246</b>	<b>208069,3827</b>	<b>510,0441</b>	<b>5264,2253</b>	<b>1488,2424</b>	<b>317,3829</b>	<b>5263,16</b>
720	0,6512	-0,4290	-0,5567	0,2889	0,7111	0,2889	594114	735985	422487,0759	212610,2451	512,7682	5151,8165	1488,2490	317,3872	5150,75
730	0,6602	-0,4152	-0,5388	0,2950	0,7050	0,2950	594114	735985	418835,6306	217133,6362	515,3862	5044,5146	1488,2556	317,4067	5043,44
740	0,6693	-0,4016	-0,5211	0,3011	0,6989	0,3011	594114	735985	415199,1996	221638,4277	517,9001	4942,0068	1488,2622	317,4407	4940,94
750	0,6783	-0,3882	-0,5037	0,3072	0,6928	0,3072	594114	735985	411578,6409	226123,5566	520,3116	4844,0040	1488,2687	317,4890	4842,93
760	0,6874	-0,3749	-0,4865	0,3133	0,6867	0,3133	594114	735985	407974,7613	230588,0236	522,6225	4750,2389	1488,2752	317,5511	4749,17
770	0,6964	-0,3618	-0,4695	0,3193	0,6807	0,3193	594114	735985	404388,3189	235030,8896	524,8348	4660,4638	1488,2816	317,6265	4659,39
780	0,7054	-0,3489	-0,4528	0,3253	0,6747	0,3253	594114	735985	400820,0247	239451,2736	526,9502	4574,4492	1488,2880	317,7149	4573,38
790	0,7145	-0,3362	-0,4363	0,3313	0,6687	0,3313	594114	735985	397270,545	243848,3502	528,9706	4491,9819	1488,2944	317,8159	4490,91

Dari tabel, didapat:

$$TC(tp) = \text{Rp } 317,3829/\text{jam}$$

$$Age Replacement = 710 \text{ jam.}$$

Setelah diketahui waktu penggantian dari  $TC(tp)$  terkecil, maka perlu diketahui total biaya perbaikan yang harus dikeluarkan perusahaan setiap kali terjadi kerusakan minimum sesuai dengan *Age Replacement* masing – masing komponen. Total biaya masing – masing komponen dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.25 Selang Waktu Penggantian *Preventive Maintenance*

Nama Mesin	Komponen	tp (Jam)	TC (Rp/Jam)
<i>Ring spinning</i>	<i>Bearing 1306 ETN9</i>	700	182,9295
	<i>Bearing 7207 BECBM</i>	710	317,3829
	<i>Bearing 3211 A</i>	830	381,7720

#### 4.2.12 Penentuan Interval Waktu Penggantian ( $tp$ ) Gabungan

Setelah nilai  $tp$  untuk tiap komponen diketahui, kemudian perlu dicari interval waktu penggantian gabungan untuk tiap komponen. Hal ini dilakukan dengan tujuan penggantian komponen dapat dilakukan secara bersama – sama dengan komponen lainnya sehingga dapat menghemat biaya penggantian. Penentuan  $tp$  gabungan dihitung berdasarkan selang waktu penggantian komponen yang sama atau yang terkecil. Sedangkan untuk waktu perbaikannya dipilih waktu perbaikan terlama agar pada saat dilakukan pemnongkaran hingga pemasangan komponen kembali, waktu

perbaikannya tidak berkurang. Adapun komponen yang digabungkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.26 tp Gabungan Tiap Komponen

Nama Mesin	Komponen	Modul	MTTR	tp (Jam)
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 7207 BECBM</i>	1	1,0923	700
	<i>Bearing 1306 ETN9</i>			
	<i>Bearing 3211 A</i>			

Dari tabel dapat dilihat bahwa seluruh komponen dijadikan 1 modul pengerjaan dimana *Bearing 7207*, *Bearing 1306* dan bearing 3211 pengerjaannya dilakukan secara bersamaan dikerjakan dengan waktu penggantian selama 700 jam dengan waktu perbaikan 1,0889 jam.

#### 4.2.13 Perhitungan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan

Pemeriksaan secara berkala (*Scouring*) di Stasiun *Ring spinning* telah dilakukan untuk kelancaran proses produksi dan mengantisipasi terjadinya cacat produk, sedangkan khusus untuk pemeriksaan komponen – komponen mesin masih belum dilakukan, oleh karena itu perlu diketahui Frekuensi dan Interval waktu perbaikan agar komponen – komponen mesin juga dapat di periksa secara berkala.

##### a. *Bearing 3211*

##### 1. Perhitungan Jumlah Kerusakan (K)

Frekuensi kerusakan = 15 kali; Periode penelitian = 27 Bulan

$$K = \frac{\text{frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode penelitian}} = \frac{15}{27} = 0,55556$$

##### 2. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Penggantian ( $T_f$ )

MTTR = 1,07946; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$\mu = \frac{MTTR}{Jam\ Kerja/Bulan} = \frac{1,07946}{200} = 0,00539$$

$$T_f = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,00539} = 185,2778$$

3. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Pemeriksaan ( $T_i$ )

Waktu Pemeriksaan = 0,25 Jam; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$i = \frac{Waktu\ Pemeriksaan}{Jam\ Kerja/Bulan} = \frac{0,25}{200} = 0,00125$$

$$T_i = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,00125} = 800\ Jam$$

4. Perhitungan Frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (1/n)

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,55556 \cdot 800}{185,2778}} = 1,548812 = 2\ kali$$

$$Interval\ Pemeriksaan = \frac{1}{n} \times Jam\ Kerja = \frac{1}{2} \times 200 = 100\ Jam$$

- b. *Bearing* 1306

1. Perhitungan Jumlah Kerusakan (K)

Frekuensi kerusakan = 15 kali; Periode penelitian = 27 Bulan

$$K = \frac{frekuensi\ jumlah\ mesin}{periode\ penelitian} = \frac{15}{27} = 0,55556$$

2. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Penggantian ( $T_f$ )

MTTR = 1,09226; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$\mu = \frac{MTTR}{Jam\ Kerja/Bulan} = \frac{1,09226}{200} = 0,004461$$

$$T_f = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,004461} = 224,1649$$

3. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Pemeriksaan ( $T_i$ )

Waktu Pemeriksaan = 0,25 Jam; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$i = \frac{\text{Waktu Pemeriksaan}}{\text{Jam Kerja/Bulan}} = \frac{0,25}{200} = 0,00125$$

$$T_i = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,00125} = 800 \text{ Jam}$$

4. Perhitungan Frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (1/n)

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,55556 \cdot 800}{224,1649}} = 1,408 = 2 \text{ kali}$$

$$\text{Interval Pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times \text{Jam Kerja} = \frac{1}{2} \times 200 = 100 \text{ Jam}$$

- c. Bearing 7207

1. Perhitungan Jumlah Kerusakan (K)

Frekuensi kerusakan = 15 kali; Periode penelitian = 27 Bulan

$$K = \frac{\text{frekuensi jumlah mesin}}{\text{periode penelitian}} = \frac{15}{27} = 0,55556$$

2. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Penggantian ( $T_f$ )

MTTR = 1,06976; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$\mu = \frac{\text{MTTR}}{\text{Jam Kerja/Bulan}} = \frac{1,06976}{200} = 0,00534$$

$$T_f = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,00534} = 187,2659$$

3. Waktu Rata – Rata Untuk Melakukan Pemeriksaan ( $T_i$ )

Waktu Pemeriksaan = 0,25 Jam; Jam Kerja/Bulan = 200 Jam;

$$i = \frac{\text{Waktu Pemeriksaan}}{\text{Jam Kerja/Bulan}} = \frac{0,25}{200} = 0,00125$$

$$T_i = \frac{1}{i} = \frac{1}{0,00125} = 800 \text{ Jam}$$

4. Perhitungan Frekuensi (n) dan Interval Pemeriksaan (1/n)

$$n = \sqrt{\frac{k.i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,55556.800}{187,2659}} = 1,5405 = 2 \text{ kali}$$

$$\text{Interval Pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times \text{Jam Kerja} = \frac{1}{2} \times 200 = 100 \text{ Jam}$$

#### 4.2.14 Perhitungan Keandalan (*Reliability*) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan perawatan Pencegahan

Keandalan (*Reliability*) dihitung menggunakan distribusi data yang telah terpilih sebelumnya sesuai sebelumnya untuk masing – masing komponen kritis.

##### a. *Bearing* 3211

Distribusi yang terpilih untuk *Bearing* 3211 sesuai dengan *Mean Time to Failure* mengikuti distribusi Lognormal dengan nilai t dimulai dari 830 jam, diketahui:

$$\text{MTTF} = 1441,7 \text{ jam}; t_{\text{med}} = 1069,53; s = 0,772797; t_p = 830$$

Tabel 4.27 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif *Bearing* 3211

t (jam)	N	Sekarang	Usulan
830	1	0,6286	1
1000	1	0,5347	0,9913
1200	1	0,4408	0,9152
1600	1	0,3011	0,6647
1660	2	0,2847	1
1900	2	0,2286	0,9734
2000	2	0,2090	0,9310
2200	2	0,1753	0,8117
2400	2	0,1478	0,6832

Contoh perhitungan kenadalan dengan menggunakan distribusi Lognormal pada nilai  $t = 1000$  jam:

1. Reliability Kondisi Sekarang (Sebelum Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,772797} \ln \frac{1000}{1069,53}\right) = 1 - \Phi(-0,087)$$

$R(t) = 1 - 0,4653 = 0,5347$  Dimana nilai 0,4653 didapat dari table *standardized normal probabilities*.

2. Reliability Kondisi Usulan (Setelah Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t - nT) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,772797} \ln \frac{1000 - (1 \times 830)}{1069,53}\right)$$

$$R(t - nT) = 1 - \Phi(-2,38) = 1 - (0,009) = 0,9913$$

Dimana nilai 0,009 didapat dari table *standardized normal probabilities*.

b. *Bearing* 1306

Distribusi yang terpilih untuk *Bearing* 1306 sesuai dengan *Mean Time to Failure* mengikuti distribusi Weibull dengan nilai  $t$  dimulai dari 700, diketahui:

$$MTTF = 1353,78 \text{ jam}; \theta = 1500,82$$

$$\beta = 1,51004; t_p = 700$$



Tabel 4.28 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif *Bearing*

1306

t (jam)	N	Sekarang	Usulan
700	1	0,7290	1
850	1	0,6546	0,9696
1000	1	0,5818	0,9158
1300	1	0,4471	0,7784
1400	2	0,4064	1
1650	2	0,3154	0,9354
1800	2	0,2682	0,8730
1950	2	0,2265	0,8028
2100	2	0,1900	0,7290

Contoh perhitungan kenadalan dengan menggunakan distribusi Weibull pada nilai  $t = 850$  jam:

1. Reliability Kondisi Sekarang (Sebelum Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{850}{1500,82}\right)^{1,51004}\right]} = e^{-0,4238} = 0,6546$$

2. Reliability Kondisi Usulan (Setelah Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t - nT) = e^{\left[-\left(\frac{850-(1 \times 700)}{1500,82}\right)^{1,51004}\right]} = e^{-0,017} = 0,9834$$

c. *Bearing* 7207

Distribusi yang terpilih untuk *Bearing* 7207 sesuai dengan *Mean Time to Failure* mengikuti distribusi Lognormal dengan nilai  $t$  dimulai dari 710, diketahui:

$$\text{MTTF} = 1487,94 \text{ jam}; t_{\text{med}} = 1105,69$$

$$s = 0,770615; t_p = 710$$

Tabel 4.29 Keandalan Sebelum dan sesudah dilakukan perawatan preventif *Bearing*

1306

t (jam)	N	Sekarang	Usulan
710	1	0,7173	1
850	1	0,6336	0,9963
1000	1	0,5519	0,9588
1300	1	0,4168	0,7925
1420	2	0,3727	1
1650	2	0,3017	0,9792
1800	2	0,2636	0,9171
1950	2	0,2308	0,8300
2100	2	0,2026	0,7359

Contoh perhitungan keandalan dengan menggunakan distribusi Lognormal pada nilai  $t = 850$  jam:

## 3. Reliability Kondisi Sekarang (Sebelum Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,770615} \ln \frac{850}{1105,69}\right) = 1 - \Phi(-0,3413)$$

$R(t) = 1 - 0,3664 = 0,6336$  Dimana nilai 0,3664 didapat dari table *standardized normal probabilities*.

4. Reliability Kondisi Usulan (Setelah Dilakukan Tindakan Perbaikan)

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

$$R(t - nT) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,770615} \ln \frac{850 - (1 \times 710)}{1105,69}\right)$$

$$R(t - nT) = 1 - \Phi(-2,6817) = 1 - (0,0036) = 0,9964$$

Dimana nilai 0,0036 didapat dari table *standardized normal probabilities*.



## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Biaya Alternatif Penggantian Berdasarkan *Corective* dan *Preventive Maintenance*

Dalam perawatan mesin, selain menjaga mesin tetap berkerja dalam kondisi yang optimal, mempertimbangkan biaya perawatan mesin adalah hal yang juga perlu diperhatikan, dengan biaya perawatan yang kecil, perusahaan harus mampu untuk menjaga kondisi tiap mesin agar tidak menghambat proses produksi. Oleh karena itu perlu dilakukan penggantian komponen yang tepat waktu dengan menghitung interval waktu penggantian, agar dengan biaya yang kecil performa mesin juga tetap terjaga.

Untuk menghitung biaya perawatan, perlu adanya pertimbangan dari macam – macam jenis perawatan, oleh karena itu akan di hitung *total cost* dari *Corective Maintenance* dan *Preventive Maintenance* berdasarkan masing – masing komponen kritis, dimana nantinya akan dilihat jenis perawatan yang terbaik yang bisa diterapkan oleh perusahaan. Total biaya masing – masing jenis perawatan dapat dilihat pada tabel – tabel dibawah ini:

Tabel 5.1 Biaya Penggantian Komponen Secara *Corective Maintenance*

Mesin	Spare Part	a (Rp/Jam)	b (Rp/Jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cf (Rp)
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 3211</i>	Rp 4.250	Rp 94.944	2	Rp 609.000	Rp807.388
	<i>Bearing 1306</i>	Rp 4.250	Rp 94.944	2,5	Rp 195.000	Rp442.985
	<i>Bearing 7207</i>	Rp 4.250	Rp 94.944	2,5	Rp 488.000	Rp735.985
Total						Rp1.986.358

Tabel 5.2 Biaya Penggantian Komponen Secara *Preventive Maintenance*

Mesin	Spare Part	a (Rp/Jam)	b (Rp/Jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cp (Rp)
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 3211</i>	Rp 4.250	Rp94.944	1,07946	Rp 609.000	Rp 716.076
	<i>Bearing 1306</i>	Rp 4.250	Rp94.944	1,0923	Rp 195.000	Rp 303.350
	<i>Bearing 7207</i>	Rp 4.250	Rp94.944	1,06976	Rp 488.000	Rp 594.114
Total						Rp 1.613.539

Tabel 5.3 Biaya Penggantian Komponen Secara *Preventive Maintenance* Gabungan

Mesin	Spare Part	a (Rp/Jam)	b (Rp/Jam)	c (Jam)	d (Rp)	Cp (Rp)
<i>Spinning</i>	<i>Bearing 3211</i>	Rp 4.250	Rp 94.944	1,0923	Rp 609.000	Rp 1.400.349
	<i>Bearing 1306</i>				Rp 195.000	
	<i>Bearing 7207</i>				Rp 488.000	
Total					Rp 1.292.000	Rp 1.400.349

Tabel 5.4 Perbandingan Biaya Perbaikan Korektif, Preventif dan Preventif Gabungan

Mesin	Spare Part	Cf	Cp	Cp Gabungan
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 3211</i>	Rp 807.388	Rp 716.076	Rp 1.400.349
	<i>Bearing 1306</i>	Rp 442.985	Rp 303.350	
	<i>Bearing 7207</i>	Rp 735.985	Rp 594.114	
Total		Rp 1.986.358	Rp 1.613.539	Rp 1.400.349

Dari Perbandingan biaya diatas, dapat dilihat jenis perawatan terbaik untuk Mesin *Ring spinning* adalah dengan Perbaikan Preventif Gabungan. Perawatan ini terpilih karena memiliki total biaya perbaikan yang terkecil dari jenis perawatan lainnya.

## 5.2 Analisis Interval Waktu Penggantian ( $tp$ ) dan Interval Waktu Pemeriksaan

Interval waktu penggantian dilakukan berdasarkan total biaya terkecil dengan menggunakan model *Age Replacement*, yaitu penentuan penggantian pencegahan berdasarkan umur komponen. Adapaun interval waktu penggantian tiap komponen adalah sebagai berikut:

Tabel 5.5 Interval Waktu Penggantian Perawatan Preventif Gabungan

Nama Mesin	Komponen	Modul	MTTR	$tp$ (Jam)
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 7207 BECBM</i>	1	1,0923	700
	<i>Bearing 1306 ETN9</i>			
	<i>Bearing 3211 A</i>			

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa untuk penggantian setiap komponen kritis dilakukan dalam 1 modul pekerjaan, yang artinya penggantian kerusakan dilakukan secara bersamaan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan biaya perawatan yang terkecil agar perusahaan bisa menekan biaya kerusakan. Penggabungan pengerjaan yang dilakukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

1. Interval waktu yang dipilih adalah interval waktu penggantian terkecil dari komponen kritis yang ada. Diketahui bahwa interval waktu penggantian masing – masing komponen adalah sebagai berikut:

- |   |           |
|---|-----------|
| a. Interval waktu penggantian <i>Bearing</i> 3211 | : 830 jam |
| b. Interval waktu penggantian <i>Bearing</i> 1306 | : 700 jam |
| c. Interval waktu penggantian <i>Bearing</i> 7207 | : 710 jam |

Maka dari masing – masing interval waktu penggantian yang ada, waktu yang paling terkecil adalah pada komponen *Bearing* 1306 yaitu selama 700 jam, sehingga tp yang terpilih untuk perawatan preventif gabungan adalah selama 700 jam.

2. Waktu perbaikan yang dipakai adalah waktu rata – rata perbaikan terlama untuk mengerjakan masing – masing komponen kritis yaitu MTTR 1306, karena *Bearing* 7207 dan *Bearing* 3211 baru bisa dibongkar apabila *Bearing* 1306 telah dibongkar terlebih dahulu. MTTR masing – masing komponen adalah sebagai berikut:

- |                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| a. MTTR Komponen <i>Bearing</i> 3211: | 1,07946 jam |
| b. MTTR Komponen <i>Bearing</i> 1306: | 1,0923 jam  |
| c. MTTR Komponen <i>Bearing</i> 7207: | 1,06976 jam |

Maka dari masing – masing MTTR komponen kritis, yang terpilih adalah MTTR komponen *Bearing* 1306 yaitu selama 1,0923 jam.

Selain itu agar mesin selalu berada dalam kondisi yang optimal dengan performansi yang baik dan stabil, maka perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala terhadap komponen – komponen kritis, hal ini dilakukan agar proses produksi dapat berjalan lancar dan bisa mencegah kerusakan mesin yang tidak terduga. Interval waktu pemeriksaan setiap komponen dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.6 Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Kritis

Nama Mesin	Komponen	Frekuensi Pemeriksaan/Bulan	Interval Pemeriksaan (Jam)
<i>Ring Spinning</i>	<i>Bearing 7207 BECBM</i>	2	100
	<i>Bearing 1306 ETN9</i>	2	100
	<i>Bearing 3211 A</i>	2	100

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa Interval pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan setiap komponen kritis menunjukkan waktu yang sama, yaitu pemeriksaan dilakukan 2 kali pemeriksaan dalam 1 bulan atau tepatnya setiap 100 jam sekali.

### 5.3 Analisis Perhitungan Keandalan (*Reliability*) Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Preventif.

Tingkat keandalan dihitung sesuai dengan distribusi terpilih masing – masing komponen kritis. Dilakukan perbandingan nilai keandalan dalam kondisi sebelum dilakukan perbaikan preventif dengan *reliability* usulan yang sudah mengalami perbaikan preventif. Maka didapat nilai keandalan yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Keandalan Masing – Masing Komponen Kritis

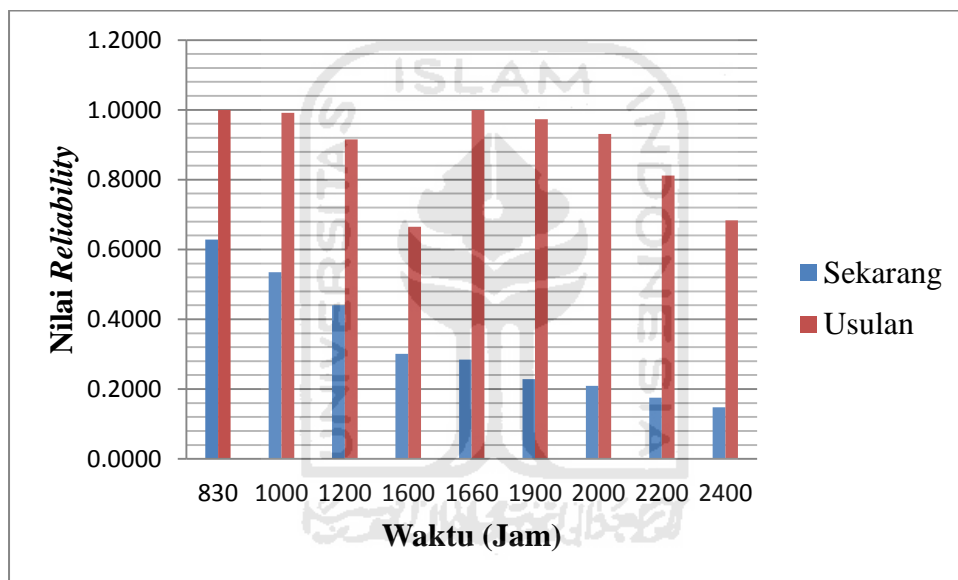
Bearing 3211				Bearing 1306				Bearing 7207			
t (jam)	N	Sekarang	Usulan	t (jam)	N	Sekarang	Usulan	t (jam)	N	Sekarang	Usulan
830	1	0,6286	1	700	1	0,7290	1	710	1	0,7173	1
1000	1	0,5347	0,9913	850	1	0,6546	0,9696	850	1	0,6336	0,9963
1200	1	0,4408	0,9152	1000	1	0,5818	0,9158	1000	1	0,5519	0,9588
1600	1	0,3011	0,6647	1300	1	0,4471	0,7784	1300	1	0,4168	0,7925
1660	2	0,2847	1	1400	2	0,4064	1	1420	2	0,3727	1



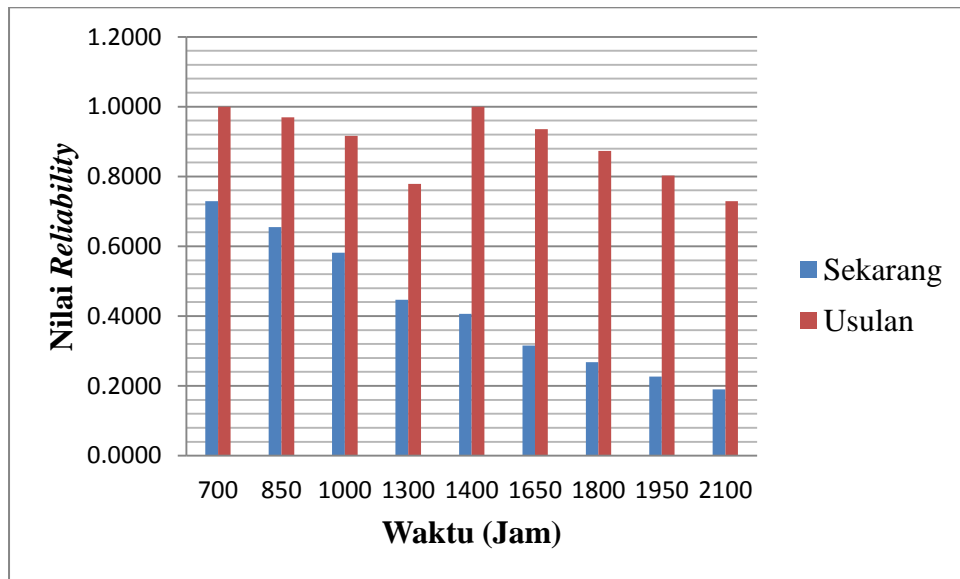
Tabel 5.8 Lanjutan Hasil Perhitungan Keandalan Masing – Masing Komponen Kritis

Bearing 3211				Bearing 1306				Bearing 7207			
t (jam)	N	Sekarang	Usulan	t (jam)	N	Sekarang	Usulan	t (jam)	N	Sekarang	Usulan
1900	2	0,2286	0,9734	1650	2	0,3154	0,9354	1650	2	0,3017	0,9792
2000	2	0,2090	0,9310	1800	2	0,2682	0,8730	1800	2	0,2636	0,9171
2200	2	0,1753	0,8117	1950	2	0,2265	0,8028	1950	2	0,2308	0,8300
2400	2	0,1478	0,6832	2100	2	0,1900	0,7290	2100	2	0,2026	0,7359

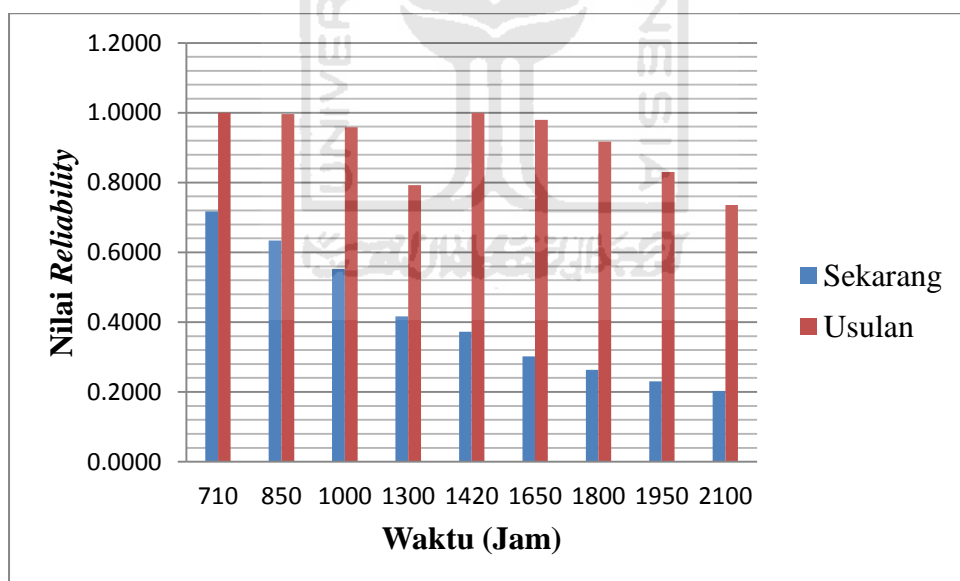
Untuk lebih jelasnya, perbandingan antara nilai keandalan sebelum dan sesudah dilakukannya perawatan preventif dapat dilihat pada grafik – grafik dibawah ini:



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan *Reliability* Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk *Bearing 3211*



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan *Reliability* Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk *Bearing* 1306



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan *Reliability* Kondisi Sebelum dan Sesudah Diterapkan Perawatan Preventif untuk *Bearing* 1306

Dari Hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel dan digambarkan pada grafik – grafik diatas, dapat dilihat bahwa prediksi nilai *reliability* setelah dilakukan perawatan

preventif lebih tinggi daripada sebelum dilakukannya perawatan. Hal ini ditandai dengan nilai probabilitas keandalannya mendekati nilai 1. yang berarti keandalan mesin selalu berada dalam kondisi optimal hingga waktu penggantian habis. Maka setelah dilakukan prediksi keandalan, dapat dinyatakan bahwa dengan perawatan preventif, mesin bisa terjaga keandalannya dan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan interval waktu pergantian yang telah ditentukan.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

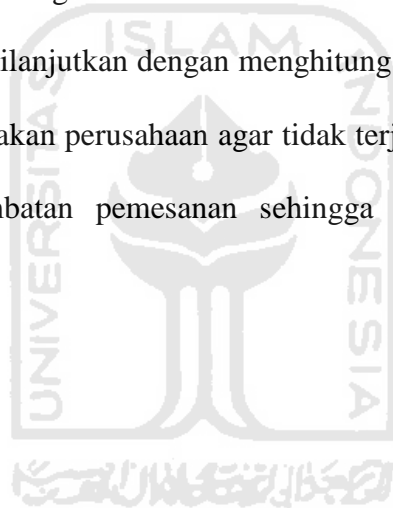
Berdasarkan Pengolahan data yang kemudian dianalisis dan dibahas di bab sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Interval waktu pencegahan komponen kritis untuk masing – masing komponen kritis dilakukan dalam waktu bersamaan, dimana penggantian setiap komponen dilakukan setelah mencapai waktu 700 jam. Sedangkan untuk interval Waktu pemeriksaan untuk masing – masing komponen kritis adalah sama, dengan frekuensi pemeriksaan 2 kali per bulan atau selama 100 jam setelah pemeriksaan terakhir dilakukan.
2. Total Biaya penggantian komponen terkecil didapat dengan perawatan preventif gabungan sebesar Rp 1.400.349, jika dibandingkan dengan perawatan korektif yang diterapkan oleh perusahaan sebesar Rp 1.986.358 dan perawatan preventif sebesar Rp 1.613.539 sehingga selisih biaya antara perawatan yang diterapkan oleh perusahaan dengan perawatan usulan adalah sebesar Rp 586.009.
3. Setelah dilakukannya prediksi keandalan setelah dilakukannya perawatan preventif, keandalan mesin selalu dalam kondisi optimal yang ditandai dengan nilai probabilitas keandalan yang mendekati 1, sehingga komponen kritis dapat berfungsi dengan baik selama interval waktu penggantian.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan mengenai penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan program perbaikan usulan dengan *Preventive Maintenance* dapat dilakukan dengan baik dan efektif apabila dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan
2. Untuk menghindari kurang atau hilangnya data – data historis kerusakan, perlu dilakukan input data secara digital agar data lebih mudah untuk di analisa dan lebih terorganisir.
3. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menghitung persediaan komponen kritis yang harus disediakan perusahaan agar tidak terjadi penumpukan komponen ataupun keterlambatan pemesanan sehingga dapat menghambat proses produksi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Dwi. 2010. *Meminimalisasi Biaya Perawatan Mesin Menggunakan Metode FMEA Dan Metode Kepner-Tregoe (KT)*. Skripsi Universitas Islam Indonesia. Fakultas Teknologi Industri. Yogyakarta.
- Ben-Daya, Mohammed,. 2009. *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer Dordrecht Heidelberg London. New York.
- Corder, A.S., 1988. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta. Erlangga.
- Ebeling, Charles. E., 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. Mc grow – Hill Book Co. Singapore.
- Gasperz, Vincent. 1992. *Analisa Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsono. Bandung
- Handoko, T. H., 1989. *Manajemen Edisi Kedua*. BPFE - Yogyakarta. Yogyakarta
- Jardine, A. K. S., 1987. *Maintenance, Replacement and Reliability*. Pitman Publishing. New York.
- \_\_\_\_\_, 1973. *Successful Installing TPM In a Non – Japanesse Plant*. TPM press Inc, page 54.
- Nandiroh, Siti, dan Partiw, Indah dan Widodo, Hesthi. 2006. *Waktu Perawatan Untuk Pencegahan Pada Komponen Kritis Cylone Feed Pump Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime*. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol 5, hal: 39-44.

- Patton, J. D., 1983. *Preventive Maintenance. Instrumen Society of America. Publisher Creative Services Inc. New York.*
- Prawirosentono, S., 2000. *Manajemen Operasi; Analisis dan Studi Kasus Edisi Kedua.* Bumi Aksara. Jakarta.
- Suharto, 1991, *Manajemen Perawatan Mesin,* PT. Rineka Cipta Anggota IKAPI. Jakarta.
- The American Management Association, Inc. 1971. *Modern Maintenance Management.* Bombay.
- Wahyudi, Didik, dan Wildan, M. Waziz, dan Purwanto, Teguh Pudji, dan Murti, Setyanto Kresno. 2010. *Analisis Perawatan Unit Pembangkitan Gresik Unit III Dengan Metode Reliability Centered Manintenance.* Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. ISSN 1978-0176
- Walley, B. H., 1987. *Manajemen Produksi; Pedoman Menghadapi Tantangan Meningkatkan Produktivitas.* PT Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.

## LAMPIRAN

### Data Waktu Kerusakan Komponen dan Perbaikan Komponen Kritis Mesin Ring Spinning

No	<i>Bearing 3211</i>				<i>Bearing 1306</i>				<i>Bearing 1306</i>			
	Tgl/Bln/Tahun	Waktu Kerusakan	Waktu Perbaikan	Downtime (Menit)	Tgl/Bln/Tahun	Waktu Kerusakan	Waktu Perbaikan	Downtime (Menit)	Tgl/Bln/Tahun	Waktu Kerusakan	Waktu Perbaikan	Downtime (Menit)
1	28/09/2009	14:00	14:00 - 15:00	60	28/09/2009	14:00	14:00 - 15:00	60	28/09/2009	14:00	14:00 - 15:00	60
2	16/11/2009	9:00	9:00 - 10:00	60	16/11/2009	9:00	9:00 - 10:00	60	16/11/2009	9:00	9:00 - 10:00	60
3	21/12/2009	8:15	8:15 - 9:15	60	21/12/2009	8:15	8:15 - 9:15	60	21/12/2009	8:15	8:15 - 9:15	60
4	05/01/2010	4:00	4:00 - 5:00	60	05/01/2010	4:00	4:00 - 5:00	60	05/01/2010	4:00	4:00 - 5:00	60
5	12/02/2010	2:00	2:00 - 4:00	120	02/03/2010	15:15	15:15 - 16:00	45	05/03/2010	16:00	16:00 - 16:50	50
6	02/03/2010	15:15	15:00 - 16:00	45	25/05/2010	2:00	2:00 - 3:00	60	25/05/2010	2:00	2:00 - 3:00	60
7	25/05/2010	2:00	2:00 - 3:00	60	08/06/2010	9:15	9:15 - 10:15	60	08/06/2010	9:15	9:15 - 10:15	60
8	08/06/2010	9:15	9:15 - 10:15	60	04/08/2010	7:45	7:45 - 8:45	60	13/09/2010	13:00	13:00 - 14:30	90
9	28/09/2010	11:30	11:30 - 12:20	50	28/09/2010	11:30	11:30 - 12:20	50	19/11/2010	5:00	5:00 - 7:30	150
10	26/11/2010	14:00	14:00 - 15:00	60	15/11/2010	9:00	9:00 - 10:20	80	19/02/2011	18:30	18:30 - 19:40	70
11	22/12/2010	2:30	2:30 - 4:00	90	03/03/2011	18:00	18:00 - 18:50	50	26/03/2011	7:45	7:45 - 8:35	50
12	19/02/2011	18:30	18:30 - 19:40	70	20/04/2011	1:00	1:00 - 3:30	150	29/04/2011	15:00	15:00 - 16:00	60
13	09/04/2011	8:00	8:00 - 9:00	60	29/04/2011	7:45	7:45 - 9:45	120	27/05/2011	1:00	1:00 - 2:10	70
14	27/06/2011	15:00	15:00 - 16:10	70	20/06/2011	17:45	17:45 - 19:15	90	24/06/2011	17:30	17:30 - 19:30	120
15	24/11/2011	4:30	4:30 - 5:20	50	24/11/2011	4:30	4:30 - 5:20	50	23/11/2011	20:00	20:00 - 20:50	50

Data di peroleh dari 6 Mesin Ring Spinning di Stasiun SP1 PT Danliris, antara lain A – 06, A – 12, A – 14, B – 2, B – 18 dan B – 19.



Tabel D Untuk Kolmogorod - Smirnov Test

Table 7: Kolmogorov-Smirnov Test

(If calculated ratio is greater than value shown, then reject the null hypothesis at the chosen level of confidence.)

SAMPLE SIZE (N)	LEVEL OF SIGNIFICANCE FOR D = MAXIMUM [ F <sub>0</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X) ]				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.210	.220	.240	.270	.320
30	.190	.200	.220	.240	.290
35	.180	.190	.210	.230	.270
OVER 35	<u>1.07</u>	<u>1.14</u>	<u>1.22</u>	<u>1.36</u>	<u>1.63</u>
	$\sqrt{N}$	$\sqrt{N}$	$\sqrt{N}$	$\sqrt{N}$	$\sqrt{N}$

# Output Pengolahan Data Dengan *Software Minitab 16*

## 1. Komponen Kritis Bearing 3211

18/12/2011 20:21:54

Welcome to Minitab, press F1 for help.

### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	1,61041	0,319450	1,09166	2,37567
Scale	1490,65	262,193	1055,98	2104,24

Log-Likelihood = -112,885

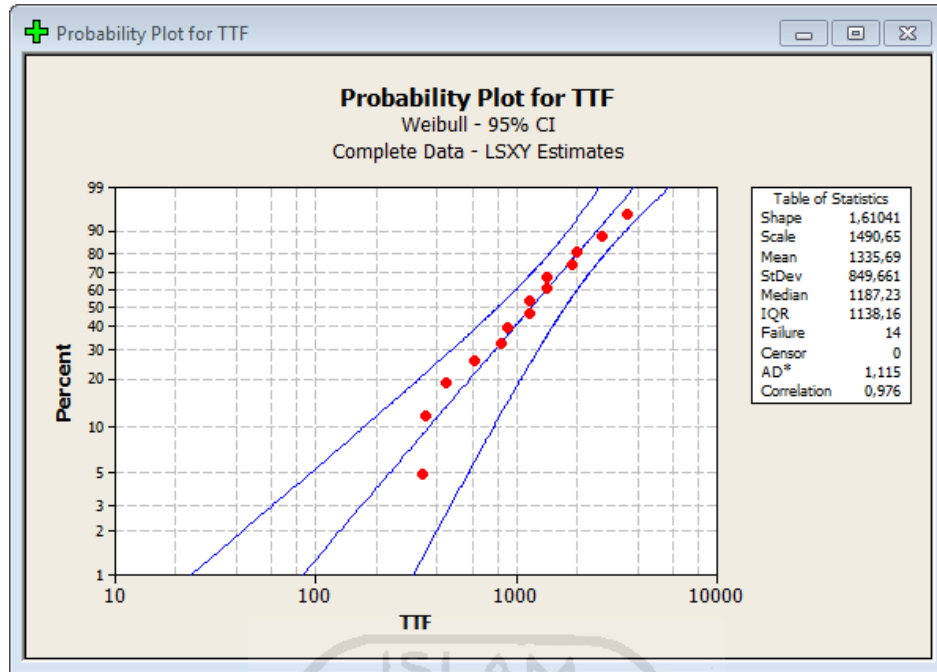
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,115

Correlation Coefficient = 0,976

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1335,69	227,283	956,896	1864,44
Standard Deviation	849,661	179,774	561,236	1286,31
Median	1187,23	233,940	806,877	1746,87
First Quartile(Q1)	687,673	187,548	402,935	1173,63
Third Quartile(Q3)	1825,84	301,909	1320,42	2524,71
Interquartile Range (IQR)	1138,16	213,802	787,604	1644,75



### Probability Plot for TTF

### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
 Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1281,48	333,967	768,915	2135,71

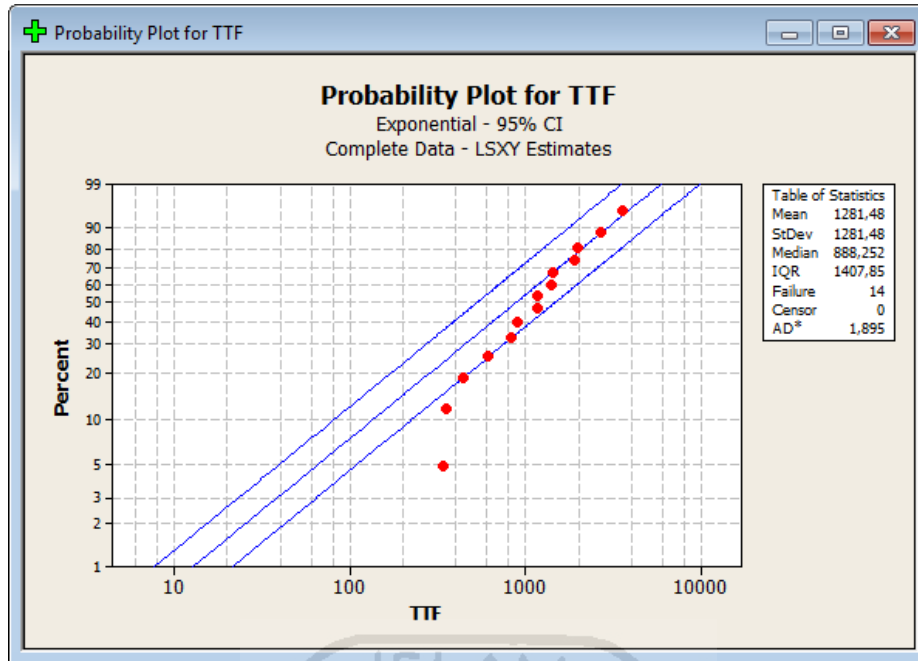
Log-Likelihood = -114,904

#### Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,895

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1281,48	333,967	768,915	2135,71
Standard Deviation	1281,48	333,967	768,915	2135,71
Median	888,252	231,488	532,971	1480,36
First Quartile(Q1)	368,658	96,0762	221,203	614,407
Third Quartile(Q3)	1776,50	462,976	1065,94	2960,73
Interquartile Range (IQR)	1407,85	366,900	844,740	2346,32



**Probability Plot for TTF**

**Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
 Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Normal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1347,71	254,992	847,940	1847,49
StDev	954,091	195,939	637,942	1426,92

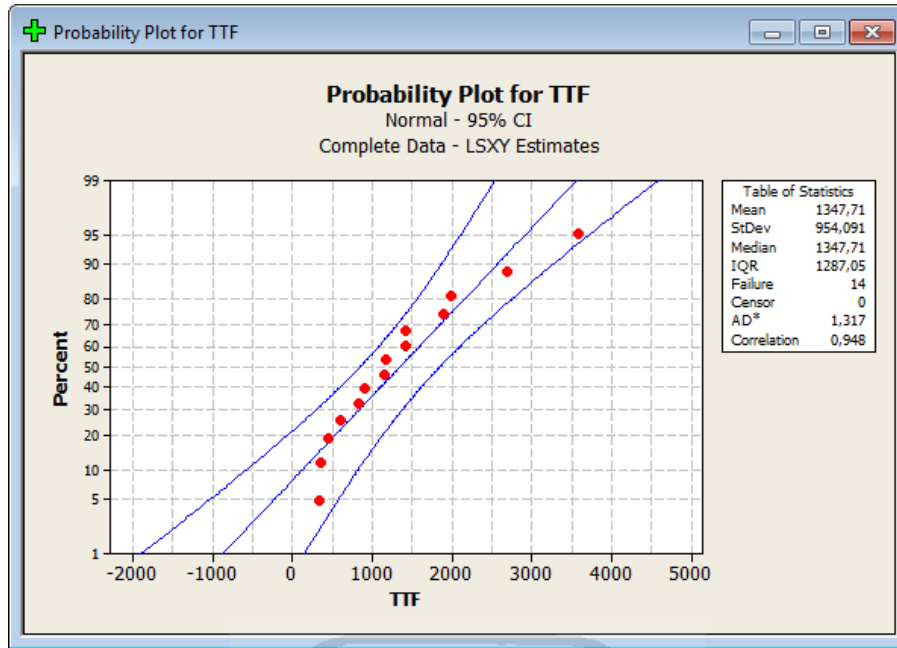
Log-Likelihood = -115,201

Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,317  
 Correlation Coefficient = 0,948

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1347,71	254,992	847,940	1847,49
Standard Deviation	954,091	195,939	637,942	1426,92
Median	1347,71	254,992	847,940	1847,49
First Quartile(Q1)	704,190	287,205	141,279	1267,10
Third Quartile(Q3)	1991,24	287,205	1428,33	2554,15
Interquartile Range (IQR)	1287,05	264,318	860,570	1924,88



**Probability Plot for TTF**

**Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	6,97497	0,206539	6,57016	7,37978
Scale	0,772797	0,170004	0,502127	1,18937

Log-Likelihood = -112,684

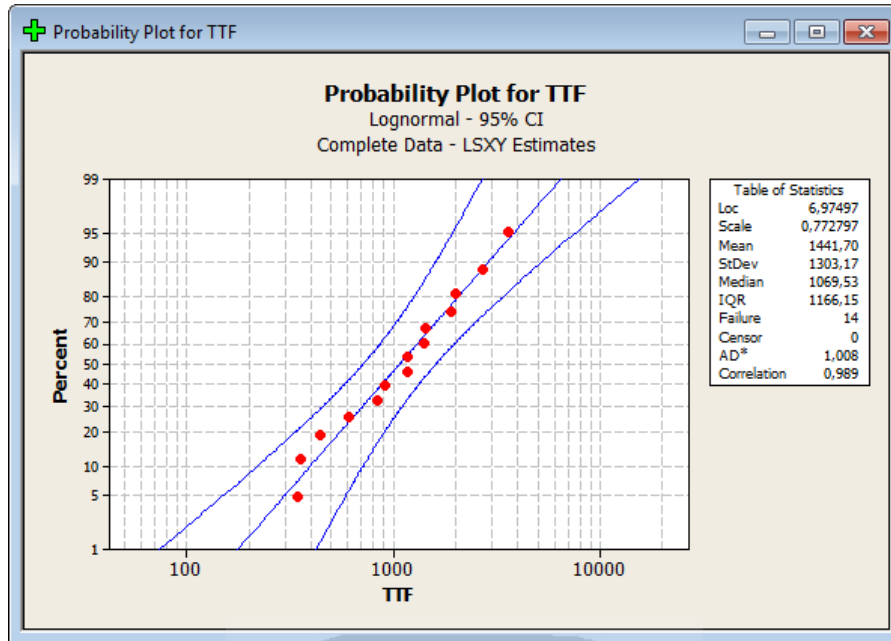
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,008

Correlation Coefficient = 0,989

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1441,70	352,904	892,312	2329,35
Standard Deviation	1303,17	614,088	517,478	3281,78
Median	1069,53	220,899	713,487	1603,24
First Quartile(Q1)	635,066	150,024	399,702	1009,02
Third Quartile(Q3)	1801,21	425,508	1133,66	2861,86
Interquartile Range(IQR)	1166,15	368,852	627,364	2167,65




---

18/12/2011 23:29:45

---

Welcome to Minitab, press F1 for help.  
Retrieving project from file: 'D:\U.I.I\TUGAS AKHIR\MINITAB FILES\TTR 3211.MPJ'

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

Parameter Estimates

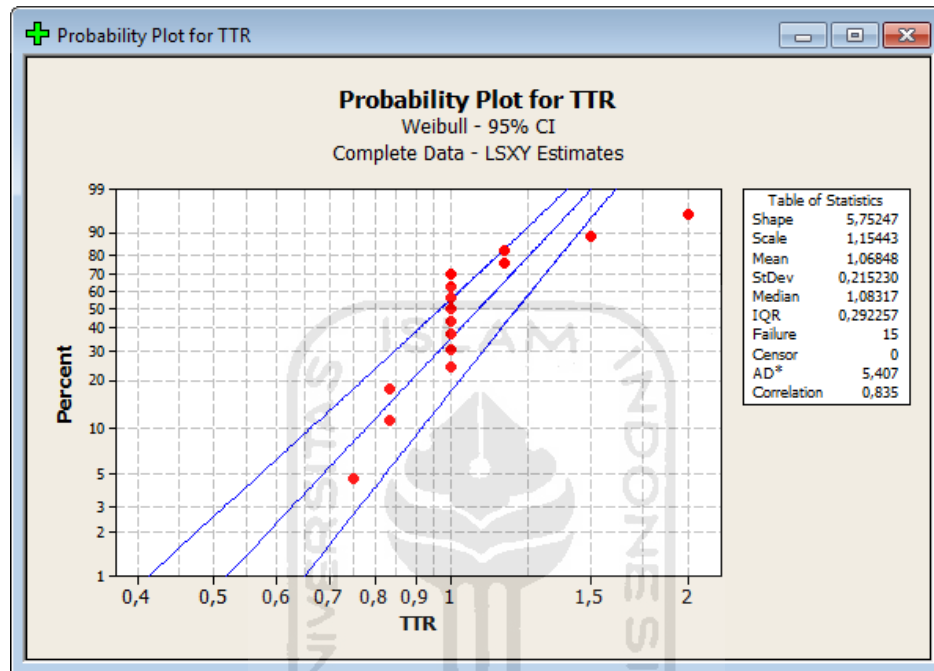
Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	5,75247	0,502046	4,84803	6,82563
Scale	1,15443	0,0604749	1,04179	1,27926

Log-Likelihood = -16,687

Goodness-of-Fit  
Anderson-Darling (adjusted) = 5,407  
Correlation Coefficient = 0,835

## Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,06848	0,0603508	0,956505	1,19356
Standard Deviation	0,215230	0,0094446	0,197493	0,234561
Median	1,08317	0,0617938	0,968586	1,21132
First Quartile (Q1)	0,929623	0,0639439	0,812376	1,06379
Third Quartile (Q3)	1,22188	0,0591250	1,11132	1,34344
Interquartile Range (IQR)	0,292257	0,0140443	0,265987	0,321121

**Probability Plot for TTR****Distribution Analysis: TTR**

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential

## Parameter Estimates

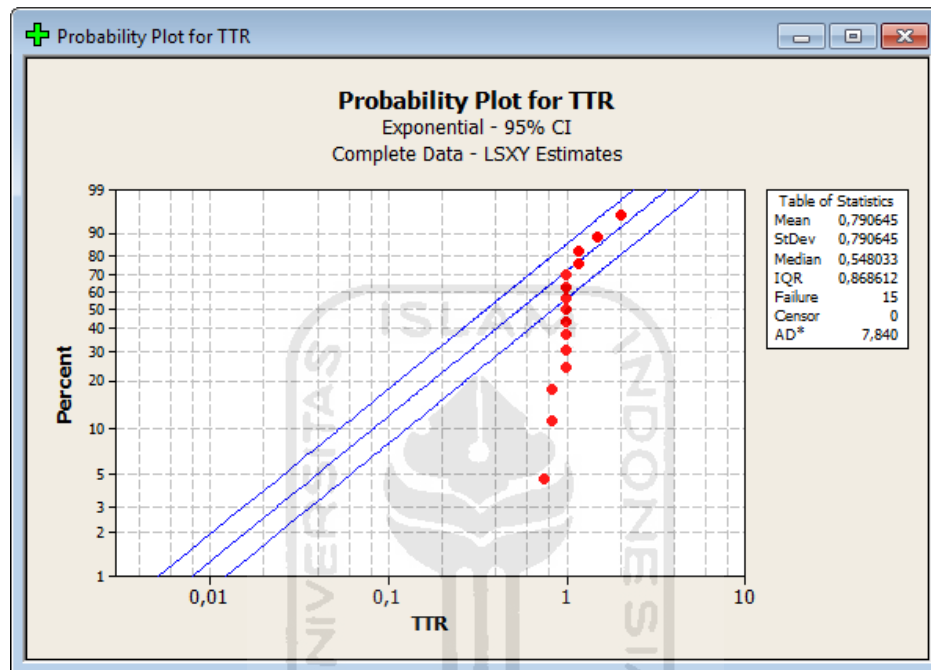
	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
Parameter			Lower	Upper
Mean	0,790645	0,174400	0,513126	1,21826

Log-Likelihood = -17,029

Goodness-of-Fit  
Anderson-Darling (adjusted) = 7,840

## Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	0,790645	0,174400	0,513126	1,21826
Standard Deviation	0,790645	0,174400	0,513126	1,21826
Median	0,548033	0,120885	0,355672	0,844430
First Quartile (Q1)	0,227454	0,0501716	0,147617	0,350470
Third Quartile (Q3)	1,09607	0,241769	0,711344	1,68886
Interquartile Range (IQR)	0,868612	0,191597	0,563727	1,33839

**Probability Plot for TTR****Distribution Analysis: TTR**

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Normal

## Parameter Estimates

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
Parameter			Lower	Upper
Mean	1,08333	0,0708124	0,944544	1,22212
StDev	0,274255	0,0447105	0,199245	0,377505

Log-Likelihood = -3,150

Goodness-of-Fit

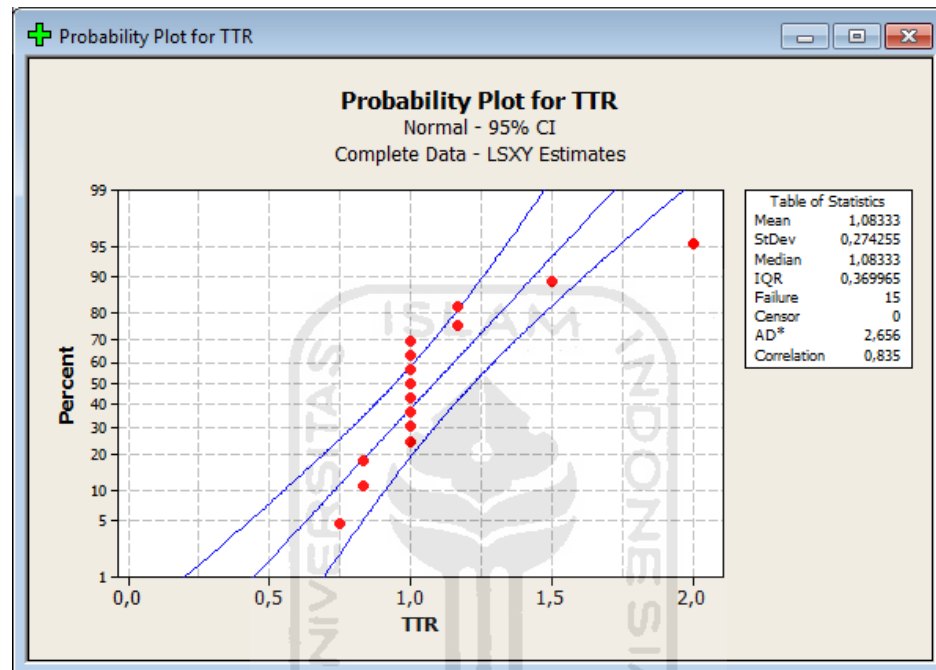
Anderson-Darling (adjusted) = 2,656



Correlation Coefficient = 0,835

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,08333	0,0708124	0,944544	1,22212
Standard Deviation	0,274255	0,0447105	0,199245	0,377505
Median	1,08333	0,0708124	0,944544	1,22212
First Quartile (Q1)	0,898351	0,0769664	0,747500	1,04920
Third Quartile (Q3)	1,26832	0,0769664	1,11746	1,41917
Interquartile Range (IQR)	0,369965	0,0603136	0,268778	0,509246



## Probability Plot for TTR

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

Parameter Estimates

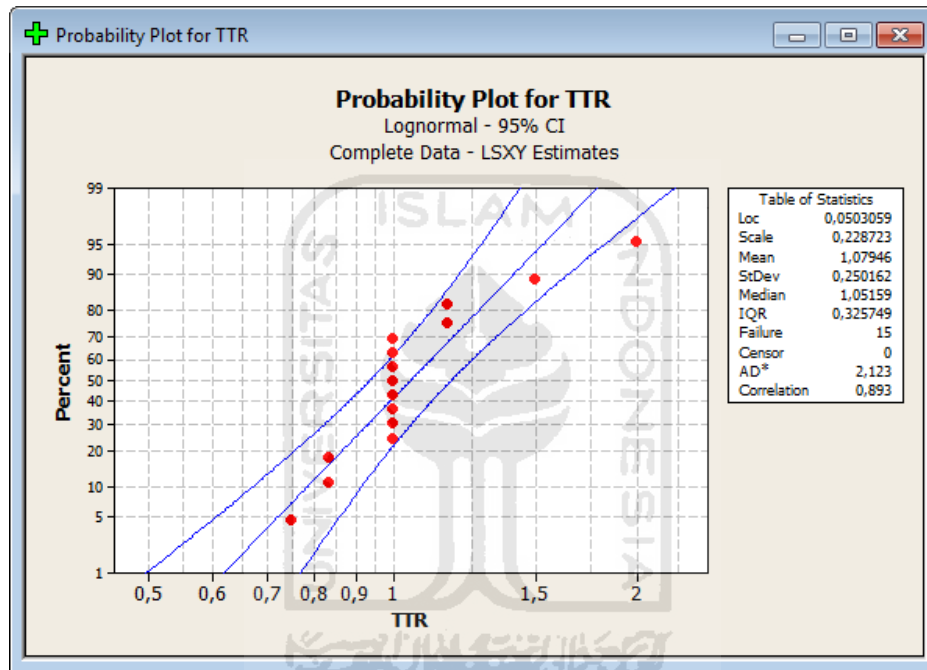
	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
Parameter			Lower	Upper
Location	0,0503059	0,0590559	-0,0654415	0,166053
Scale	0,228723	0,0410223	0,160932	0,325069

Log-Likelihood = -0,091

Goodness-of-Fit  
 Anderson-Darling (adjusted) = 2,123  
 Correlation Coefficient = 0,893

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,07946	0,0645482	0,960082	1,21369
Standard Deviation	0,250162	0,0506032	0,168282	0,371881
Median	1,05159	0,0621028	0,936654	1,18064
First Quartile (Q1)	0,901257	0,0587767	0,793115	1,02414
Third Quartile (Q3)	1,22701	0,0800209	1,07978	1,39431
Interquartile Range (IQR)	0,325749	0,0619498	0,224391	0,472892



**2. Komponen Kritis Bearing 1306**

18/12/2011 22:29:04

Welcome to Minitab, press F1 for help.

**Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
 Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

## Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	1,51004	0,322426	0,993661	2,29476
Scale	1500,82	280,139	1040,99	2163,77

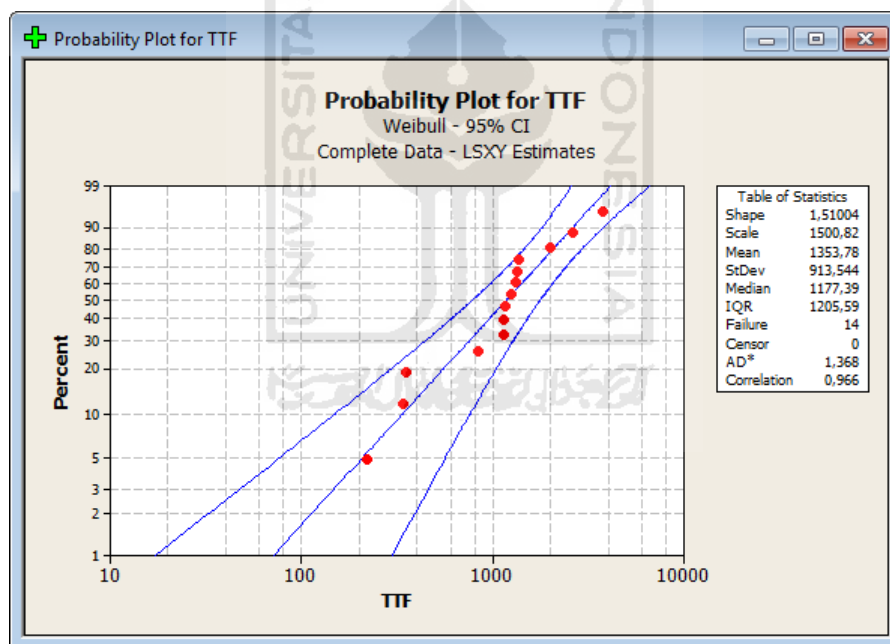
Log-Likelihood = -112,999

## Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,368  
Correlation Coefficient = 0,966

## Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1353,78	244,573	950,104	1928,97
Standard Deviation	913,544	222,003	567,383	1470,90
Median	1177,39	245,180	782,822	1770,82
First Quartile(Q1)	657,662	192,553	370,497	1167,40
Third Quartile(Q3)	1863,25	332,115	1313,86	2642,37
Interquartile Range (IQR)	1205,59	252,960	799,093	1818,86

**Probability Plot for TTF****Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Lower	95,0% Upper
Mean	1270,31	329,610	763,915	2112,38

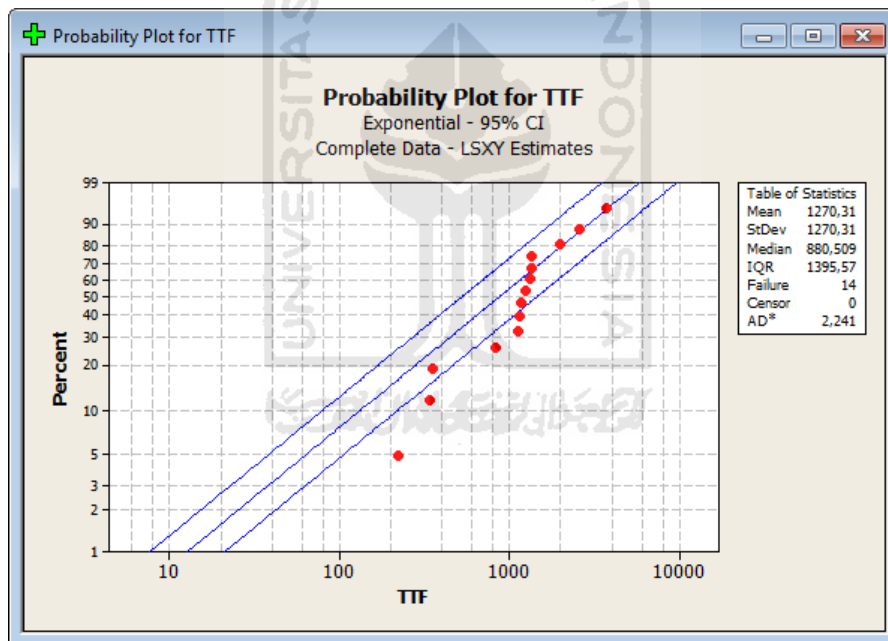
Log-Likelihood = -114,911

Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 2,241

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Lower	95,0% Upper
Mean (MTTF)	1270,31	329,610	763,915	2112,38
Standard Deviation	1270,31	329,610	763,915	2112,38
Median	880,509	228,468	529,506	1464,19
First Quartile (Q1)	365,444	94,8228	219,765	607,694
Third Quartile (Q3)	1761,02	456,936	1059,01	2928,38
Interquartile Range (IQR)	1395,57	362,113	839,247	2320,69



## Probability Plot for TTF

### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Normal

## Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1347,71	248,270	861,115	1834,31
StDev	928,940	183,032	631,354	1366,79

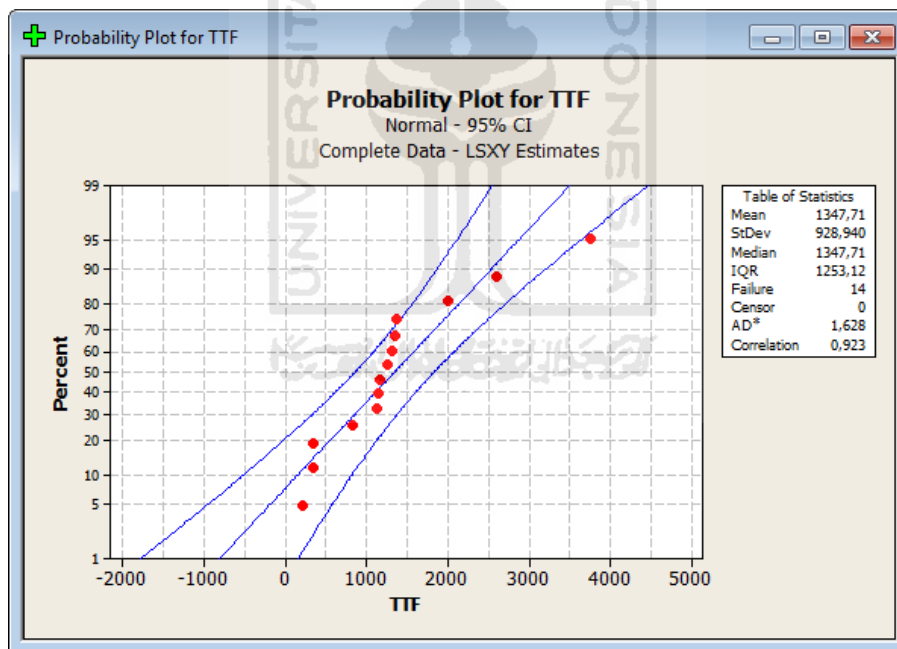
Log-Likelihood = -115,168

## Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,628  
Correlation Coefficient = 0,923

## Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1347,71	248,270	861,115	1834,31
Standard Deviation	928,940	183,032	631,354	1366,79
Median	1347,71	248,270	861,115	1834,31
First Quartile (Q1)	721,154	277,270	177,715	1264,59
Third Quartile (Q3)	1974,27	277,270	1430,84	2517,71
Interquartile Range (IQR)	1253,12	246,906	851,684	1843,77

**Probability Plot for TTF****Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	6,95971	0,214722	6,53886	7,38055
Scale	0,803416	0,166620	0,535070	1,20634

Log-Likelihood = -113,445

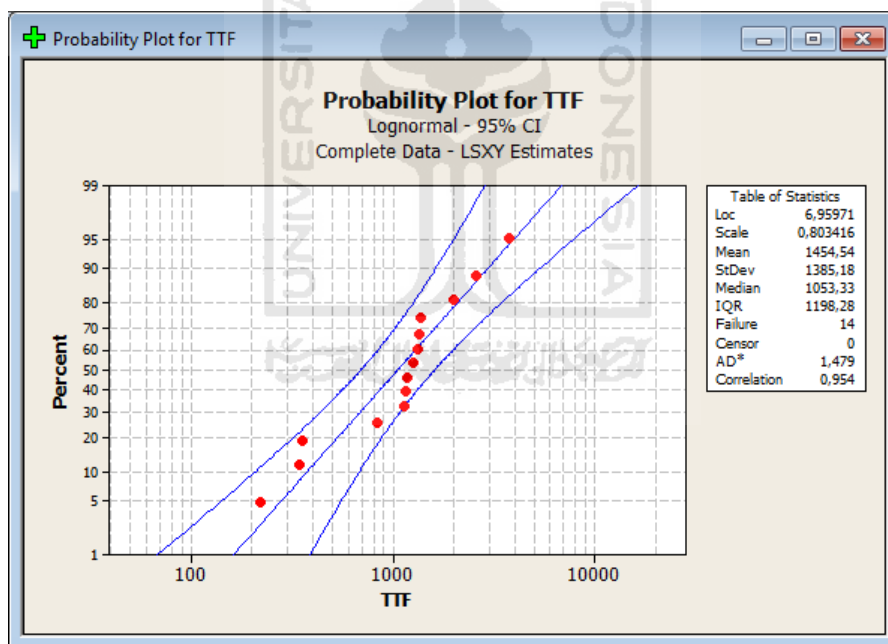
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,479

Correlation Coefficient = 0,954

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1454,54	368,046	885,819	2388,40
Standard Deviation	1385,18	647,650	554,011	3463,31
Median	1053,33	226,172	691,498	1604,48
First Quartile (Q1)	612,661	148,481	381,003	985,173
Third Quartile (Q3)	1810,94	438,889	1126,19	2912,04
Interquartile Range (IQR)	1198,28	374,685	649,234	2211,65



18/12/2011 20:14:37

Welcome to Minitab, press F1 for help.

**Distribution Analysis: TTR**

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	4,95994	0,370172	4,28498	5,74121
Scale	1,17316	0,0747000	1,03551	1,32909

Log-Likelihood = -36,965

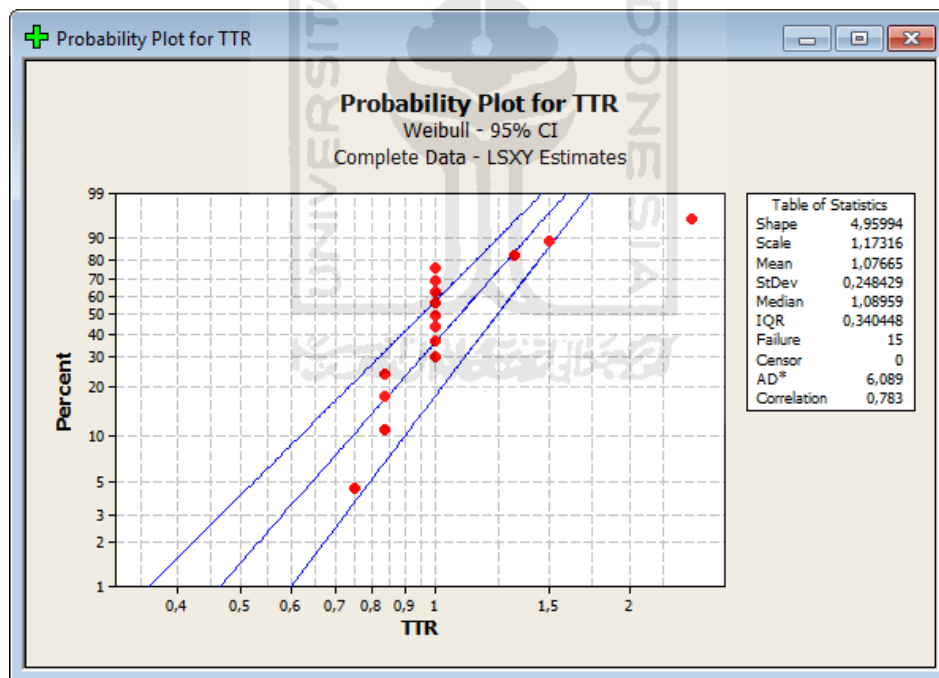
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 6,089

Correlation Coefficient = 0,783

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,07665	0,0727626	0,943084	1,22914
Standard Deviation	0,248429	0,0071258	0,234848	0,262795
Median	1,08959	0,0748262	0,952377	1,24658
First Quartile (Q1)	0,912566	0,0738650	0,778693	1,06945
Third Quartile (Q3)	1,25301	0,0742989	1,11553	1,40744
Interquartile Range (IQR)	0,340448	0,0102289	0,320979	0,361099



## Probability Plot for TTR

## Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information	Count
Uncensored value	15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential  
Parameter Estimates

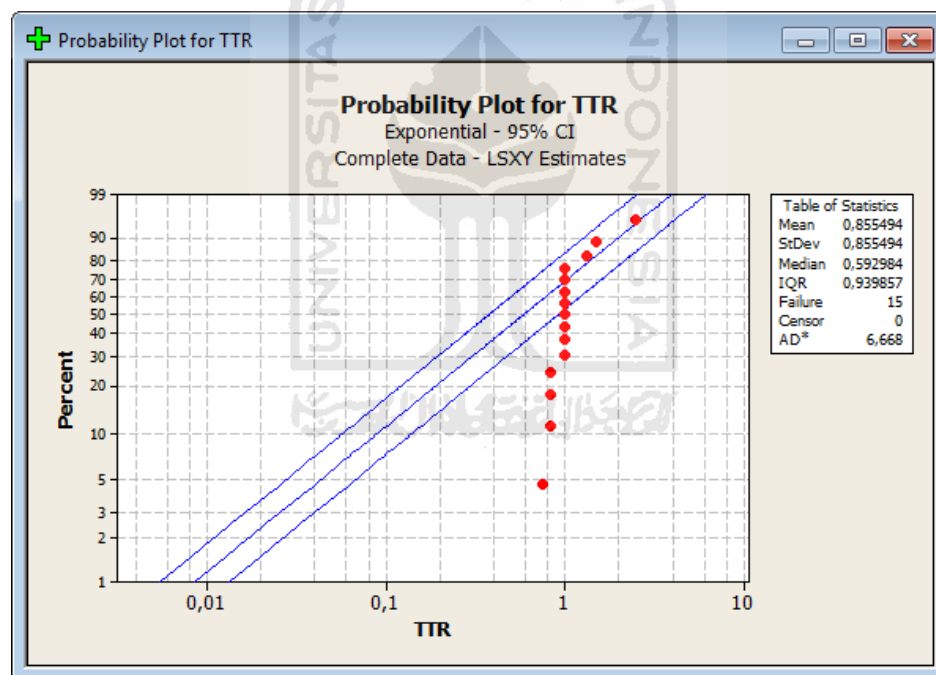
Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Lower	95,0% Upper
Mean	0,855494	0,194327	0,548107	1,33527

Log-Likelihood = -17,039

Goodness-of-Fit  
Anderson-Darling (adjusted) = 6,668

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Lower	95,0% Upper
Mean (MTTF)	0,855494	0,194327	0,548107	1,33527
Standard Deviation	0,855494	0,194327	0,548107	1,33527
Median	0,592984	0,134697	0,379919	0,925539
First Quartile(Q1)	0,246110	0,0559044	0,157680	0,384133
Third Quartile(Q3)	1,18597	0,269395	0,759837	1,85108
Interquartile Range (IQR)	0,939857	0,213490	0,602157	1,46694



## Probability Plot for TTR

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))



Distribution: Normal

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1,10533	0,0918510	0,925309	1,28536
StDev	0,355738	0,0522472	0,266756	0,474401

Log-Likelihood = -8,507

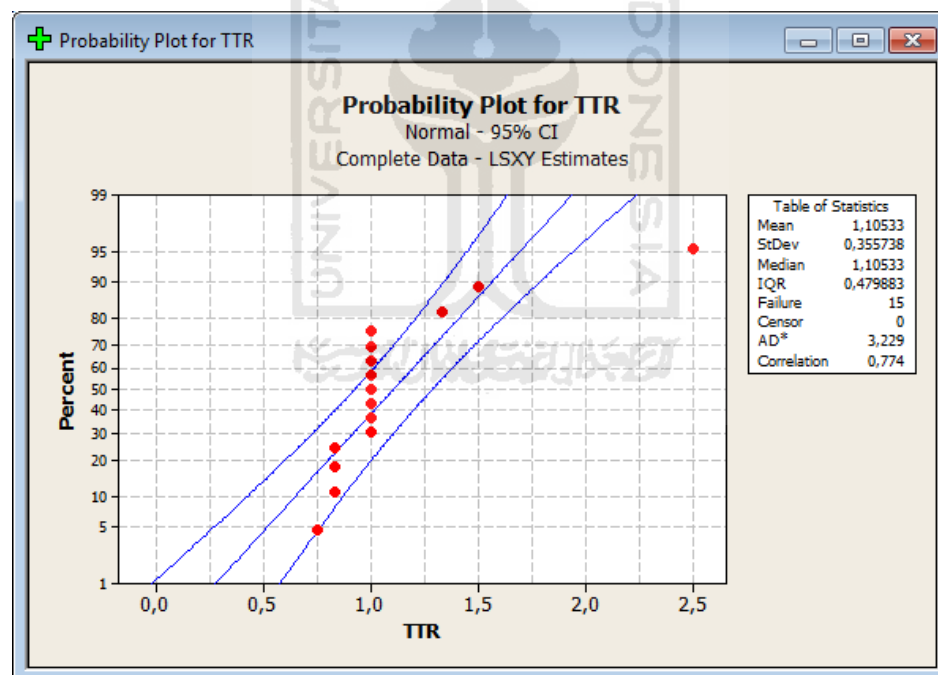
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 3,229

Correlation Coefficient = 0,774

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,10533	0,0918510	0,925309	1,28536
Standard Deviation	0,355738	0,0522472	0,266756	0,474401
Median	1,10533	0,0918510	0,925309	1,28536
First Quartile (Q1)	0,865392	0,0983793	0,672572	1,05821
Third Quartile (Q3)	1,34527	0,0983793	1,15245	1,53809
Interquartile Range (IQR)	0,479883	0,0704804	0,359848	0,639958



## Probability Plot for TTR

## Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal  
Parameter Estimates

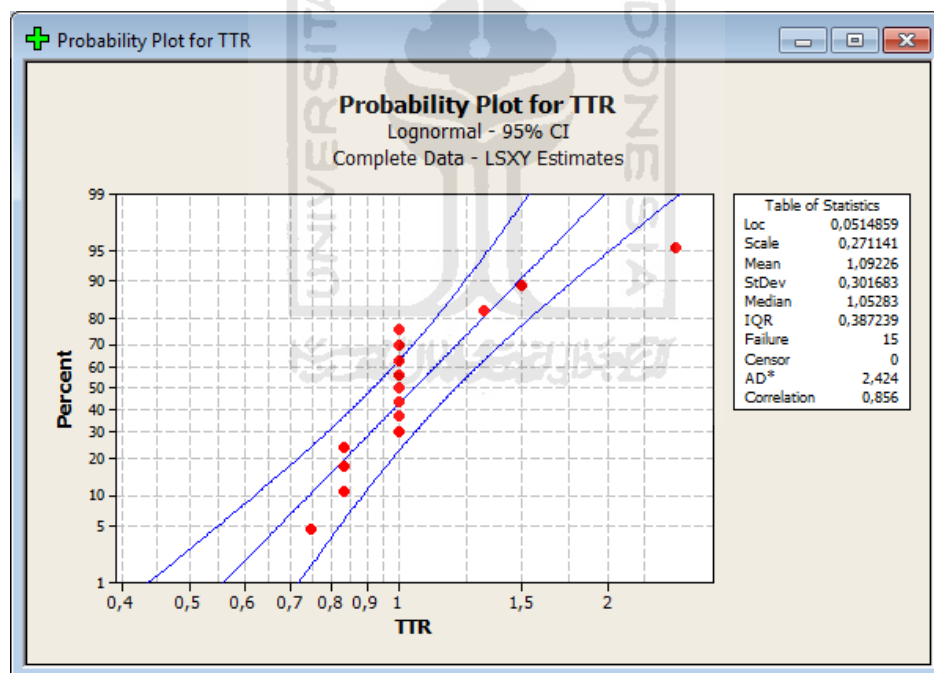
Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	0,0514859	0,0700083	-0,0857279	0,188700
Scale	0,271141	0,0457579	0,194781	0,377437

Log-Likelihood = -3,332

Goodness-of-Fit  
Anderson-Darling (adjusted) = 2,424  
Correlation Coefficient = 0,856

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean(MTTF)	1,09226	0,0776585	0,950177	1,25558
Standard Deviation	0,301683	0,0603648	0,203812	0,446550
Median	1,05283	0,0737072	0,917844	1,20768
First Quartile(Q1)	0,876870	0,0670889	0,754763	1,01873
Third Quartile(Q3)	1,26411	0,0967164	1,08808	1,46862
Interquartile Range (IQR)	0,387239	0,0714227	0,269763	0,555873



### 3. Komponen Kritis Bearing 7207

18/12/2011 22:33:09

Welcome to Minitab, press F1 for help.

#### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	1,62390	0,309589	1,11759	2,35959
Scale	1536,80	269,015	1090,47	2165,80

Log-Likelihood = -113,605

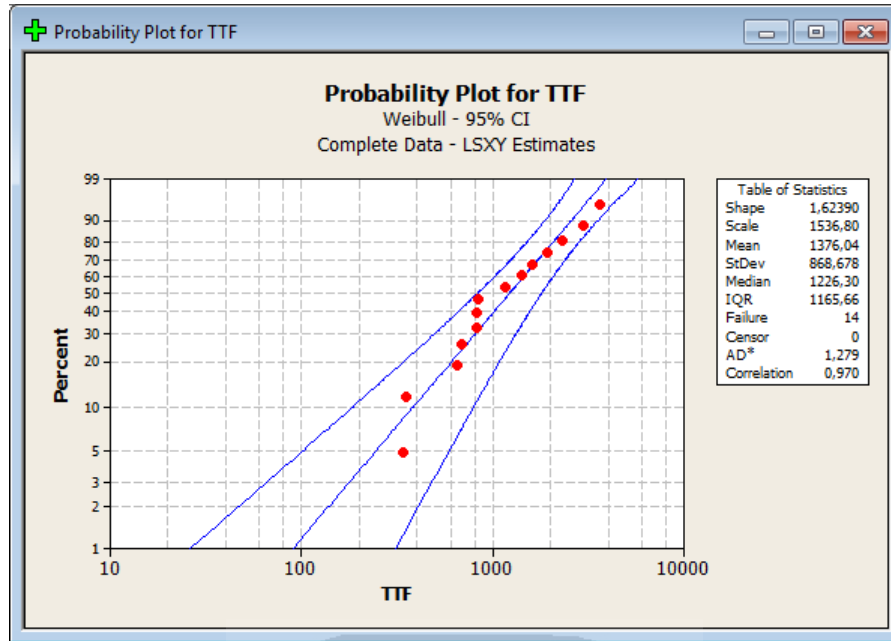
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,279

Correlation Coefficient = 0,970

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1376,04	232,678	987,867	1916,74
Standard Deviation	868,678	173,694	587,029	1285,46
Median	1226,30	240,876	834,450	1802,16
First Quartile (Q1)	713,535	192,437	420,581	1210,54
Third Quartile (Q3)	1879,19	306,981	1364,34	2588,34
Interquartile Range (IQR)	1165,66	208,946	820,338	1656,34



### Probability Plot for TTF

### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1343,59	351,773	804,285	2244,53

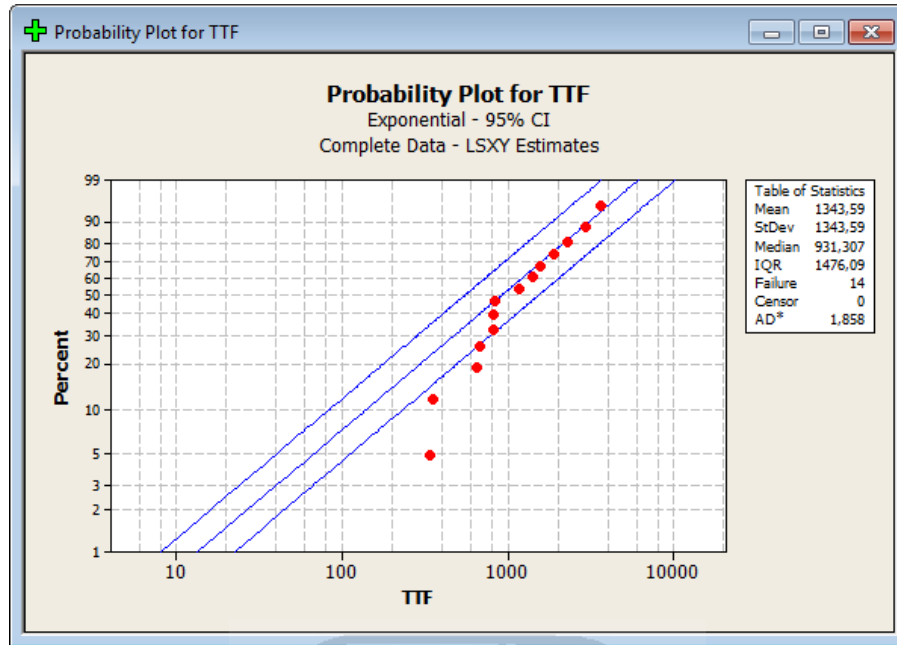
Log-Likelihood = -115,432

#### Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,858

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1343,59	351,773	804,285	2244,53
Standard Deviation	1343,59	351,773	804,285	2244,53
Median	931,307	243,830	557,488	1555,79
First Quartile(Q1)	386,527	101,199	231,378	645,710
Third Quartile(Q3)	1862,61	487,660	1114,98	3111,57
Interquartile Range (IQR)	1476,09	386,462	883,597	2465,86



### Probability Plot for TTF

### Distribution Analysis: TTF

Variable: TTF

Censoring Information Count  
 Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Normal

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1400,07	269,899	871,079	1929,06
StDev	1009,87	205,243	678,063	1504,05

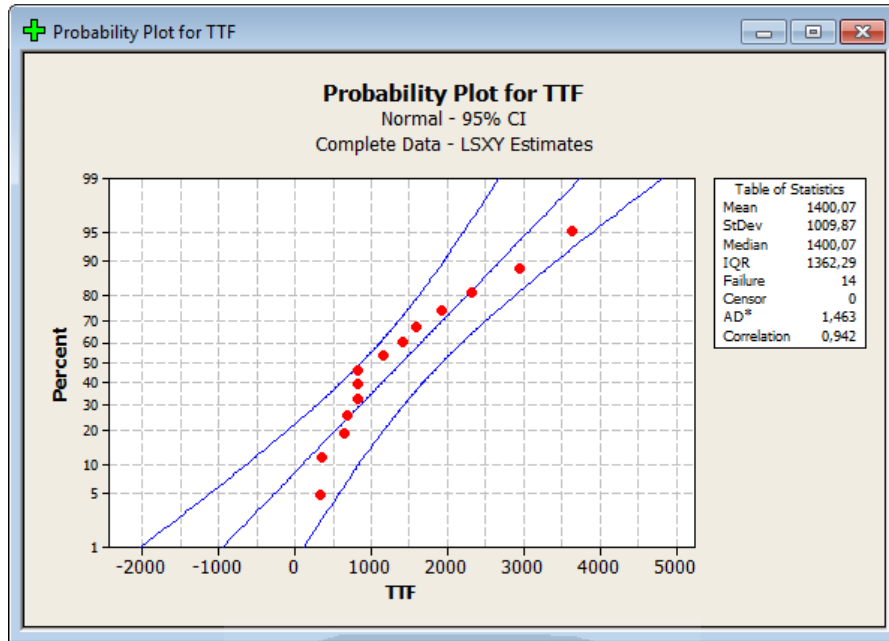
Log-Likelihood = -116,080

#### Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 1,463  
 Correlation Coefficient = 0,942

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1400,07	269,899	871,079	1929,06
Standard Deviation	1009,87	205,243	678,063	1504,05
Median	1400,07	269,899	871,079	1929,06
First Quartile(Q1)	718,924	303,331	124,406	1313,44
Third Quartile(Q3)	2081,22	303,331	1486,70	2675,74
Interquartile Range (IQR)	1362,29	276,869	914,693	2028,93



**Probability Plot for TTF**

**Distribution Analysis: TTF**

Variable: TTF

Censoring Information Count  
Uncensored value 14

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

**Parameter Estimates**

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	7,00822	0,205955	6,60456	7,41189
Scale	0,770615	0,169311	0,500980	1,18537

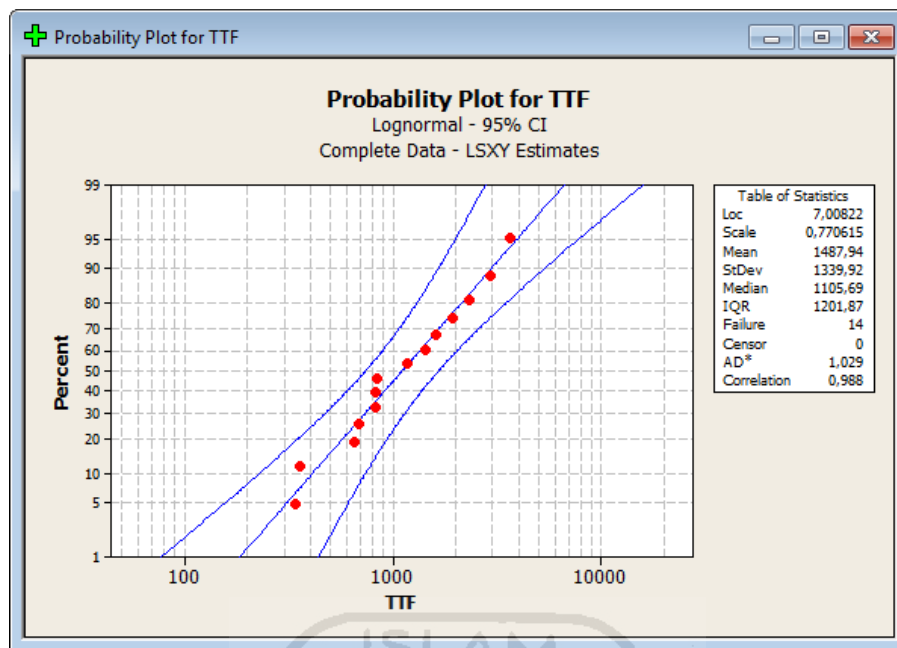
Log-Likelihood = -113,118

**Goodness-of-Fit**

Anderson-Darling (adjusted) = 1,029  
Correlation Coefficient = 0,988

**Characteristics of Distribution**

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1487,94	362,767	922,692	2399,45
Standard Deviation	1339,92	629,001	533,947	3362,48
Median	1105,69	227,722	738,452	1655,55
First Quartile(Q1)	657,503	154,840	414,422	1043,17
Third Quartile(Q3)	1859,37	437,877	1171,95	2950,00
Interquartile Range (IQR)	1201,87	379,321	647,454	2231,02




---

18/12/2011 20:18:19

---

Welcome to Minitab, press F1 for help.

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Shape	6,48973	0,445543	5,67268	7,42446
Scale	1,13642	0,0711186	1,00523	1,28471

Log-Likelihood = -154,137

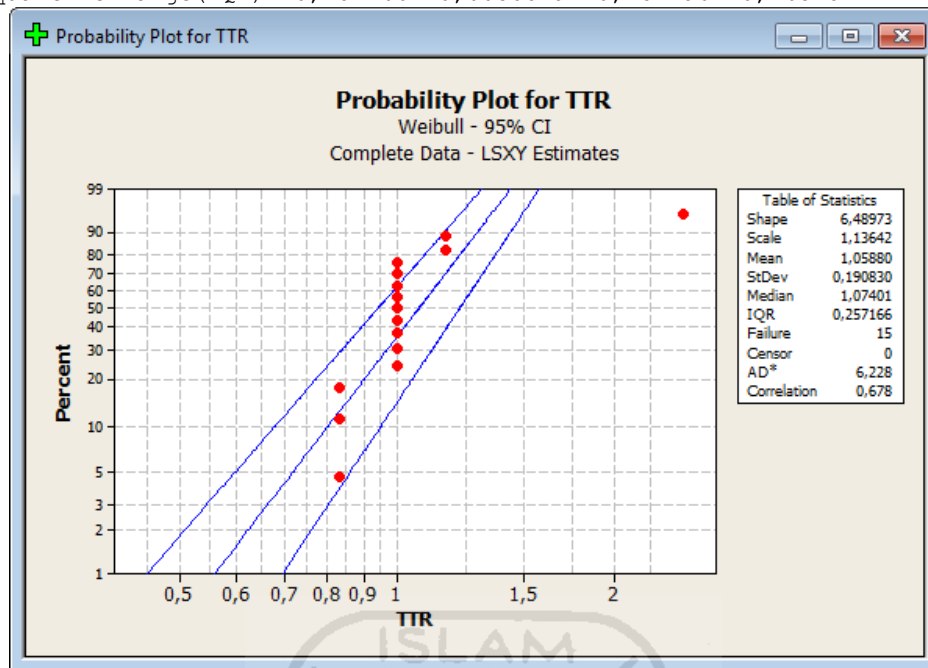
#### Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 6,228  
Correlation Coefficient = 0,678

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,05880	0,0701034	0,929940	1,20551
Standard Deviation	0,190830	0,0022549	0,186461	0,195301
Median	1,07401	0,0713085	0,942964	1,22328
First Quartile(Q1)	0,937910	0,0708774	0,808791	1,08764
Third Quartile(Q3)	1,19508	0,0707373	1,06417	1,34208

Interquartile Range (IQR) 0,257166 0,0030849 0,251190 0,263284



### Probability Plot for TTR

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Exponential

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	0,814847	0,182002	0,525961	1,26240

Log-Likelihood = -16,973

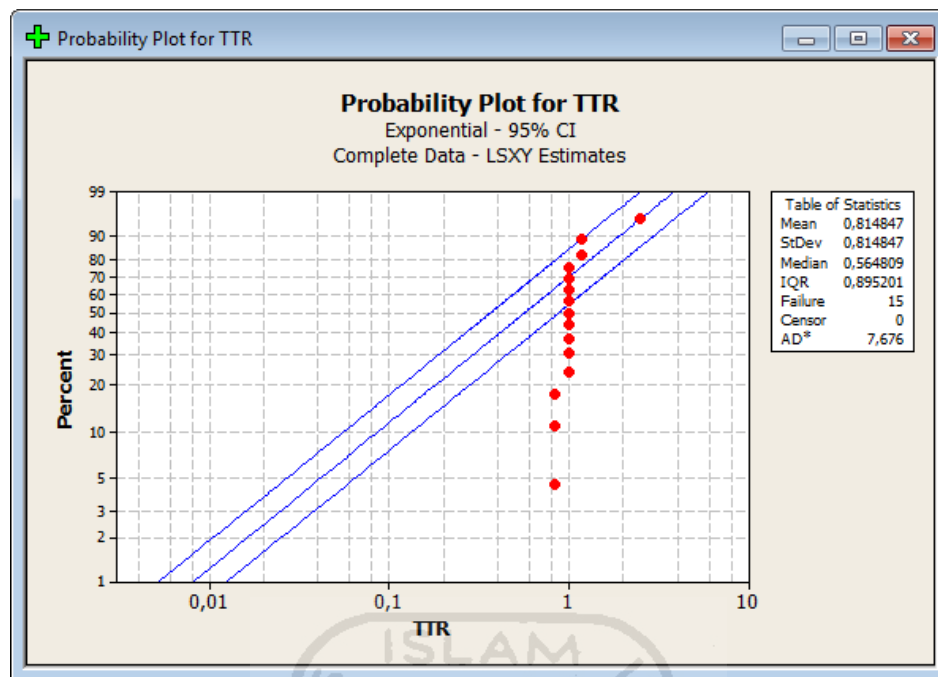
Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 7,676

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	0,814847	0,182002	0,525961	1,26240
Standard Deviation	0,814847	0,182002	0,525961	1,26240
Median	0,564809	0,126154	0,364569	0,875032
First Quartile(Q1)	0,234417	0,0523588	0,151310	0,363171
Third Quartile(Q3)	1,12962	0,252309	0,729137	1,75006
Interquartile Range (IQR)	0,895201	0,199950	0,577828	1,38689





### Probability Plot for TTR

### Distribution Analysis: TTR

Variable: TTR

Censoring Information Count  
 Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Normal

#### Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean	1,08889	0,0745804	0,942714	1,23506
StDev	0,288849	0,0353849	0,227193	0,367236

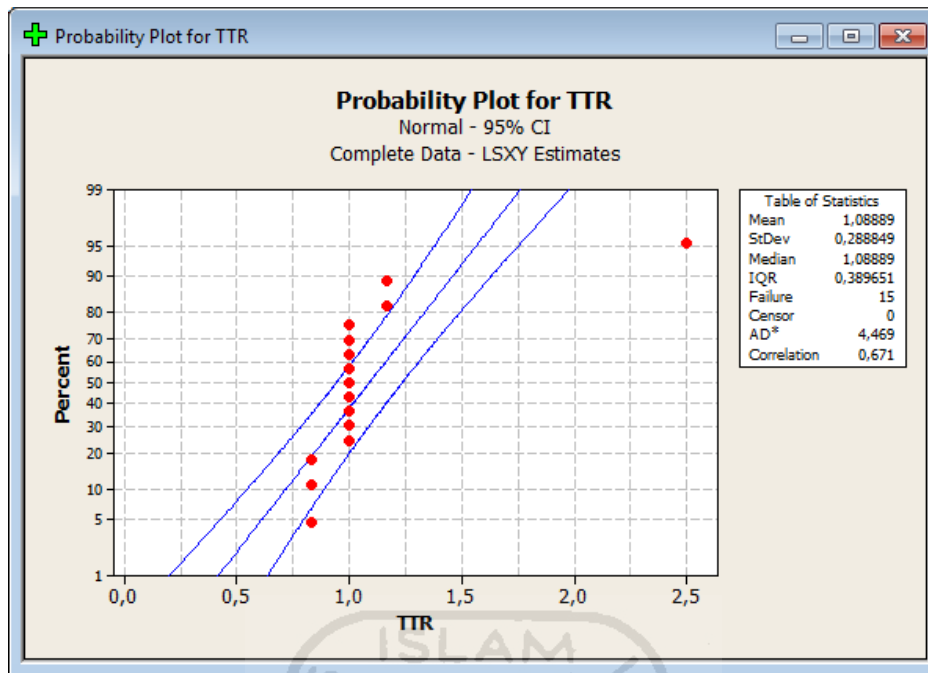
Log-Likelihood = -8,762

#### Goodness-of-Fit

Anderson-Darling (adjusted) = 4,469  
 Correlation Coefficient = 0,671

#### Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTF)	1,08889	0,0745804	0,942714	1,23506
Standard Deviation	0,288849	0,0353849	0,227193	0,367236
Median	1,08889	0,0745804	0,942714	1,23506
First Quartile (Q1)	0,894064	0,0783062	0,740586	1,04754
Third Quartile (Q3)	1,28371	0,0783062	1,13024	1,43719
Interquartile Range (IQR)	0,389651	0,0477335	0,306479	0,495394



**Probability Plot for TTR**

**Distribution Analysis: TTR**

Variable: TTR

Censoring Information Count  
Uncensored value 15

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

**Parameter Estimates**

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Location	0,0451752	0,0544730	-0,0615899	0,151940
Scale	0,210973	0,0300013	0,159655	0,278786

Log-Likelihood = -1,863

**Goodness-of-Fit**

Anderson-Darling (adjusted) = 3,332  
Correlation Coefficient = 0,755

**Characteristics of Distribution**

	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI	
			Lower	Upper
Mean (MTTF)	1,06976	0,0586648	0,960738	1,19114
Standard Deviation	0,228224	0,0367908	0,166396	0,313025
Median	1,04621	0,0569902	0,940268	1,16409
First Quartile(Q1)	0,907444	0,0527316	0,809760	1,01691
Third Quartile(Q3)	1,20620	0,0700923	1,07636	1,35171

Interquartile Range (IQR) 0,298755 0,0457622 0,221275 0,403366

