

**ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN DENGAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE II (RCM II)* DENGAN MODEL *AGE REPLACEMENT* DAN
INTERVAL WAKTU PEMERIKSAAN
(Studi Kasus : PT. DELTOMED *LABORATORIES*)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata-1 Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Disusun Oleh :

Nama : Himawan Fahmi Sambodo
No. Mahasiswa : 12 522 098

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN

ii

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Februari 2017



Himawan Fahmi Sambodo

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

believe in nature



SURAT KETERANGAN

No. : 115/HRGAM/Eks/XII-2016

Yang bertanda tangan dibawah ini HR & GA Manager PT Deltomed Laboratories, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Himawan Fahmi Sambodo**
NIM : **12522098**
Program Studi : **Teknik Industri**
Fakultas : **Teknik**
Perguruan Tinggi : **Universitas Islam Indonesia**

Telah melaksanakan penelitian di PT Deltomed Laboratories Wonogiri guna penyusunan skripsi dengan judul "**Analisis Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Pendekatan Metode Realibility Centered Maintenance II (RCM II) pada Mesin Streep Sirup 8 Line Sonan Line J**" pada tanggal **2 November 2016 - 16 Desember 2016**.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wonogiri, 16 Desember 2016


Gangsar Laksono
HR & GA Manager

office
perkantoran puri niaga II
jl. puri kencana blok j1 no 3X
jakarta 11610 - Indonesia
t +62.21. 583 041 31
f +62.21. 583 041 32 / 33

factory
nambangan, selogiri,
wonogiri, kotak pos 103
wonogiri 57601
t +62.273. 532 7673
f +62.273. 321 118

www.deltomed.com

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

iv

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN DENGAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE II (RCM II)* DENGAN MODEL *AGE REPLACEMENT* DAN
INTERVAL WAKTU PEMERIKSAAN
(Studi Kasus : PT. DELTOMED LABORATORIES)**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

Nama : **Himawan Fahmi Sambodo**

NIM : **12 522 098**

Fak/Jurusan : **FTI/Teknik Industri**

Yogyakarta, Februari 2017

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Drs. R. Abdul Jalal, M.M

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

v

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PERAWATAN MESIN DENGAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE II (RCM II)* DENGAN MODEL *AGE REPLACEMENT* DAN
INTERVAL WAKTU PEMERIKSAAN
(Studi Kasus : PT. DELTOMED LABORATORIES)

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Himawan Fahmi Sambodo

No. Mahasiswa : 12 522 098

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, Maret 2017

Tim Penguji

Drs. R. Abdul Jalal, M.M

Ketua

Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T., CPIM., CSCP.

Anggota I

M. Sugarindra, S.T., M.TI.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih tiada henti terucap kepada Allah SWT atas karunia dan ujian yang
Engkau berikan

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada ibu bapakku yang tiada henti
meninggalkan kelelahan dan kesakitan untuk menuntunku dengan do'a dan
segalanya yang kalian pertaruhkan

Kepada kakak ku yang selalu memberi semangat dan kata – kata penggugah
semangat selama pengerjaan tugas akhir ini

Kepada teman – teman Teknik Industri 2012

Terima kasih sudah memberikan motivasi, makian yang membangun, dan bantuan
nyata kepada ku

Dan terima kasih telah memberikan arti tentang sebuah perpisahan

HALAMAN MOTTO

وَمَا أَصَابَكُمْ مِنْ مُصِيبَةٍ فَبِمَا كَسَبَتْ أَيْدِيكُمْ وَيَعْفُو عَنْ كَثِيرٍ

Apa saja musibah yang menimpa kamu adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri. (QS Asy-Syuura: 30)

Disebutkan dari **'Iyadh ibnu Himar ra.** Yang telah menceritakan bahwa Rasullulah saw. Pernah bersabda, **“Sesungguhnya Allah telah mewahyukan kepadaku yang memerintahkan kepada kalian untuk bersikap rendah hati, agar jangan sampai ada seseorang bersikap melampaui batas terhadap yang lain, dan jangan ada seseorang bersikap sombong terhadap yang lain.”** (HR. Muslim)

“Urip Iku Urup” (Sunan Kalijaga)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa sholawat serta salam tercurah kepada junjungan Nabi kita Muhammad SAW dan keluarganya yang telah membawa peradaban yang terang benderang menuju kekekalan yang indah nantinya. Ucap syukur Alhamdulillah atas bimbingan dan ujian serta limpahan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Perencanaan Sistem Perawatan Mesin dengan Menggunakan Pendekatan Metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* dengan Model *Age Replacement* dan Interval Waktu Pemeriksaan di PT. *Deltomed Laboratories*.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Program Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan akan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan penuh rasa hormat dan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Industri dan seluruh staf Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Drs. R. Abdul Jalal, MM. selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan semangat serta arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Johan, ST. yang telah membantu penulis dalam proses administrasi dalam menjalankan penelitian di PT. *Deltomed Laboratories*.
5. Bapak Daniel, ST. sebagai Penanggung Jawab di departemen teknik yang telah banyak membantu dalam pengambilan data.
6. Bapak Sidik dan Bapak Tarno sebagai *partner* dalam melakukan penelitian dan menemani dalam menjalankan praktek perawatan dan perbaikan mesin – mesin produksi.
7. Ibunda dan Ayahanda serta Kakak – Kakakku tercinta yang tiada henti memberi semangat dan do'a.
8. Serta semua pihak yang telah membantu Penulis yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Dengan segenap kerendahan hati Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diharapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

ABSTRAK

PT. Deltomed *Laboratories* merupakan salah satu perusahaan industri obat tradisional dan suplemen makanan yang sudah lama menjalankan bisnis jamu dari skala rumah tangga sampai dengan skala nasional seperti saat ini. Untuk memenuhi permintaan pasar skala nasional, produksi jamu tidak boleh mengalami penurunan produktifitas yang dikarenakan kegagalan mesin produksi. Kendala yang muncul yaitu sering terjadinya *downtime* yang tidak terduga yang mengakibatkan produksi berhenti secara mendadak. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan perawatan pencegahan dan interval waktu pemeriksaan optimal mesin – mesin menggunakan kriteria minimasi *downtime* agar produksi jamu tetap berjalan sesuai fungsinya. Metode penelitian yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance II* dengan analisa kualitatif meliputi FMEA dan RCM II *Worksheet* yang akan dijadikan acuan untuk memilih sub-sistem atau mesin manakah yang memerlukan perlakuan khusus terlebih dahulu. Analisa kuantitatif yang dilakukan menghasilkan mesin *Streep Sirup 8-Line Jonan No Inventory J* sebagai mesin dengan frekuensi *downtime* terbanyak sebesar 8725 menit. Dan didapatkan komponen pisau belah dan *seal o-ring* sebagai komponen kritis. Dari hasil pengolahan data didapatkan interval waktu pemeriksaan pada komponen pisau belah dan *seal o-ring* adalah selama selang waktu 180 jam sekali atau 4 kali dalam sebulan dan 360 jam sekali atau 2 kali dalam sebulan. Serta didapatkan interval waktu perawatan pencegahan pada komponen pisau belah dan *seal o-ring* sebesar 53700 menit atau 899,606 jam kerja mesin dan 151300 menit atau 2521,67 jam kerja mesin.

Keyword : RCM II, FMEA, *downtime*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT KETERANGAN PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1. Kajian Induktif	7
2.2. Kajian Deduktif.....	9
2.2.1. Teori Perawatan.....	9
2.2.2. Jenis - jenis Perawatan	10
2.2.3. Kegiatan-kegiatan Perawatan	11
2.2.4. Diagram Pareto.....	12
2.2.5. Keandalan.....	13
2.2.6. Reliability Centered Maintenance	15

2.2.7. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	18
2.2.8 <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	22
2.2.9 Jenis Fungsi Distribusi Kegagalan.....	23
2.2.10 Uji Kecocokan.....	27
2.2.11 Identifikasi Distribusi antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan.....	29
2.2.12 Estimasi Parameter	29
2.2.13. <i>Mean Time to Failure</i>	31
2.2.14. <i>Mean Time to Repair</i>	31
2.2.15. Model Perawatan.....	32
BAB III	35
METODE PENELITIAN	35
3.1 Objek Penelitian	35
3.2 Metode Pengumpulan Data	35
3.3 Kerangka Penelitian	35
3.4 Pengolahan Data	37
BAB IV	38
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	38
4.1. Profil Perusahaan	38
4.2. Proses Produksi	39
4.3. Pengumpulan Data	42
4.3.1. Data Jumlah Kerusakan Mesin	42
4.3.2. Data Jumlah Kerusakan Komponen	48
4.4. Pengolahan Data.....	52
4.4.1. <i>Function Block Diagram</i>	52
4.4.2. FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).....	53
4.4.3. LTA (<i>Logic Tree Analysis</i>).....	56
<i>Critically analysis</i>	58
4.4.4. RCM II Worksheet	59
4.4.5. Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Failure</i>	61
4.4.6. Uji kecocokan <i>Goodness of Fit</i> Data Kerusakan Komponen	76
4.4.7. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Kerusakan (<i>Mean Time to Failure</i>).....	80
4.4.8. Penentuan Jenis Distribusi <i>Time to Repair</i>	81

4.4.9. Uji kecocokan <i>Goodness of Fit</i> Data Perbaikan Komponen	96
4.4.10. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Perbaikan (<i>Mean Time to Repair</i>)	100
BAB V	110
PEMBAHASAN	110
5.1. <i>Function Block Diagram</i> (FBD).....	110
5.2. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	111
5.3. <i>Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	112
5.4. RCM II <i>Worksheet</i>	112
5.5. Penentuan Mesin dan Komponen Kritis	112
5.6. Penentuan Jenis Distribusi Time to Failure dan Time to Repair	113
5.7. Analisa Uji Kecocokan <i>Goodness of Fit</i>	115
5.8. Analisa Perhitungan Parameter dan Waktu Antar Kerusakan (<i>Mean Time To Failure</i>)	115
5.9. Analisa Perhitungan Parameter dan Waktu Antar Perbaikan (<i>Mean Time To Repair</i>)	116
5.10. Analisa Perhitungan Interval Waktu Penggantian Optimal Menggunakan Model Perawatan <i>Age Replacement</i>	116
5.11. Analisa Perbandingan <i>Reliability</i> Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen.....	117
BAB VI.....	119
KESIMPULAN DAN SARAN	119
6.1. Kesimpulan	119
6.2. Saran	120
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN.....	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1RCM II Worksheet.....	17
Tabel 2. 2 Tabel FMEA	18
Tabel 2. 3 Rating Severity	19
Tabel 2. 4 Rating Occurance.....	20
Tabel 2. 5 Rating Detection	21
Tabel 4. 1 Tabel Jumlah Frekuensi Downtime Mesin Produksi Sirup	43
Tabel 4. 2 Jumlah Total Frekuensi Downtime Mesin Produksi Sirup	48
Tabel 4. 3 Daftar Kerusakan Komponen	49
Tabel 4. 4 Jumlah Total Frekuensi Downtime Mesin Streep Sirup 8-Line (J)	51
Tabel 4. 5 FMEA Mesin Streep Sirup 8-Line (J).....	54
Tabel 4. 6 LTA Mesin Streep Sirup 8-Line (J).....	57
Tabel 4. 7 RCM II Worksheet.....	59
Tabel 4. 8 Perhitungan time to failure distribusi Normal	61
Tabel 4. 9 Perhitungan time to failure distribusi Log Normal	63
Tabel 4. 10 Perhitungan time to failure distribusi Eksponensial	65
Tabel 4. 11 Perhitungan time to failure Weibull.....	67
Tabel 4. 12 Nilai Fungsi Index of Fit (r).....	69
Tabel 4. 13 Perhitungan time to failure distribusi Normal	70
Tabel 4. 14 Perhitungan time to failure distribusi Log Normal	71
Tabel 4. 15 Perhitungan time to failure distribusi Eksponensial	73
Tabel 4. 16 Perhitungan time to failure distribusi Weibull.....	74
Tabel 4. 17 Nilai Fungsi Index of Fit (r).....	76
Tabel 4. 18 Perhitungan uji Kolmogorov-Smirnov Test	77
Tabel 4. 19 Perhitungan uji Mann's Test.....	79
Tabel 4. 20 Perhitungan time to repairedistribusi Normal.....	81
Tabel 4. 21 Perhitungan time to repairedistribusi Log Normal	83
Tabel 4. 22 Perhitungan time to repair distribusi Eksponensial	85
Tabel 4. 23 Perhitungan time to repair distribusi Weibull.....	87
Tabel 4. 24 Nilai Fungsi Index of Fit (r).....	89
Tabel 4. 25 Perhitungan time to repair distribusi Normal.....	90
Tabel 4. 26 Perhitungan time to repair distribusi Log Normal	91
Tabel 4. 27 Perhitungan time to repair distribusi Eksponensial	93
Tabel 4. 28 Perhitungan time to repair distribusi Weibull.....	94
Tabel 4. 29 Nilai Fungsi Index of Fit (r).....	96
Tabel 4. 30 Perhitungan uji Kolmogorov-Smirnov Test	97
Tabel 4. 31 Perhitungan uji Kolmogorov-Smirnov Test	99
Tabel 4. 32 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen Pisau Belah.....	101
Tabel 4. 33 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen Seal O-ring	103
Tabel 4. 34 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan	107

Tabel 4. 35 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan	108
Tabel 5. 1 Hasil Perhitungan Nilai Index of Fit (r) Data Waktu Kerusakan Pisau Belah	113
Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Nilai Index of Fit (r) Data Waktu Kerusakan Seal O-ring	114
Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Nilai Index of Fit (r) Data Waktu Perbaikan Pisau Belah	114
Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Nilai Index of Fit (r) Data Waktu Perbaikan Seal O-ring	114
Tabel 5. 5 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTF Komponen Pisau Belah .	115
Tabel 5. 6 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTF Komponen Seal o-ring...	116
Tabel 5. 7 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTR Komponen Pisau Belah .	116
Tabel 5. 8 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTR Komponen Seal o-ring ..	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan antara berbagai bentuk perawatan	11
Gambar 2. 2 <i>Bath Tub Curve</i>	14
Gambar 2. 3 Kurva Keandalan.....	15
Gambar 2. 4 <i>RCM Decision Diagram</i>	17
Gambar 2. 5 Kurva Distribusi Normal.....	23
Gambar 2. 6 Kurva Distribusi Lognormal	24
Gambar 2. 7 Kurva Distribusi <i>Weibull</i>	25
Gambar 2. 8 Kurva Distribusi Eksponensial.....	26
Gambar 3. 1 Kerangka penelitian	36
Gambar 4. 1 Alur Ekstraksi	39
Gambar 4. 2 Alur Produksi Sediaan Padat.....	40
Gambar 4. 3 Alur Produksi Kapsul.....	41
Gambar 4. 4 Alur Produksi Sediaan Cair.....	42
Gambar 4. 5 Diagram Pareto Total <i>Downtime</i> Mesin Produksi Sirup.....	48
Gambar 4. 6 Diagram Pareto <i>Downtime</i> Komponen Mesin Streep Sirup 8-Line (J).....	52
Gambar 4. 7 <i>Function Block Diagram</i> Mesin Streep Sirup 8-Line (J).....	52
Gambar 4. 8 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data <i>time to failure</i> Pisau Belah	63
Gambar 4. 9 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data <i>time to failure</i> Pisau Belah.....	65
Gambar 4. 10 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Eksponensial Data <i>time to failure</i> Pisau Belah.....	67
Gambar 4. 11 Grafik Plot Probabilitas Distribusi <i>Weibull</i> Data <i>time to failure</i> Pisau Belah	69
Gambar 4. 12 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data <i>time to failure Seal O-ring</i>	71
Gambar 4. 13 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data <i>time to failure Seal O-ring</i>	72
Gambar 4. 14 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Eksponensial Data <i>time to failure Seal O-ring</i>	74
Gambar 4. 15 Grafik Plot Probabilitas Distribusi <i>Weibull</i> Data <i>time to failure Seal O-ring</i>	75
Gambar 4. 16 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data <i>time to repair</i> Pisau Belah	83
Gambar 4. 17 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data <i>time to repair</i> Pisau Belah.....	85

Gambar 4. 18 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Ekspensial Data <i>time to repair</i> Pisau Belah.....	87
Gambar 4. 19 Grafik Plot Probabilitas Distribusi <i>Weibull</i> Data <i>time to repair</i> Pisau Belah	89
Gambar 4. 20 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data <i>time to repair Seal</i>	91
Gambar 4. 21 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data <i>time to repair Seal O-ring</i>	92
Gambar 4. 22 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Ekspensial Data <i>time to repair Seal O-ring</i>	94
Gambar 4. 23 Grafik Plot Probabilitas Distribusi <i>Weibull</i> Data <i>time to repair Seal</i>	95
Gambar 4. 24 Grafik Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan Komponen Pisau Belah.....	108
Gambar 4. 25 Grafik Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan Komponen <i>Seal O-ring</i>	109
Gambar 5. 1 Grafik Keandalan sebelum dan Sesudah Perawatan Pencegahan Komponen Pisau Belah.....	117
Gambar 5. 2 Grafik Keandalan sebelum dan Sesudah Perawatan Pencegahan Komponen <i>Seal O-ring</i>	118

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pada era Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) saat ini tidak hanya seorang individu dituntut untuk lebih meningkatkan standarnya dalam berkompetisi namun juga suatu kelompok untuk bertahan dalam suatu persaingan bisnis. Dalam hal ini, suatu industri harus mampu meningkatkan kualitas produk serta mampu memenuhi permintaan tepat waktu agar tidak mengalami *lost order*. Dengan semakin bebasnya pemasaran produk dari negara-negara ASEAN yang masuk ke Indonesia diharapkan industri yang ada di Indonesia semakin meningkatkan kualitas produk dan pemasaran yang semakin merata.

Dalam suatu industri manufaktur wajib adanya penjaminan mutu dalam setiap lini produksi agar produk yang diterima oleh konsumen adalah produk yang berkualitas untuk dikonsumsi dan tidak mengganggu kesehatan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Untuk mencapai hal ini adanya integrasi antar komponen produksi. Komponen atau elemen struktural yang membentuk sistem produksi terdiri dari : bahan (material), mesin dan peralatan, tenaga kerja, modal, energi, informasi, tanah, dan lain-lain, Sedangkan komponen atau elemen fungsional terdiri dari: *supervise*, perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan, yang semuanya berkaitan dengan manajemen dan organisasi. (Gaspersz, 1998).

Dalam menjalankan suatu proses industri manufaktur massal perlu didukung mesin untuk memproduksi secara cepat, banyak, dan aman. Mesin adalah suatu peralatan yang digerakkan oleh suatu kekuatan atau tenaga yang dipergunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagian produk tertentu. (Assauri, 2004). Mesin sebagai pembantu manusia ini tentu mempunyai masa performa untuk bekerja secara optimal, untuk tetap menjaga performa mesin ini perlu adanya perawatan mesin yang terjadual serta terintegrasi dengan penjadualan produksi. Menurut M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2001) pemeliharaan atau *maintenance* adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas). Dalam hal perawatan banyak sekali penerapan idealisme bahwa dalam segi biaya perawatan itu murah sedangkan untuk perbaikan itu mahal (Setiawan, 2008). Untuk melakukan suatu pemeliharaan mesin perlu adanya penjadualan yang tepat agar tidak mengganggu proses produksi secara kumulatif, adapun menurut (Daryus, 2008) dalam bukunya manajemen pemeliharaan mesin Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang kegunaan asset,
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu,
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

PT. Deltomed *Laboratories* adalah perusahaan yang bergerak di bidang Industri Obat Tradisional (IOT) dan suplemen makanan yang terletak di Kabupaten Wonogiri. PT. Deltomed *Laboratories* memproduksi berbagai macam obat herbal dan suplemen makanan yang banyak dikonsumsi sehari-hari untuk menjaga daya tahan tubuh ataupun saat mengalami gejala sakit seperti flu, pegal linu, nyeri, demam. Hasil produksi PT. Deltomed *Laboratories* dibagi menjadi dua jenis yaitu cair atau sirup dan padat atau tablet dan kapsul.

Dalam satu kurun periode, pada rantai produksi harus memenuhi permintaan pasar agar kebutuhan di masyarakat terpenuhi. Maka untuk bisa memenuhi permintaan tersebut salah satu aspek yang penting yaitu kinerja mesin yang optimal. Agar tercapai hal ini, maka mesin memerlukan sistem perawatan yang berkala dan terorganisir dengan baik.

PT. Deltomed *Laboratories* sering mengalami kendala yaitu sering terjadinya kerusakan yang mengakibatkan *downtime* pada mesin. Hal ini berdampak pada terhentinya produksi secara mendadak yang berakibat pemenuhan permintaan pasar akan terlambat. Salah satu mesin yang sering mengalami *downtime* yaitu pada lini produksi sirup yaitu mesin *streep sirup 8-line no inventory J*. Diharapkan dengan sistem perawatan pencegahan yang baik akan memperpanjang umur penggunaan serta menjaga keandalan mesin agar tetap berfungsi optimal.

Untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut harus didasarkan analisis terhadap mesin dan data konkrit untuk mengetahui dasar kinerja mesin dan masa optimal mesin untuk bekerja. Salah satu metode untuk menganalisis perawatan mesin itu adalah *reliability centered maintenance II (RCM II)*.

Usulan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* yaitu perusahaan tersebut mengetahui adanya komponen kritis pada mesin produksinya, menentukan penjadualan atau interval waktu pemeliharaan mesin, dan menghitung keandalan mesin atau komponen sebelum dan sesudah diterapkannya metode RCM II dan interval waktu penjadualan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi pada latar belakang diatas persoalan yang muncul dalam penelitian akan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Komponen apa yang menjadi komponen kritis pada mesin yang perlu adanya pemeliharaan khusus ?
2. Berapa interval waktu kerusakan dan interval waktu perbaikan yang optimal ?
3. Berapa interval waktu penggantian komponen yang optimal ?

4. Berapa interval waktu pemeriksaan yang optimal dalam sebulan ?

1.3. Batasan Masalah

Setiap penelitian yang dilakukan memerlukan ruang lingkup dan fokus kajian yang terarah. Oleh karena itu, penelitian ini perlu diberi pembatasan supaya kajian dapat terfokus dan menghasilkan penelitian yang baik. Pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan data kerusakan mesin dalam periode Januari 2012 sampai dengan Desember 2015.
2. Terfokus pada komponen kritis yang dipilih berdasarkan diagram pareto.
3. Mengambil dua komponen dengan data *downtime* terbesar.
4. Tidak mempertimbangkan aspek biaya dalam menentukan mesin atau komponen yang akan dilakukan perawatan pencegahan.
5. Mesin yang menjadi objek penelitian yaitu mesin *Streep Sirup 8-Line Jonan No Inventory J*.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian diatas maka dapat disusun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui komponen-komponen kritis pada mesin.
2. Mengetahui interval waktu kerusakan dan interval waktu perbaikan.
3. Mengetahui interval waktu penggantian berdasarkan umur optimal komponen.
4. Mengetahui interval pemeriksaan yang optimal dalam sebulan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Untuk mahasiswa, penelitian ini bermanfaat untuk menambah keilmuan mahasiswa dalam hal perawatan mesin produksi.

2. Pengimplementasian keilmuan yang didapat di bangku perkuliahan pada realita pekerjaan industri.
3. Sebagai bahan pertimbangan untuk perusahaan untuk membenahi ataupun meningkatkan kualitas sistem manajemen perawatan mesin produksi melalui penelitian ini.

1.6.Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini ditulis berdasarkan kaidah penulisan ilmiah sesuai dengan sistematika seperti berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang deskripsi pendahuluan kegiatan penelitian, mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian serta sistematika penulisan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan tentang teori-teori dari referensi buku maupun jurnal serta hasil penelitian terdahulu berkaitan dengan masalah penelitian yang digunakan sebagai acuan penyelesaian masalah

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang uraian kerangka dan alur penelitian, objek penelitian yang akan diteliti dan juga metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang dilakukan terhadap hasil

yang diperoleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada bab V.

BAB V PEMBAHASAN

Berisi tentang pembahasan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian. Kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga menghasilkan sebuah rekomendasi.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dalam permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Daftar Tabel

Daftar Gambar

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kajian literatur sebagai landasan untuk melakukan penelitian

2.1. Kajian Induktif

Penelitian tentang pemeliharaan mesin menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* pernah dilakukan juga oleh Kurniawan dan Rani Rumita pada tahun 2014 yang berjudul Perencanaan Sistem Perawatan Mesin *Urbannbyte* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) di departemen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang yang bergerak di bidang percetakan koran. Periode data kerusakan yang dipakai yaitu pada bulan April 2013 sampai dengan Maret 2014. Mesin *Urbannbyte* adalah mesin yang terpilih karena mempunyai frekuensi *breakdown* terbesar dan mempunyai 4 komponen yang memiliki nilai RPN terbesar yaitu *tucker blade* sebesar 160, *electromagnetic cluth* sebesar 150, *bearer* sebesar 128, dan *belt ring* sebesar 120. Berdasar *Logic Tree Analysis* (LTA) komponen *tucker blade*, *electromagnetic cluth*, *bearer*, dan *belt ring* harus dilakukan *scheduled discard task* dan analisis menyebutkan fase laju kerusakan yang cenderung tajam. Biaya perawatan (T_c) dan interval waktu penggantian pada 4 komponen pada mesin *Urbannbyte* untuk meminimalisir *downtime* yaitu komponen *tucker blade* sebesar Rp 2.433.676 per 61 hari, *electromagnetic cluth* sebesar Rp 2.198.415 per 72 hari, *bearer* sebesar Rp 1.813.811 per 81 hari dan *belt ring* Rp 1.801.597 per 60 hari

Penelitian tentang perawatan mesin juga pernah dilakukan oleh Taufiq Imawan dan Hasan Joko Saputra pada tahun 2010 dengan berfokus kepada

penentuan waktu perawatan pencegahan dan interval waktu pemeriksaan optimal pada komponen kritis rantai transfer pada PT. Pura Barutama Kudus. PT. Pura Barutama Kudus adalah perusahaan yang bergerak di industri percetakan kertas. Produksi akan terganggu dikarenakan adanya kerusakan (*downtime*) sehingga untuk mengatasi masalah ini diperlukan usulan untuk perawatan pencegahan dan interval waktu pemeriksaan secara optimal. Didapatkan mesin Adler IIB yang mempunyai prosentase *downtime* yang paling besar yaitu 30,89 %. Komponen rantai transfer diidentifikasi sebagai komponen yang akan diteliti dengan *downtime* sebesar 13250 menit. Didapatkan hasil interval waktu pemeriksaan pada rantai transfer adalah selama selang waktu 240 jam sekali dengan frekuensi sebesar 3 kali sebulan. Interval waktu pemeriksaan optimal adalah selama selang waktu 16531,2221 menit sejak komponen pertama kali beroperasi setelah dilakukan pergantian. Waktu perbaikan yang optimal adalah maksimal 106,4181 menit setiap kali *shutdown*.

Irawan, Arif, dan Zefry tahun 2014 juga telah melakukan tentang perawatan mesin didalam jurnalnya yang berjudul Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance II*(RCM II) pada Mesin *Blowing OM* di PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang. PT Industri Sandang Nusantara unit Patal Lawang bergerak di industri benang tipe R 30. Masalah yang sering dihadapi oleh PT Industri Sandang Nusantara ini adalah mesin-mesin yang sudah tua menyebabkan *downtime* yang tinggi. Untuk itu diperlukan usulan kebijakan perawatan yang optimal sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik. Pemilihan mesin *Blowing OM* dikarenakan downtime yang tinggi diantara mesin-mesin yang lainnya, dan didapat komponen kritis pada mesin *blowing OM* yaitu *flet belt* dan *spike lattice*. Hasil analisis interval perawatan menunjukkan bahwa jenis kerusakan permukaan karet *felt belt* tidak rata memiliki interval perawatan yang optimal sebesar 510 jam, karet *felt belt* longgar 260 jam, *felt belt* putus 580 jam, kayu *spike lattice* patah 620 jam, dan paku *spike lattice* patah 500 jam. Dari perhitungan total biaya perawatan total biaya perawatan optimal diperoleh hasil dengan jenis kerusakan permukaan karet *felt belt* tidak rata sebesar Rp 7.973.519,82, karet *felt belt* longgar Rp 11.000.673,81, *felt belt* putus sebesar Rp 14.061.553,06, kayu *spike lattice* patah sebesar Rp 19.170.330,63, dan paku *spike lattice* patah sebesar Rp 30.880.512,66. Dengan menggunakan RCM II mendapatkan

penurunan biaya perawatan dari sebelumnya dalam mesin *blowing OM* sebesar 10,27%.

2.2. Kajian Deduktif

2.2.1. Teori Perawatan

Menurut Assauri (2008) *maintenance* merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dengan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Adapun tujuannya adalah untuk memelihara kemampuan sistem dan mengendalikan biaya sehingga sistem harus dirancang dan dipelihara untuk mencapai standar mutu dan kinerja yang diharapkan. Pemeliharaan meliputi segala aktifitas yang terlibat dalam penjaagaan peralatan sistem dalam aturan kerja (Dwiningsih, 2007).

Perawatan juga bisa dikatakan sebagai kegiatan yang vital dan mengakibatkan kerugian yang besar apabila tidak pernah dijadualkan bahkan tidak pernah dilakukan. Kegiatan perawatan dilakukan agar produk yang diproduksi bisa diterima oleh konsumen tepat waktu atau tidak banyaknya waktu menganggur yang terjadi karena bahan baku tidak bisa diproses karena kegagalan mesin. Adapun tujuan lain dari kegiatan perawatan adalah sebagai berikut (Assauri, 2008) :

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi kebutuhan produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien untuk keseluruhannya.

5. Memperhatikan dan menghindari kegiatan – kegiatan operasi mesin serta peralatan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.
6. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi – fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return investment* yang sebaik mungkin dan total biaya serendah mungkin.

2.2.2. Jenis - jenis Perawatan

Jenis –jenis perawatan dibawah ini adalah 2 jenis perawatan yang berdasar penempatan perlakuan waktunya (Higgins, 1995) :

a. *Preventive Maintenance vs Breakdown Maintenance*

Perawatan preventif sudah lama disadari sebagai kepentingan yang ekstrim dalam pengurangan biaya perawatan dan pembenahan keandalan dari suatu peralatan.

Dua hal penting yang mengontrol tingkat dari *preventive maintenance* adalah :

1. Pengeluaran dari program dibandingkan penghitungan pengurangan yang berhati-hati dalam biaya perbaikan total dan pengembangan performa peralatan
2. Prosentase penggunaan dari peralatan yang dirawat

Jika biaya dari persiapan untuk inspeksi perawatan preventif pada pokoknya sama dengan biaya perbaikan setelah kegagalan dengan inspeksi perawatan preventif, justifikasinya kecil. Jika dalam hal lain, kerusakan dapat menghasilkan kerusakan berat untuk peralatan dan biaya yang lebih untuk memperbaikinya, penjadwalan waktu inspeksi seharusnya dipertimbangkan.

Sistem pemeliharaan mesin sangat dibutuhkan perusahaan untuk menentukan pola pemeliharaan mesin yang tepat untuk meminimalisir terjadinya *downtime* yang berimbas pada terhentinya suatu produksi yang tidak terprediksi serta dikeluarkannya biaya tambahan untuk segera memperbaiki mesin bahkan untuk membeli komponen mesin yang rusak yang tidak selalu bisa di *order* dengan cepat.

b. Jenis – jenis perawatan

Menurut Corder (1988) perawatan dibagi menjadi 2 aktivitas yaitu terencana dan tidak terencana. Hanya ada satu perawatan tidak terencana yaitu perawatan darurat yaitu perawatan yang dilakukan untuk dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk alasan keselamatan kerja.

Perawatan terencana dibagi menjadi dua aktivitas utama yaitu pencegahan dan korektif yang telah didefinisikan jelas dalam BS3811.

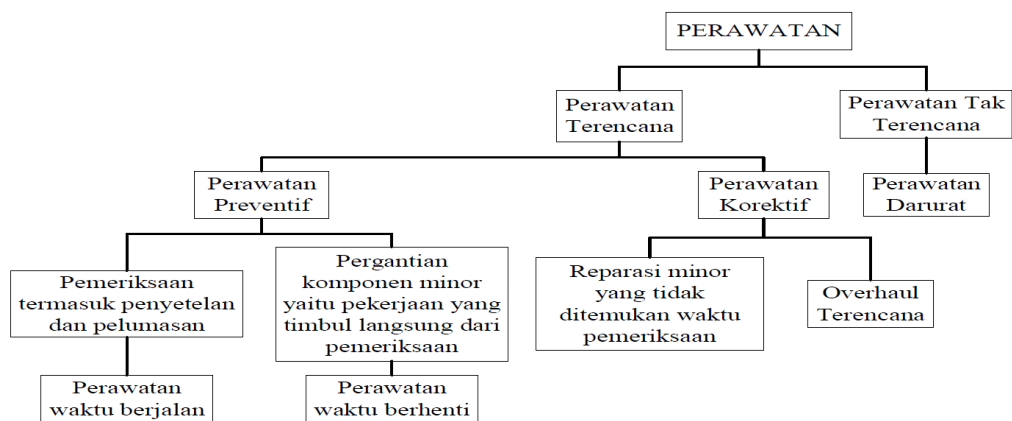
a. Perawatan pencegahan

Perawatan terencana mempunyai bagian utama yaitu berdasar aktivitas “lihat,dengar, dan rasakan” dan penyetelan minor pada selang waktu yang telah ditentukan serta penggantian komponen minor yang ditemukan perlu diganti pada saat pemeriksaan.

b. Perawatan korektif

Meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek yang mungkin timbul dalam pemeriksaan, juga *overhaul* terencana seperti *overhaul* tahunan atau dua tahunan.

Hubungan antara perawatan terencana dan tidak terencana dapat digambarkan dengan *tree diagram* dibawah ini :



Gambar 2. 1 Hubungan antara berbagai bentuk perawatan

2.2.3. Kegiatan-kegiatan Perawatan

Tugas – tugas atau kegiatan perawatan dapat digolongkan ke dalam salah satu dari lima tugas pokok yaitu (Assauri, 2008) :

1. Inspeksi (*inspection*)

Yaitu kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala bangunan dan peralatan pabrik sesuai dengan rencana serta kegiatan pengecekan atau pemeriksaan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan dan membuat laporan-laporan dari hasil pengecekan atau pemeriksaan tersebut.

2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

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

3. Kegiatan produksi (*Production*)

Secara fisik, melakukan pekerjaan yang diusulkan dalam kegiatan teknik dan inspeksi, melaksanakan kegiatan *service* dan pelumasan.

4. Kegiatan Administrasi (*Clerical Work*)

Merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen atau *spare parts*, *progress report* tentang apa yang telah dikerjakan, waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut, dan komponen atau *spare parts* yang tersedia di bagian *maintenance*.

5. Pemeliharaan Bangunan (*House keepin*)

Kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya.

2.2.4. Diagram Pareto

Menurut *Vincent Gaspersz* (2002) diagram pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan.

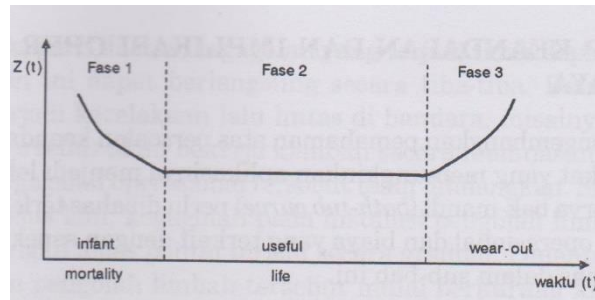
Pada dasarnya diagram pareto dapat dipergunakan sebagai alat interpretasi untuk:

1. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab-penyebab yang ada
2. Memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting melalui membuat ranking terhadap masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan

2.2.5. Keandalan

Keandalan dalam berbagai hal bisa dianggap sebagai parameter suatu hal dikatakan “baik” atau “jelek”. Tidak sedikit stigma yang diperoleh suatu produk tentang keandalan berdampak tidak dipercayainya kualitas suatu barang untuk dikonsumsi atau digunakan. Definisi keandalan sendiri seringkali masih berbeda-beda walaupun banyak sekali definisi-definisi yang dikeluarkan oleh lembaga atau peneliti. Menurut Daniel Mohammad Rosyid (2007) keandalan sebuah komponen atau sistem adalah peluang komponen atau sistem tersebut untuk memenuhi tugas yang telah ditetapkan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu apabila dioperasikan dengan benar dalam lingkungan tertentu.

Secara konseptual untuk memudahkan konsep keandalan dapat menggunakan kurva bak mandi (*bath tub curve*). Secara fundamental ada 2 konsep laju kegagalan yang berimplikasi dengan perlakuan terhadap sistem atau komponen. Yang pertama adalah Fungsi Laju Bahaya atau *Hazard Rate Function* yang disimbolkan dengan $z(t)$ dan yang kedua adalah Laju Kegagalan (*failure rate*). Perbedaan dari kedua konsep adalah perlakuan khusus terhadap komponen yang *repaireable* dan *non-repaireable*. Untuk konsep Fungsi Laju Bahaya komponen yang dilukiskan dalam kurva yaitu yang bersifat *non-repaireable* sedangkan untuk Laju Kegagalan untuk komponen yang *repaireable* dalam menyusun suatu sistem.



Gambar 2. 2 Bath Tub Curve

Sumber : Daniel Mohammad Rosyid (2007)

Sebagaimana digambarkan, sebuah komponen yang khas akan bekerja dengan “sejarah hidup” yang terbagi dalam tiga fase pada kurva bak mandi ini yaitu :

Fase 1

Pada fase ini, $z(t)$ menunjukkan gejala menurun akibat terjadinya kegagalan dini (*premature*). Gejala ini juga dapat diamati pada definisi genetika yang menyebabkan kematian dini bayi. Oleh sebab itu, fase ini disebut fase kematian bayi (*infant mortality phase*).

Fase 2

Pada fase ini komponen $z(t)$ yang kurang lebih konstan. Pada fase ini kegagalan umumnya terjadi secara tidak wajar, seperti tegangan berlebihan, atau kecelakaan. Kegagalan yang terjadi pada fase ini lazim disebut kegagalan acak. Fase ini umum disebut fase operasi normal.

Fase 3

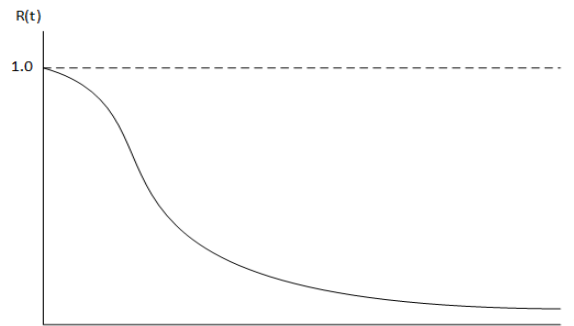
Fase ini menunjukkan $z(t)$ yang berkecenderungan meningkat. Ini berarti bahwa selama fase 3 ini, peluang kegagalan komponen selama interval yang sama berikutnya bertambah besar. Ini merupakan gejala yang sama pada proses penuaan (*ageing*) sehingga fase ini lazim disebut fase pengausan (*wear-out phase*).

Adapun menurut Charles Ebeling (1997) fungsi keandalan yaitu probabilitas suatu peralatan akan bekerja sesuai standarnya tanpa mengalami kerusakan pada suatu periode waktu (t) dengan fungsi sebagai berikut :

$$R(t) = P(x \geq t)$$

Dengan :

$R(t)$ = keandalan yang merupakan probabilitas bahwa waktu kerusakan lebih besar daripada atau sama dengan t



Gambar 2. 3 Kurva Keandalan

Sumber : Charles Ebeling (1997)

2.2.6. Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance adalah suatu proses untuk menjamin suatu aset fisik berjalan sesuai keinginan pengguna (Moubray, 1997). Secara definitif bahwa disebutkan penggunaan RCM disini diharapkan menjadi sistem perawatan yang bisa menekan angka kerusakan mendadak yang seharusnya bisa diketahui oleh pengguna. Selain itu untuk menjaga alur produksi tetap pada porosnya sesuai permintaan yang diolah untuk diserahkan ke bagian produksi.

Adapun menurut Moubray (1997) tujuan dari penggunaan RCM ini adalah sebagai berikut :

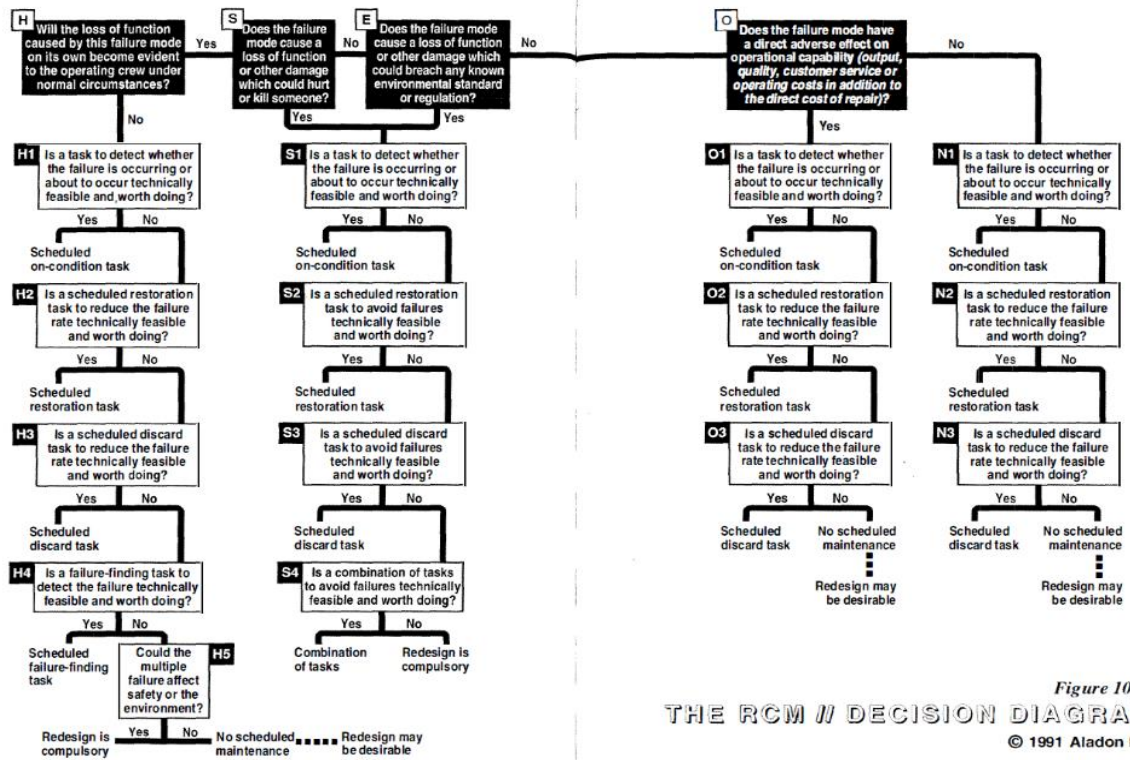
1. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintainability*) baik.
2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan *improvement* pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem pemeliharaan yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

Reliability Centered Maintenance (RCM) II merupakan metode penggabungan dari analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dalam penentuan sistem pemeliharaan (Moubray, 1997). Analisa kualitatif dapat diambil dari tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan sesuai analisa mode kegagalan yang dilihat dari

analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Sedangkan analisa kuantitatif dilihat dari hasil perhitungan interval waktu kerusakan komponen kritis sehingga dapat mempertimbangkan waktu perbaikan optimal yang selanjutnya akan dituliskan ke dalam RCM II *Decision Worksheet*.

RCM II mempunyai kelebihan dalam penentuan sistem pemeliharaan yang difokuskan pada komponen atau mesin kritis (*critical item list*) dan menghindari kegiatan pemeliharaan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat (Moubray, 1997). Dalam menggunakan RCM II tidak hanya dapat menentukan waktu interval perbaikan tetapi juga dapat mengetahui efek dari kegagalan dari suatu mesin dari aspek keselamatan operator dan aset perusahaan, dapat meningkatkan ketersediaan dan keandalan peralatan.

Dalam pembuatan RCM II *Decision Worksheet* didasarkan dari penggabungan dari analisa tabel FMEA dan mengetahui konsekuensi kegagalan pada tahap LTA dan menggunakan RCM *decision diagram*. RCM *decision diagram* digunakan untuk menentukan usulan tugas pada kegagalan yang ada. Tugas atau *task* tersebut ada 4 bagian yaitu *scheduled discard task*, *scheduled restoration task*, *scheduled on-condition task*, dan *combination of task*. Dibawah ini adalah RCM *decision diagram* dan RCM II *worksheet* :



Gambar 2. 4 RCM Decision Diagram

Sumber : John Moubray, 1997

Tabel 2. 1RCM II Worksheet

RCM II Decision Worksheet		Sistem :										Date :	Sheet No:										
		Sub-System :											Proposed task	Of :									
		Fungsi Sub Sistem :												Initial Interval	Can done by								
Information Reference					Consequence Evaluation					Default Action			Proposed task	Initial Interval	Can done by								
No	Equip	F	F	F	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4				H5	S1	S2	S3	S4	O1	O2	O3
									E1	E2	E3												
									O1	O2	O3												

Sumber : Moubray , 1997

Untuk mengisi kolom RCM II *Worksheet* pada kolom F, FF, dan FM diisi sesuai FMEA. Untuk mengisi kolom H, S, E, O, H1, H2, H3, S1, S2, S3, E1, E2, E3, O1, O2, O3, H4, H5, dan S4 berdasarkan hasil *decision diagram* atau *logic tree analysis*.

2.2.7. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Kerusakan suatu mesin yang terjadi pada suatu kurun waktu dapat menimbulkan dampak yang cukup besar bagi perusahaan. Jenis-jenis kerusakan yang terjadi dapat menimbulkan efek dan akibat yang berbeda-beda juga terhadap kinerja mesin yang ada. Kerusakan yang timbul pasti ada potensi yang bisa dicari. Maka dari itu, apabila potensi penyebab bisa diketahui, pencegahan dan antisipasi akan menjadi hal yang penting untuk perusahaan. Berikut ini adalah contoh tabel analisa kegagalan dan efeknya atau biasa disebut *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) :

Tabel 2. 2 Tabel FMEA

<i>RCM Information Worksheet</i>		<i>Sistem :</i>						
		<i>Sub-Sistem :</i>						
		<i>Fungsi Sub-Sistem :</i>						
<i>No</i>	<i>Equipment</i>	<i>Function</i>	<i>Function Failure</i>	<i>Effect Of Failure</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>

Sumber : Gaspersz, 2002

Pada tabel 2.2 kolom *Equipment* diisi dengan nama komponen, kolom *function* diisi dengan fungsi komponen tersebut, pada kolom *function failure* diisi dengan kegagalan fungsi komponen tersebut, kolom *effect failure* diisi dengan akibat dari kegagalan komponen tersebut. Selanjutnya pada kolom S (*Severity*), O (*occurance*), dan D (*Detection*) pengisiannya menurut tabel yang telah ada.

Pada skala yang pertama yaitu tingkat keparahan (*Severity*) merupakan penilaian terhadap seberapa serius kerusakan dan efeknya. Dalam skala ini dapat diketahui dari tingkat keparahannya apabila tinggi, maka efek yang ditimbulkan

akan juga besar dan sebaliknya jika tingkat keparahannya rendah, maka efek yang ditimbulkan juga rendah.

Skala yang kedua yaitu tingkat kejadian (*Occurence*) merupakan kemungkinan bahwa mesin akan terjadi kegagalan selama masa periode tertentu. Penilaian tingkat kejadian ini menggunakan *rating* yang telah disesuaikan dengan frekuensi yang diprediksi dari kumulatif kegagalan yang terjadi.

Yang ketiga adalah skala deteksi (*Detection*) merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Setelah didapat ketiga skala maka dicari nilai RPN atau *Risk Priority Number* untuk menunjukkan tingkat prioritas mesin yang dianggap membahayakan dan memerlukan perlakuan khusus dan cepat. RPN dapat dituliskan rumusnya sebagai berikut (Gaspersz, 2002) :

$$RPN = severity \times occurrence \times detection.....(2.1)$$

Dibawah ini merupakan tabel penilaian untuk skala *Severity* atau tingkat keparahan, *Occurance* atau tingkat kejadian, dan *Detection* atau tingkat deteksi :

Tabel 2. 3 *Rating Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect For FMEA</i>	<i>Rating</i>
Tidak Ada	Bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh	1
Sangat Minor	Gangguan minor pada lini produksi, Sebagian kecil produk harus dikerjakan ulang ditempat, Pelanggan yang jeli menyadari <i>defect</i> tersebut	2
Minor	Gangguan minor pada lini produksi, Sebagian produk harus dikerjakan secara on-line ditempat, Sebagian pelanggan menyadari <i>defect</i> tersebut	3
Sangat Rendah	Gangguan minor pada lini produksi Produk harus dipilah dan sebagiandikerjakan ulang, , Pelanggan secara umum menyadari <i>defect</i> tersebut	4
Rendah	Gangguan minor pada lini produksi 100% produk harus dikerjakan ulang, Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan beroperasi dengan performansi yang berkurang	5

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect For FMEA</i>	<i>Rating</i>
Sedang	Gangguan minor pada lini produksi, Sebagian produk harus dikerjakan ulang (tanpa ada pemilahan), Produk dapat beroperasi, tetapi sebagian item tambahan tidak dapat berfungsi	6
Tinggi	Gangguan minor pada lini produksi, Produk harus dipilah dan sebagian dibongkar ulang, Produk dapat beroperasi, performansinya berkurang	7
Sangat Tinggi	Gangguan major pada lini produksi 100% produk harus dibongkar, Produk tidak terdapat dioperasikan dan kehilangan fungsi utamanya	8
Berbahaya dengan peringatan	Dapat membahayakan operator mesin Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan, Kegagalan akan terjadi dengan didahului peringatan	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Dapat membahayakan operator mesin, Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan pemerintah, Kegagalan akan terjadinya tanpa adanya peringatan terlebih dahulu	10

(sumber : Gaspersz, 2002)

Tabel 2. 4 *Rating Occurance*

<i>Ranking occurrence</i>	<i>Kejadian</i>	<i>Kriteria Verbal</i>	<i>Tingkat kejadian kerusakan</i>
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi.	> 10.000 jam operasi mesin.
2	<i>Remote</i>	Kerusakan jarang terjadi.	6.001 - 10.000 jam operasi.
3	Sangat sedikit	Kerusakan terjadi sangat sedikit.	3.001 - 6.000 jam operasi.
4	Sedikit	Kerusakan terjadi sedikit.	2.001 - 3.000 jam operasi.
5	Rendah	Kerusakan terjadi pada	1.001 - 2.000 jam operasi.

Ranking occurrence	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat kejadian kerusakan
		tingkat rendah.	
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium.	401 - 1.000 jam operasi.
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi.	101 - 400 jam operasi.
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi.	11 - 100 jam operasi.
9	Sangat tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi.	2 - 10 jam operasi
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi.	< 2 jam operasi.

(sumber : Gaspersz, 2002)

Tabel 2. 5 *Rating Detection*

Ranking detection	Akibat	Kriteria Verbal
1	Hampir Pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4	<i>Moderate Highly</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	<i>Moderate</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan <i>moderate</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau

<i>Ranking detection</i>	<i>Akibat</i>	<i>Kriteria Verbal</i>
		mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8	<i>Remote</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan <i>remote</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

(sumber : Gaspersz, 2002)

2.2.8 Logic Tree Analysis(LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) dimaksudkan untuk membedakan prioritas pada setiap jenis kerusakan dan melakukan peninjauan fungsi serta kegagalan fungsi dari mesin atau komponen. Dalam setiap kegagalan atau kerusakan akan diprioritaskan dengan cara menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada pada LTA. Penggolongan jenis kerusakan menurut kekritisanya dapat digolongkan menjadi 4 yaitu sebagai berikut (Smith and Glenn, 2004) :

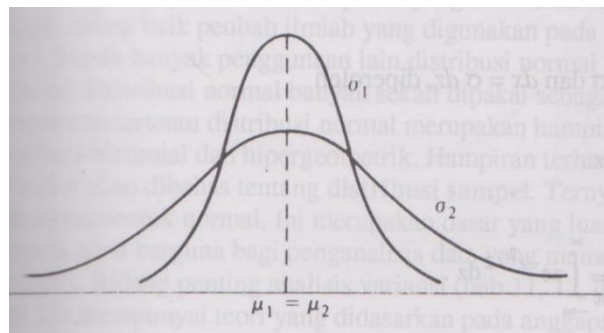
1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem ?
2. *Safety*, yaitu apakah kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan ?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti ?
4. *Category*, yaitu pengkategorian setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pengkategorian terbagi menjadi 4 kategori yaitu :
 - a. Kategori A (*Safety Problem*)
 - b. Kategori B (*Outage problem*)
 - c. Kategori C (*Economic problem*)
 - d. Kaetgori D (*Hidden problem*)

2.2.9 Jenis Fungsi Distribusi Kegagalan

Untuk mengetahui pola data yang terbentuk, maka digunakan 4 macam distribusi. Distribusi tersebut adalah distribusi normal, lognormal, *weibull*, dan eksponensial (Ebeling, 1997).

1. Fungsi Distribusi Normal

Distribusi normal menggambarkan dengan cukup baik banyak gejala yang muncul di alam, industri, dan penelitian. Dalam pengukuran fisik di bidang meteorologi, penelitian curah hujan, dan pengukuran suku cadang yang diproduksi seiring dengan baik dapat diterangkan menggunakan distribusi normal (Walpole, 1995). Berikut adalah gambar kurva dari distribusi normal (Walpole, 1995) :



Gambar 2. 5 Kurva Distribusi Normal

Sumber : Walpole dan Raymond (1995)

Fungsi-fungsi dalam distribusi normal adalah sebagai berikut (Ebeling, 1997) :

- a. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk $-\infty < t < \infty$ dimana $t =$ waktu

- b. Fungsi kumulatif kerusakan (*cumulative density function*)

$$F(t) = \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.5)$$

d. Fungsi laju kerusakan

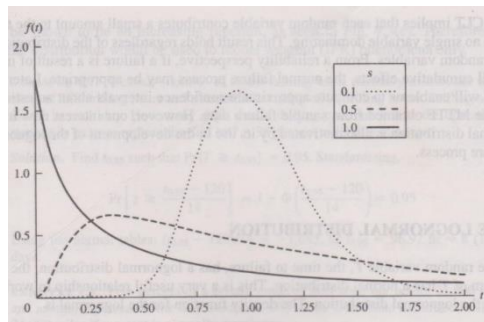
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)} \dots\dots\dots(2.6)$$

e. *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \mu \dots\dots\dots(2.7)$$

2. Fungsi Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu parameter bentuk (*s*) dan parameter lokasi (*t_{med}*) yang menjadi nilai tengah waktu kerusakan. Seperti ditribusi *Weibull*, distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi. Yang sering terjadi, biasanya data yang didekati dengan distribusi *Weibull* juga bisa didekati dengan distribusi lognormal (Ebeling, 1997). Dibawah ini adalah gambar fungsi lognormal :



Gambar 2. 6 Kurva Distribusi Lognormal

Sumber : Ebeling (1997)

Fungsi-fungsi dalam distribusi lognormal adalah sebagai berikut(Ebeling, 1997) :

a. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*)

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot s \sqrt{2\pi}} e \left\{ -\frac{1}{2s^2} \left[\frac{\ln t}{t_{med}} \right]^2 \right\} \dots\dots\dots(2.8)$$

b. Fungsi kumulatif kerusakan (*cumulative density function*)

$$F(t) = \Phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

d. Fungsi laju kerusakan

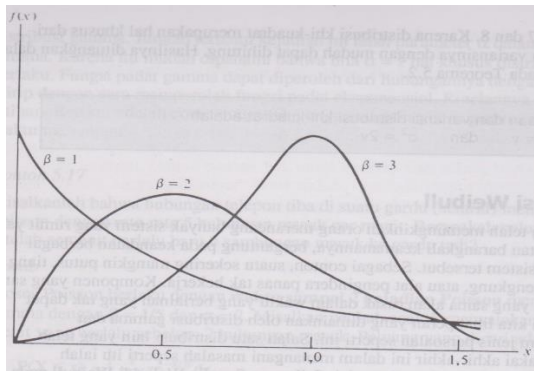
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

e. *Mean Time To Failure*

$$MTTF = e \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \dots\dots\dots(2.12)$$

2. Fungsi Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* adalah distribusi yang akhir-akhir ini biasa digunakan untuk menangani masalah dengan teknologi sekarang yang sangat rumit perancangan sistemnya, sistem keamanannya dan juga keandalan dari sistem tersebut. Sebagai contoh, suatu sekring putus, tiang baja melengkung, atau alat pengindra panas tidak bekerja. Komponen yang sama dalam lingkungan yang sama akan rusak dalam waktu yang berlainan yang tidak dapat diramalkan (Montgomery, 2005). Dibawah ini adalah gambar fungsi distribusi *Weibull* :



Gambar 2. 7 Kurva Distribusi *Weibull*

Sumber : Walpole dan Raymond (1995)

Fungsi-fungsi dalam distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut(Ebeling, 1997) :

- a. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*)

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} e \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk $t > 0$

- b. Fungsi kumulatif kerusakan (*cumulative density function*)

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

- c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$R(t) = e \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots(2.16)$$

d. Fungsi laju kerusakan

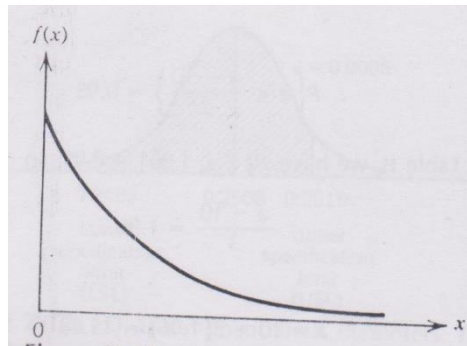
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \dots\dots\dots(2.17)$$

e. *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots(2.18)$$

4. Fungsi Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial secara luas digunakan dalam bidang keandalan sebagai model dari interval waktu kerusakan dari sebuah komponen atau sebuah sistem (Montgomery, 2005). Dibawah ini adalah gambar fungsi distribusi eksponensial :



Gambar 2. 8 Kurva Distribusi Eksponensial

Sumber : Montgomery (1985)

Fungsi-fungsi dalam distribusi eksponensial adalah sebagai berikut(Ebeling, 1997) :

a. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.19)$$

Untuk $t \geq 0$; $\lambda \geq 0$; dan $t =$ waktu

b. Fungsi kumulatif kerusakan (*cumulative density function*)

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \dots\dots\dots(2.20)$$

c. Fungsi keandalan (*reliability function*)

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \dots\dots\dots(2.21)$$

d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \dots\dots\dots(2.22)$$

e. *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(2.23)$$

2.2.10 Uji Kecocokan

Distribusi yang telah diamati selanjutnya harus dipertmbangkan agar sesuai dengan harapan. Distribusi yang telah diamati harus sesuai dengan nianilai teoritis yang telah ada agar bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Uji kecocokan distribusi yang gunakn adalah uji *Goodness of Fit*. Pengujian tersebut digunakan karena memiliki probablitas yang lebih besar dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai (Ebeling, 1997).

Uji *Goodness of Fit* dibagi menjadi dua jenis yaitu uji umum (*General Test*) dan uji khusus (*Spesific Test*). Untuk *General Test* digunakan untuk ukuran sampel yang lebih besar dan menggunakan *Chi Square Test*. Sedangkan untuk *Spesific Test* digunakan untuk ukuran sampel yang lebih kecil dan menggunakan *Least Square Test*. Yang termasuk dalam *spesific Test* yaitu *Kolomgrov-Smirnov* untuk distribusi normal dan Lognormal, *Barlett Test* digunakan untuk untuk distribusi Eksponensial, dan *Mann’s Test* untuk distribusi *Weibull* (Ebeling, 1997).

1. *Kolmogrov-Smirnov Test* untuk distribusi normal dan lognormal

H0 : Data *time to failure* berdistribusi normal atau lognormal

H1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi normal atau lognormal

$$D_n = \max(D_1, D_2) \dots\dots\dots(2.24)$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti-\bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$D_2 = \max \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \phi \left(\frac{ti-\bar{t}}{s} \right) \right\} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ti-\bar{t})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.27)$$

- Keterangan :
- ti* : *time to failure* ke-1
 - \bar{t} : rata-rata *time to failure*
 - s* : *standar deviasi*
 - n* : banyaknya data

Jika $D_n < D_{tabel}$ maka H_0 diterima. D_{tabel} dilihat dari tabel *critical values for Kolmogrov-Smirnov Test for Normality (Lifors Test)*. Perbedaan penggunaan pengujian ini untuk distribusi normal dan lognormal adalah pada distribusi lognormal yaitu pada nilai $t_i = \ln(t_i)$.

2. *Mann Test's* untuk distribusi *Weibull*

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi *Weibull*

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi *Weibull*

$$M = \frac{k_1 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_i]}{k_2 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_i]} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{n} \right] \dots\dots\dots(2.29)$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] \dots\dots\dots(2.30)$$

$$M_1 = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \dots\dots\dots(2.32)$$

- Keterangan :
- t_i : data antar waktu kerusakan ke-i
 - N : jumlah data antar kerusakan suatu komponen
 - M_1 : nilai pendekatan *Mann* untuk data ke-i
 - M : nilai perhitungan distribusi *Weibull*
 - $M_{0,05;k_2;k_1}$: nilai distribusi *Weibull*
 - r : banyaknya data
 - k_1 : $\left[\frac{r}{n} \right]$
 - k_2 : $\left[\frac{r-1}{2} \right]$

Apabila $M_{hitung} < F_{crit}$ maka H_0 diterima. Nilai F_{crit} diperoleh dari tabel distribusi F dengan $\alpha = 0,05$

3. *Barlett Test* untuk pengujian distribusi eksponensial

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi eksponensial

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi eksponensial

$$B = \frac{2r \left\{ \ln \left[\left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r t_i \right] - \left[\left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right] \right\}}{1 + (r+1)/(6r)} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan : t_i : waktu kerusakan ke-i
 r : jumlah kerusakan

Data waktu antar kerusakan berdistribusi eksponensial apabila

$$X^2_{(1-\frac{\alpha}{2}, r-1)} < B < X^2_{(1-\frac{\alpha}{2}, r-1)} \dots\dots\dots(2.34)$$

2.2.11 Identifikasi Distribusi antar Waktu Kerusakan dan Perbaikan

a. Nilai tengah kerusakan

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

i : data waktu ke-t

n : jumlah kerusakan

b. *Index of Fit*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots\dots\dots(2.36)$$

2.2.12 Estimasi Parameter

Estimasi parameter masing - masing distribusi menggunakan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) untuk menentukan estimasi parameter paling maksimal. Dibawah ini adalah MLE untuk masing – masing distribusi :

a. Distribusi normal

$$\mu = \sum_{i=1}^n ti \dots\dots\dots(2.37)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ti-\mu)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan :

- ti : data waktu kerusakan ke-i
n : banyaknya data kerusakan
 μ : nilai tengah
 σ : standar deviasi

b. Distribusi lognormal

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln ti}{n} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$\hat{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln ti - \hat{\mu})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$t_{med} = e^{\mu} \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan :

- ti : data waktu kerusakan ke-
n : banyaknya data kerusakan
 μ : nilai tengah
s : standar deviasi

c. Distribusi *Weibull*

$$\beta = b = \frac{n \sum xi yi - \sum xi \sum yi}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$a = \frac{\sum yi}{n} - \frac{b \sum xi}{n} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$\theta = e^{-\frac{a}{\beta}} \dots\dots\dots(2.44)$$

Keterangan :

- ti : data waktu kerusakan ke-i

d. Distribusi Eksponensial

$$\lambda = \frac{n}{T} \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan :

n : jumlah kerusakan

T : $\sum_{ti}^r ti$ yaitu jumlah waktu kerusakan

2.2.13. Mean Time to Failure

Mean time to failure adalah rata-rata selang waktu kerusakan dari distribusi kerusakan dan digunakan untuk memprediksi atau mempertimbangkan terjadinya suatu kerusakan saat suatu mesin atau suatu sistem berjalan normal.

Dibawah ini adalah nilai MTTF untuk masing – masing distribusi (Ebeling, 1997) :

a. Distribusi Normal

$$\mu = \text{MTTF} \dots\dots\dots(2.45)$$

b. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTF} = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots\dots\dots(2.46)$$

c. Distribusi Weibull

$$\text{MTTF} = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \dots\dots\dots(2.47)$$

Nilai $\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$ didapat dari $\Gamma(x)$ = tabel fungsi gamma

d. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(2.48)$$

2.2.14. Mean Time to Repair

Mean time to repair adalah rata-rata selang waktu kerusakan dari probabilitas waktu perbaikan dan digunakan untuk memprediksi atau mempertimbangkan dilakukannya suatu perbaikan saat kerusakan terjadi.

Dibawah ini adalah nilai MTTR untuk masing – masing distribusi (Ebeling, 1997) :

a. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \dots\dots\dots(2.49)$$

b. Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots\dots\dots(2.50)$$

c. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \dots\dots\dots(2.51)$$

Nilai $\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$ didapat dari $\Gamma(x)$ = tabel fungsi gamma

d. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(2.52)$$

2.2.15. Model Perawatan

1. Model Perawatan *Age Replacement* Berdasarkan *Downtime*

Pada model ini penggantian pencegahan dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Tujuan model ini menentukan umur optimal dimana penggantian pencegahan harus dilakukan sehingga dapat meminimasi total *downtime* (Jardine, 1973). Formulasi perhitungan model *Age replacement* adalah sebagai berikut (Jardine, 1973) :

$$D(tp) = \frac{TpR(tp) + Tf\{1-R(tp)\}}{(tp + Tp)R(tp) + \{M(tp) + Tf\}\{1-R(tp)\}} \dots\dots\dots(2.53)$$

Keterangan

- D(tp) : Total *downtime* per unit waktu untuk penggantian preventif
- tp : Panjang dari siklus (interval waktu) preventif
- Tp : *Downtime* karena tindakan preventif (waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif)
- Tf : *Downtime* karena kerusakan komponen (waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan)
- R(tp) : peluang dari siklus preventif (pencegahan)
- M(tp) : Nilai harapan panjang siklus kerusakan (kegagalan)

2. Keandalan Komponen Sebelum dan Sesudah Diterapkan Metode Perawatan Pencegahan

Dalam teknologi yang semakin rumit, untuk melakukan peningkatan keandalan dapat menggunakan model perawatan pencegahan. Model perawatan pencegahan dapat meminimalisir *wearout* suatu komponen atau sistem dan dapat mengetahui umur mesin dengan signifikan. Model perawatan ini mengasumsikan bahwa keandalan mesin atau suatu sistem kembali ke kondisi semula setelah dilakukannya perawatan pencegahan (Ebeling, 1997). Formulasi keandalan saat t adalah sebagai berikut :

$$Rm(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t \leq T \dots\dots\dots(2.54)$$

$$Rm(t) = R(t).R(t - T) \text{ untuk } T \leq t \leq 2T \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan

T : interval waktu penggantian pencegahan kerusakan

$Rm(t)$: keandalan dari sistem perawatan pencegahan

$R(t)$: keandalan sistem tanpa perawatan pencegahan

$R(T)$: peluang dari keandalan hingga perawatan pencegahan pertama

$R(t-T)$: peluang dari keandalan antar $t-T$ setelah sistem dikembalikan pada kondisi awal saat T

3. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan *Downtime*

Pemeriksaan bertujuan untuk mengetahui apakah suatu komponen atau peralatan masih dalam keadaan baik atau perlu dilakukannya perbaikan atau penggantian.

Dibawah adalah formulasi menghitung interval waktu pemeriksaan :

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan pada periode}}{\text{waktu produktif selama periode}} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$\mu = \frac{\text{jam kerja per bulan}}{MTTR} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{\text{rata-rata waktu pemeriksaan}} \dots\dots\dots(2.58)$$

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$\text{interval waktu pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times \text{jam kerja per bulan} \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan

- k : Rata-rata jumlah kerusakan tiap bulan
- μ : Rasio jam kerja sebulan terhadap rata-rata waktu perbaikan
- 1/i : Rasio jam kerja sebulan terhadap waktu pemeriksaan
- n : Frekuensi pemeriksaan optimal tiap bulan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di perusahaan di PT. Deltomed *Laboratories*

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara :

1. Pengumpulan data primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

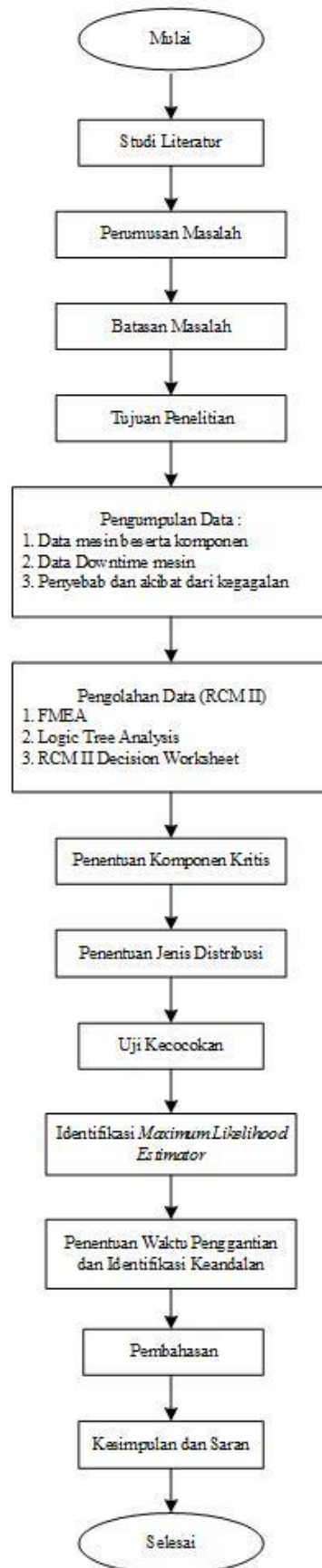
- a. Pengamatan di lapangan dan wawancara dengan pihak yang terkait
- b. Data komponen – komponen mesin dan potensi kegagalan dan efek yang ditimbulkan
- c. Data profil perusahaan

2. Pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara kajian literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya untuk memperkuat teori – teori untuk memecahkan masalah dalam penelitian.

3.3 Kerangka Penelitian

Berdasarkan kajian literatur pada bab 2, maka dapat dibuat kerangka penelitian seperti berikut :



Gambar 3. 1 Kerangka penelitian

3.4 Pengolahan Data

Data-data yang sudah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan software *Microsoft Excel* dan *Minitab* kemudian dianalisa. Dari pengolahan dan analisis data ini kemudian akan diperoleh hasil penelitian. Hasil yang diperoleh akan disimpulkan menjadi kesimpulan penelitian.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Profil Perusahaan

PT. Deltomed *Laboratories* merupakan Industri Obat Tradisional (IOT) dan suplemen makanan yang terletak di desa Nambangan, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. PT. Deltomed *Laboratories* bermula dari Industri Rumah Tangga yang didirikan di Banjarmasin, Kalimantan Selatan, pada tahun 1969. Tanggal 30 April 1976, lokasi PT. Deltomed *laboratories* dipindah ke bangunan gudang seng di Wonogiri. Pada tahun tersebut, Deltomed berubah status dari Industri Rumah Tangga (IRT) menjadi Industri Kecil Obat Tradisional (IKOT) . Pada tahun 1997 PT. Deltomed *laboratories* melakukan relokasi perusahaan dai gudan seng wonogiri dusun Nambangan, Selogiri, Wonogiri. Pada tahun 2010 PT. Deltomed sudah memiliki gedung produksi yang berstandar CPOTB atau Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik. Di tahun yang sama, PT. Deltomed juga memodernisasikan mesin-mesin produksi dari teknologi konvensional.

Pada awalnya, Deltomed hanya memiliki 2 macam produk yaitu kapsul strongpas dan Virgitab. Saat berubah menjadi IKOT, Deltomed menambah jenis produk yaitu menjadi strongpa, virgitab, dan pil ampuh. Seiring dengan perkembangan waktu, kini PT. Deltomed *Laboratories* sudah memproduksi berbagai macam produk diantaranya yaitu Antangin (*Antangin Fit*, *Antangin*, *Antangin Junior*, *Antangin JRG*, *Antangin Ginger Mint*, *Antangin Ginger Mocca*, *Antangin Freshmint Lozengles*, *Antangin Peppermint Lozengles* , dan *Antangin Honeymint Lozengles*). Obat batuk Herbal (OB Herbal, dan OB Herbal *Junior*) Antalinu, Pil dan Kapsul Tuntas, Rapet Wangi, Srongpas Gingseng dan Srongpas Enduro, Tablet Kuldon Sariawan, dan Naturslim.

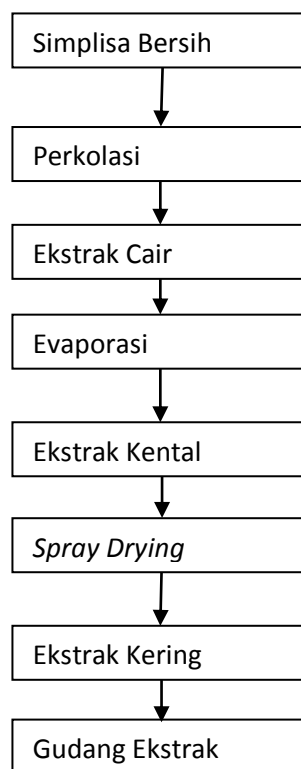
4.2. Proses Produksi

Proses produksi PT. Deltomed *Laboratories* disini dibagi menjadi tiga proses yaitu :

1. Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi yaitu proses yang memproduksi ekstrak cair dan ekstrak kering dari simplisa. Bahan awal yang diolah untuk produksi diperoleh dari *supplier* dan petani binaan serta berupa ekstrak kering dan kental dari pabrik yang terakreditasi.

Flow chart ekstraksi adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Alur Ekstraksi

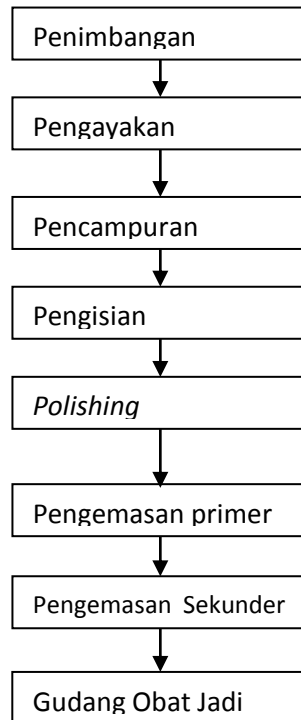
2. Proses produksi sediaan padat

Proses produksi sediaan padat menghasilkan produk padat seperti tablet, pillet, dan kapsul. *Flowchart* produksi tablet adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Alur Produksi Sediaan Padat

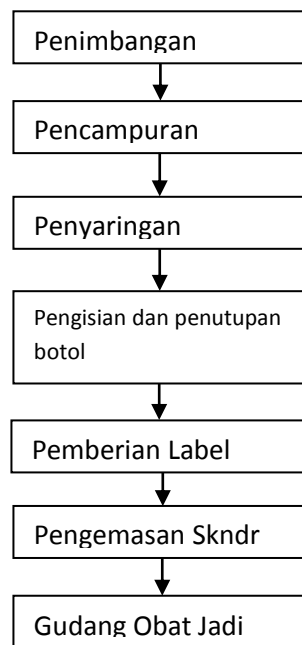
Flowchart produksi kapsul sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Alur Produksi Kapsul

3. Proses produksi sediaan cair

Produksi sediaan cair menghasilkan produk sirup. *Flow chart* proses produksi sediaan cair adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Alur Produksi Sediaan Cair

4. *Packaging* dan Pengkodean *Batch*

Secara umum pengkodean *batch* dilakukan saat pengemasan primer dan sekunder dari tiap produksi sediaan. Pengemasan sekunder dilakukan setelah adanya tes atau pelulusan produk dari departemen *Quality Control* yang diambil dari karantina produk yang sudah dikemas secara primer.

4.3. Pengumpulan Data

4.3.1. Data Jumlah Kerusakan Mesin

Data jumlah frekuensi kerusakan mesin – mesin produksi yang diambil yaitu pada interval bulan Januari 2012 hingga bulan Desember 2015.

Tabel 4. 1 Tabel Jumlah Frekuensi *Downtime* Mesin Produksi Sirup

No	Mesin	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
1	Strrep Sirup 8-Line (J)	11,17,26,30 Januari 2012	310
		19,24 Februari 2012	120
		7,20,27 Maret 2012	400
		18,20 April 2012	210
		15,21,30 Mei 2012	100
		13,27 Juni 2012	70
		2,21,29 Juli 2012	460
		8,19 Agustus 2012	170
		3 September 2012	20
		17 Oktober 2012	130
		14,18,25 November 2012	130
		20 Desember 2012	90
		16,27,31 Januari 2013	160
		2,4,8,14,18,27 Februari 2013	540
		2,7,10,17,21,25,28 Maret 2013	555
		18,28 April 2013	70
		7,21,30 Mei 2013	130
		11,18,24,29 Juni 2013	430
		5,23 Juli 2013	120
		14,25,28 Agustus 2013	300
		13,18,22,27 September 2013	280
		2,10,17,23,29 Oktober 2013	375
		5,12,19,26 November 2013	315
		3,10,13,21,30 Desember 2013	410
		5,8,10,20,29 Januari 2014	255
		14,18,20,27 Februari 2014	320
		3,5,14,20,25 Maret 2014	345
14,21,22 April 2014	550		
23 Juni 2014	30		
11,18 Juli 2014	230		
22,30 Oktober 2014	160		

No	Mesin	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
		12,24 Maret 2015	520
		8,26 Mei 2015	70
		3 Agustus 2015	190
		31 Oktober 2015	130
		26 November 2015	30
2	Streep Sirup 8-Line K	14,21,26 Januari 2012	185
		2,17,27 Februari 2012	220
		5,17,29 Maret 2012	260
		12,26 April 2012	135
		19,22 Mei 2012	175
		2,15,29 Juni 2012	200
		6,19,30 Juli 2012	190
		9,20 Agustus 2012	115
		7 September 2012	50
		20 Oktober 2012	120
		15,21,28 November 2012	190
		23 Desember 2012	90
		12,28,31 Januari 2013	180
		5,11,12,14,19,27 Februari 2013	525
		4,7,10,18,22,25,30 Maret 2013	685
		19,27 April 2013	150
		9,21 Mei 2013	75
		3,11 Juni 2013	125
		18 Oktober 2013	40
		6,8 Januari 2014	140
		11,20 Februari 2014	120
		3 Maret 2014	120
		5 April 2014	55
		6,28 Mei 2014	130
		12 Juli 2014	30
		20 Agustus 2014	60
		4 September 2014	90

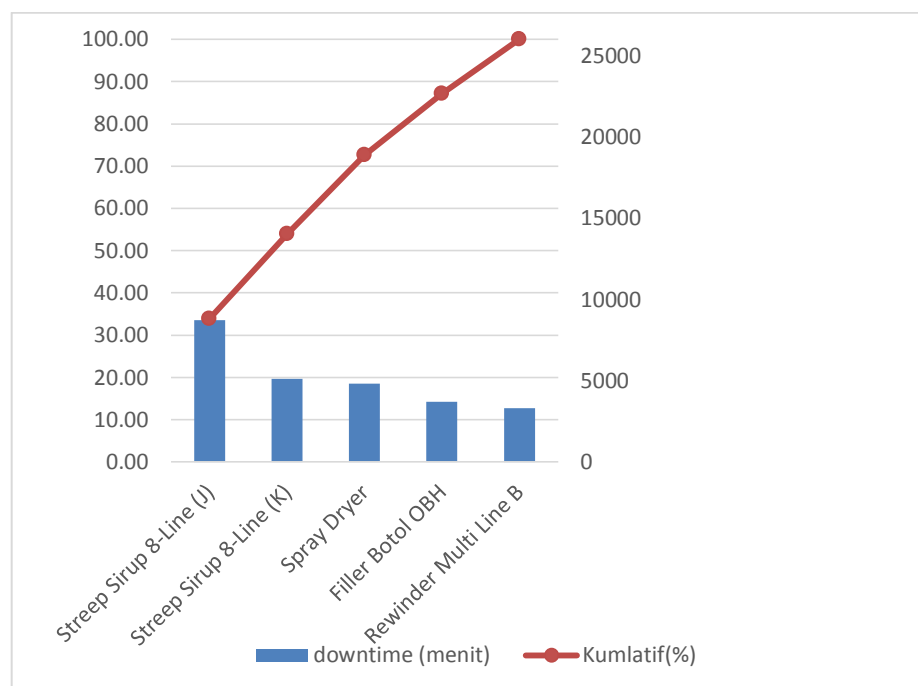
No	Mesin	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
		8 Oktober 2014	135
		11 November 2014	60
		20 Desember 2014	50
		12 Februari 2015	90
		22 April 2015	160
		13 Juli 2015	120
		28 Agustus 2015	60
3	Filler Botol OBH	18 Januari 2012	195
		30 Maret 2012	75
		10 Mei 2012	135
		20 Juni 2012	60
		31 Juli 2012	95
		10 September 2012	85
		21 Oktober 2012	70
		1 Desember 2012	90
		11 Januari 2013	55
		21 Februari 2013	80
		3 April 2013	200
		14 Mei 2013	90
		24 Juni 2013	75
		4 Agustus 2013	105
		14 September 2013	135
		25 Oktober 2013	75
		5 Desember 2013	195
		15 Januari 2014	75
		25 Februari 2014	105
		7 April 2014	65
		18 Mei 2014	90
		28 Juni 2014	195
		8 Agustus 2014	135
		18 September 2014	75
		29 Oktober 2014	15

No	Mesin	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
		4,13,18 November 2014	490
		5 Februari 2015	30
		24 Maret 2015	60
		13 Mei 2015	20
		19 Agustus 2015	120
		5,25 November 2015	285
		18,20 Desember 2015	135
4	Spray Dryer	20 Januari 2012	75
		30 Maret 2012	75
		12,21 Mei 2012	235
		31 Juli 2012	95
		26 Agustus 2012	115
		28 Februari 2013	80
		13 April 2013	190
		14 Mei 2013	150
		22 Juni 2013	90
		18 Agustus 2013	105
		15 September 2013	165
		20 Oktober 2013	135
		7 Desember 2013	225
		11,15,20,27 Januari 2014	870
		5 Maret 2014	180
		11 Juli 2014	120
		21,29 Agustus 2014	260
		28 November 2014	120
		3 Februari 2015	70
		10 Maret 2015	180
		7 Mei 2015	100
		5,10 Juni 2015	205
		7 Juli 2015	170
		5,10 Agustus 2015	390
		7 Oktober 2015	250

No	Mesin	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
		5 November 2015	180
5	Rewinder Multi Line (B)	13 Maret 2012	180
		21 Mei 2012	70
		2 Juli 2012	135
		12 Oktober 2012	75
		20 November 2012	125
		26 Januari 2013	60
		20 Januari 2013	90
		9 Maret 2013	130
		17,23 Juni 2013	250
		21,29 September 2013	145
		19 November 2013	135
		22 Desember 2013	105
		2,18,27 Maret 2014	450
		3 Mei 2014	240
		11 Juli 2014	140
		12,21 Agustus 2014	130
		26 November 2014	60
		12 Februari 2015	120
		23 Mei 2015	190
		2 Agustus 2015	155
		10 September 2015	105
		3 November 2015	125
		21 Desember 2015	100

Tabel 4. 2 Jumlah Total Frekuensi *Downtime* Mesin Produksi Sirup

No	Mesin	Frekuensi	% Downtime	Kumulatif(%)
1	Streep Sirup 8-Line (J)	104	33,94	33,94
2	Streep Sirup 8-Line (K)	68	19,95	53,89
3	Spray Dryer	36	18,79	72,68
4	Filler Botol OBH	33	14,43	87,11
5	Rewinder Multi Line B	28	12,89	100,00
		269	100	

Gambar 4. 5 Diagram Pareto Total *Downtime* Mesin Produksi Sirup

4.3.2. Data Jumlah Kerusakan Komponen

Data jumlah kerusakan mesin Streep Sirup 8-Line (J) karena terpilih dengan prosentase terbesar pada periode Januari 2012 hingga Desember 2015

Tabel 4. 3 Daftar Kerusakan Komponen

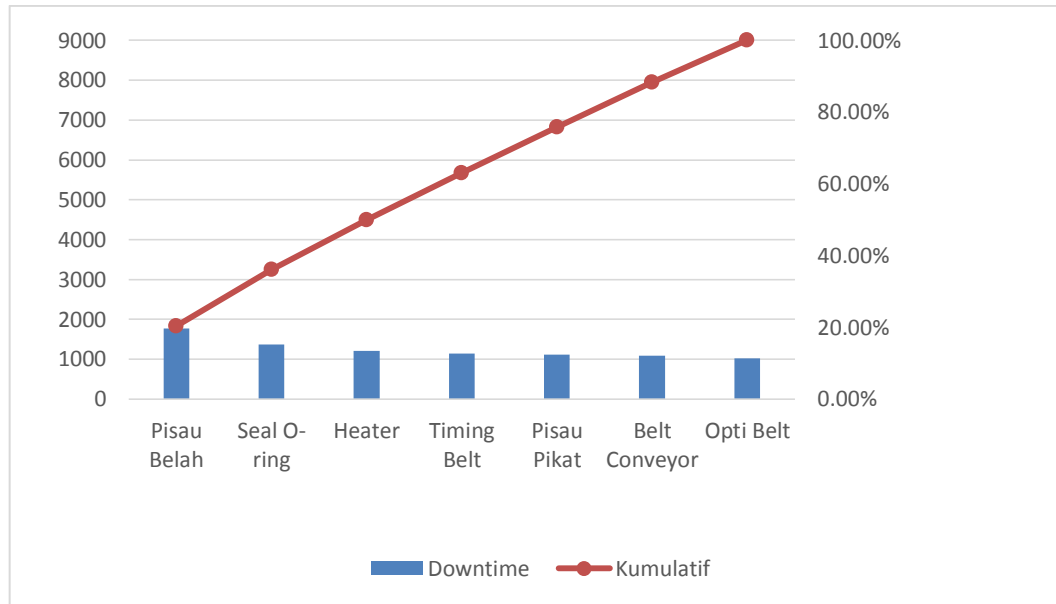
No	Komponen	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
1	Pisau Belah	11,17 Januari 2012	130
		19,24 Februari 2012	120
		20 April 2012	60
		21 Mei 2012	15
		13,27 Juni 2012	70
		3 September 2012	20
		14,18 November 2012	80
		16,31 Januari 2013	70
		18 Februari 2013	50
		17,21,25 Maret 2013	115
		18 April 2013	30
		21 Mei 2013	30
		11 Juni 2013	40
		23 Juli 2013	60
		28 Agustus 2013	40
		23,29 Oktober 2013	85
		5,19 November 2013	120
		13,21 Desember 2013	120
		10,29 Januari 2014	80
		14,18,20 Februari 2014	230
5,20 Maret 2014	60		
8 Mei 2015	30		
26 November 2015	30		
2	Seal O-Ring	26 Januari 2012	90
		7,20 Maret 2012	160
		30 Mei 2012	65
		2 Juli 2012	80
		25 November 2012	50
		28 April 2013	40
		18 Juni 2013	60
		5 Juli 2013	60

No	Komponen	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
		25 Agustus 2013	40
		18,22 September 2013	110
		5,20 Januari 2014	115
		3 Maret 2014	60
		14,21 April 2014	270
		11 Juli 2014	40
		22 Oktober 2014	130
3	Belt Conveyor	30 Januari 2012	90
		21 Juli 2012	110
		19 Agustus 2012	80
		27 Januari 2013	90
		4 Februari 2013	60
		2 Maret 2013	100
		29 Juni 2013	60
		13,27 September 2013	170
		20 Februari 2014	90
		12 Maret 2015	240
4	Heater	18 April 2012	150
		17 Oktober 2012	130
		27 Februari 2013	120
		2 Oktober 2013	130
		3 Desember 2013	90
		14 Maret 2014	180
		22 April 2014	280
		31 Oktober 2015	130
5	Opti Belt	27 Maret 2012	240
		2 Februari 2013	120
		10 Maret 2013	180
		18 Agustus 2013	220
		17 Oktober 2013	100
		12 November 2013	135
		30 Oktober 2014	30

No	Komponen	Tanggal Kerusakan	Downtime (menit)
6	Timing Belt	29 Juli 2012	270
		8 Februari 2013	130
		24 Juni 2013	270
		24 Maret 2015	180
		3 Agustus 2015	190
7	Pisau Pikat	15 Mei 2012	20
		8 Agustus 2012	90
		20 Desember 2012	90
		14 Februari 2013	60
		2,28 Maret 2013	160
		7,30 Mei 2013	100
		10 Oktober 2013	60
		26 November 2013	60
		10,30 Desember 2013	200
		25 Maret 2014	45
		18 Juli 2014	190
26 Mei 2015	40		

Tabel 4. 4 Jumlah Total Frekuensi *Downtime* Mesin Strep Sirup 8-Line (J)

Komponen	Frek Kerusakan	% Downtime	Kumulatif
Pisau Belah	39	20,34%	20,34%
Seal O-ring	19	15,70%	36,05%
Heater	8	13,87%	49,91%
Timing Belt	5	13,07%	62,98%
Pisau Pikat	15	12,78%	75,76%
Belt Conveyor	11	12,49%	88,25%
Opti Belt	7	11,75%	100,00%

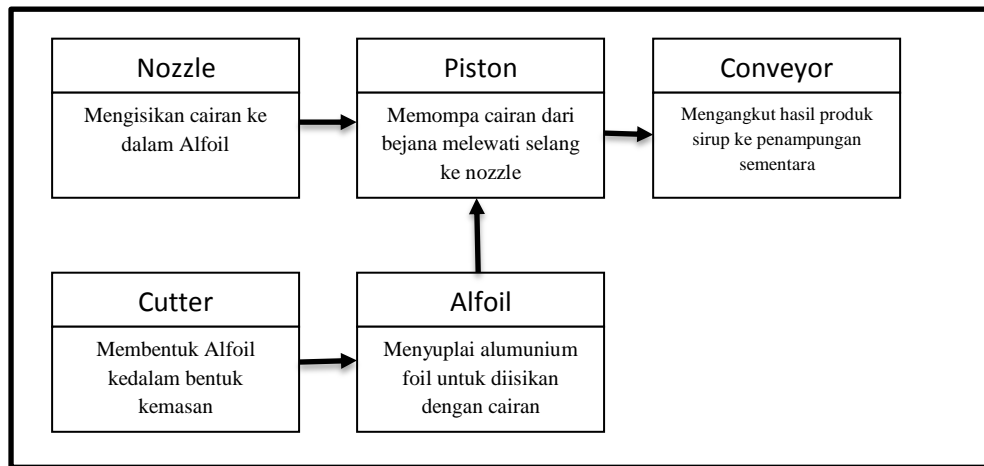


Gambar 4. 6 Diagram Pareto *Downtime* Komponen Mesin Streep Sirup 8-Line (J)

4.4. Pengolahan Data

4.4.1. *Function Block Diagram*

Function Block Diagram (FBD) dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan dan mengetahui fungsi utama dari mesin dan bagian-bagiannya. Gambar dibawah ini merupakan *Function Block Diagram* (FBD) dari mesin Streep Sirup 8-Line (J).



Gambar 4. 7 *Function Block Diagram* Mesin Streep Sirup 8-Line (J)

4.4.2. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Pada tahap ini mendefinisikan dari kegagalan dan penyebab dari setiap kegagalan pada mesin Streep Sirup 8-line (J) . berikut ini adalah tabel FMEA dari mesin streep sirup 8-line (J) :

Tabel 4. 5 FMEA Mesin Streep Sirup 8-Line (J)

No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	<i>Nozzle</i>	Mengisikan cairan sirup kedalam alumunim foil	Tidak dapat mengisikan cairan sirup sesuai kalibrasi yang telah ditentukan	<i>Seal nozzle</i> longgar atau patah sehingga cairan sirup tidak mengalir secara optimal	Cairan sirup yang diisikan tidak sesuai kalibrasi dan cairan keluar dari <i>nozzle</i>	6	3	4	72
2	<i>Piston</i>	Memompa cairan sirup melewati selang ke <i>nozzle</i>	Tidak dapat memompa cairan sirup melewati selang menuju ke <i>nozzle</i>	<i>Seal piston</i> longgar atau rusak sehingga cairan keluar dari piston	Cairan sirup tercecceer keluar dari <i>piston</i>	5	4	3	60
3	<i>Cutter</i>	Membuat kemasan dan memotong kemasan alumunium foil	Tidak terpotongnya kemasan yang diisikan oleh cairan sirup	Pisau pemotong horizontal maupun vertikal tidak berfungsi sebagaimana mestinya	Cacat produk akhir	5	6	3	90

No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
4	<i>Conveyor</i>	Mengangkut produk akhir ke dalam penampungan sementara	Tidak berputarnya <i>belt</i> sesuai <i>rail</i> yang ada	Longgar atau melesatnya <i>belt</i> dari <i>pulley</i> sehingga <i>belt</i> tidak terpasang dengan baik	Produk akhir tidak terdistribusikan ke penampungan sementara	3	2	3	18
5	<i>Alfoil</i>	Mengalirkan alumunium foil untuk dibuat kemasan strip sirup	Tersendatnya <i>pulley</i> sehingga alumunium foil kusut	<i>Pulley</i> tersendat saat alumunium foil dialirkan	Alumunium foil kusut dan tidak terbentuk sempurna	4	2	2	16

4.4.3. LTA (*Logic Tree Analysis*)

Berikut merupakan LTA (*Logic Tree Analysis*) untuk komponen yang menyebabkan kegagalan fungsi sistem mesin streep sirup 8 line (J). LTA adalah kelanjutan dari tabel FMEA untuk menambah pertimbangan prioritas dari tabel FMEA untuk menentukan komponen atau sistem yang didahulukan untuk dilakukan perawatan. Penilaian LTA dilakukan dengan menjawab pertanyaan – pertanyaan yang nantinya akan menjadi pertimbangan. Untuk bagian *nozzle* menjawab pertanyaan – pertanyaan sebagai berikut :

1. Pada kondisi normal, apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem ? Yes
2. Apakah kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan ? No
3. Apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti ? Yes

Dengan hasil dari pertanyaan tersebut maka bagian ini dikategorikan dalam kategori B yaitu *Outage Problem*. Berikut ini adalah tabel penilaian LTA di setiap bagian :

Tabel 4. 6 LTA Mesin Streep Sirup 8-Line (J)

No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Critically analysis			
						E	S	O	C
1	<i>Nozzle</i>	Mengisikan cairan sirup kedalam alumunim foil (1)	Tidak dapat mengisikan cairan sirup sesuai kalibrasi yang telah ditentukan (1)	<i>Seal nozzle</i> longgar atau patah sehingga cairan sirup tidak mengalir secara optimal (1)	Cairan sirup yang diisikan tidak sesuai kalibrasi dan cairan keluar dari <i>nozzle</i>	Y	N	Y	B
2	<i>Piston</i>	Memompa cairan sirup melewati selang ke <i>nozzle</i> (2)	Tidak dapat memompa cairan sirup melewati selang menuju ke <i>nozzle</i> (2)	<i>Seal piston</i> longgar atau rusak sehingga cairan keluar dari piston (2)	Cairan sirup tercecer keluar dari <i>piston</i>	Y	N	Y	B
3	<i>Cutter</i>	Membuat kemasan dan memotong kemasan alumunium foil (3)	Tidak terpotongnya kemasan yang diisikan oleh cairan sirup (3)	Pisau pemotong horizontal maupun vertikal tidak berfungsi sebagaimana mestinya (3)	Cacat produk akhir	Y	N	Y	B

No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Critically analysis			
						E	S	O	C
4	<i>Conveyor</i>	Mengangkut produk akhir ke dalam penampungan sementara (4)	Tidak berputarnya <i>belt</i> sesuai <i>rail</i> yang ada (4)	Longgar atau melesatnya <i>belt</i> dari <i>pulley</i> sehingga <i>belt</i> tidak terpasang dengan baik (4)	Produk akhir tidak terdistribusikan ke penampungan sementara	Y	N	Y	B
5	<i>Alfoil</i>	Mengalirkan alumunium foil untuk dibuat kemasan strip sirup (5)	Tersendatnya <i>pulley</i> sehingga alumunium foil kusut (5)	<i>Pulley</i> tersendat saat alumunium foil dialirkan (5)	Alumunium foil kusut dan tidak terbentuk sempurna	Y	N	Y	B

4.4.4. RCM II Worksheet

Tabel 4. 7 RCM II *Worksheet*

<i>RCM II Decision Worksheet</i>																
Sistem : Streep Sirup 8-Line Jonan (J)																
Sub-Sistem : <i>Nozzle, Piston, Cutter, Conveyor, Alfoil</i>																
Fungsi Sub Sistem :																
Date :																
Sheet No:																
Of :																
<i>Information Reference</i>		<i>Consequence Evaluation</i>								<i>Default Action</i>					<i>Proposed task</i>	<i>Can done by</i>
No	Equip	F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4		
1	<i>Nozzle</i>	1	1	1	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Schedule on Condition</i>	<i>Mechanic</i>
2	<i>Piston</i>	2	2	2	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Schedule on Condition</i>	<i>Mechanic</i>

RCM II Decision Worksheet		Sistem : Strep Sirup 8-Line Jonan (J)													<i>Sheet No:</i>		
		Sub-Sistem : <i>Nozzle, Piston, Cutter, Conveyor, Alfoil</i>													<i>Date :</i>		
<i>Information Reference</i>		<i>Consequence Evaluation</i>								<i>Default Action</i>					<i>Proposed task</i>		<i>Can done by</i>
		F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	S4			
No	Equip																
3	<i>Cutter</i>	3	3	3	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Schedule on condition</i>	<i>Mechanic</i>	
4	<i>Conveyor</i>	4	4	4	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Schedule on condition</i>	<i>Mechanic</i>	
5	<i>Alfoil</i>	5	5	5	Y	N	N	Y	Y	-	-	-	-	-	<i>Schedule on condition</i>	<i>Mechanic</i>	

4.4.5. Penentuan Jenis Distribusi *Time to Failure*

Pemilihan jenis distribusi kegagalan ini menggunakan *Least Square Curve Fitting*, yang berdasarkan nilai r paling besar atau nilai *index of fit*. Dibawah ini merupakan penentuan distribusi kegagalan komponen Pisau Belah dan *Seal O-ring*

1. Penentuan Distribusi Kegagalan Pisau Belah

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 38 + 0,4 = 38,4$$

$$Xi = ti = 2555$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.0184] = -2,0918$$

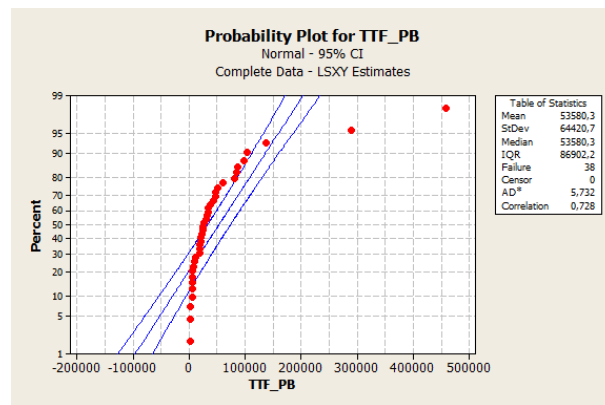
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(38 * 2405192,5818) - (2208850 * 0)}{\sqrt{((38 * 415515736312) - 4879018323604)((38 * 34,5718) - 0)}} = 0,763408$$

Tabel 4. 8 Perhitungan *time to failure* distribusi Normal

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	2555	2555	6528025	0,0182	-2,0918	4,3755	-5344,4941
2	2770	2770	7672900	0,0443	-1,7031	2,9007	-4717,7008
3	2820	2820	7952400	0,0703	-1,4735	2,1711	-4155,1786
4	5505	5505	30305025	0,0964	-1,3026	1,6968	-7170,8617
5	5760	5760	33177600	0,1224	-1,1631	1,3528	-6699,4172
6	5805	5805	33698025	0,1484	-1,0432	1,0882	-6055,5337
7	5920	5920	35046400	0,1745	-0,9366	0,8772	-5544,7412
8	7035	7035	49491225	0,2005	-0,8398	0,7052	-5907,7279
9	8830	8830	77968900	0,2266	-0,7502	0,5628	-6624,4018
10	10080	10080	101606402	0,2526	-0,6663	0,4440	-6716,4781
11	10250	10250	105062500	0,2786	-0,5869	0,3444	-6015,4076
12	18550	18550	344102500	0,3047	-0,5110	0,2611	-9478,4157
13	19850	19850	394022500	0,3307	-0,4379	0,1918	-8692,3271
14	21600	21600	466560000	0,3568	-0,3671	0,1348	-7929,4399

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
15	21715	21715	471541225	0,3828	-0,2981	0,0889	-6473,2939
16	22875	22875	523265625	0,4089	-0,2305	0,0531	-5272,5382
17	24500	24500	600250004	0,4349	-0,1639	0,0269	-4016,1164
18	25920	25920	671846400	0,4609	-0,0981	0,0096	-2542,0302
19	27330	27330	746928900	0,4870	-0,0326	0,0011	-892,1656
20	30110	30110	906612100	0,5130	0,0326	0,0011	982,9164
21	33320	33320	1110222400	0,5391	0,0981	0,0096	3267,7641
22	34540	34540	1193011600	0,5651	0,1639	0,0269	5661,9045
23	34560	34560	1194393606	0,5911	0,2305	0,0531	7965,8545
24	38830	38830	1507768900	0,6172	0,2981	0,0889	11575,3167
25	44665	44665	1994962225	0,6432	0,3671	0,1348	16396,6868
26	47280	47280	2235398400	0,6693	0,4379	0,1918	20703,9408
27	47530	47530	2259100900	0,6953	0,5110	0,2611	24286,2048
28	51830	51830	2686348900	0,7214	0,5869	0,3444	30417,4222
29	60470	60470	3656620900	0,7474	0,6663	0,4440	40292,2049
30	80565	80565	6490719225	0,7734	0,7502	0,5628	60441,1017
31	84850	84850	7199522500	0,7995	0,8398	0,7052	71253,8325
32	86580	86580	7496096400	0,8255	0,9366	0,8772	81091,8407
33	103640	103640	10741249600	0,8516	1,0432	1,0882	108112,9224
34	107790	107790	11618684100	0,8776	1,1631	1,3528	125369,8224
35	137100	137100	18796410000	0,9036	1,3026	1,6968	178587,6739
36	185700	185700	34484490000	0,9297	1,4735	2,1711	273622,9292
37	290880	290880	84611174400	0,9557	1,7031	2,9007	495409,6822
38	458940	458940	210625923600	0,9818	2,0918	4,3755	960000,8308
Total	2208850	2208850	415515736312	19	0	34,5718	2405192,5818
						($\sum xi$) ²	4879018323604
						($\sum Yi$) ²	0
						r	0,763408



Gambar 4. 8 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data *time to failure* Pisau Belah

b. Distribusi Log Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 38 + 0,4 = 38,4$$

$$X_i = \ln t_i = 7,8458$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0.0184] = -2,0918$$

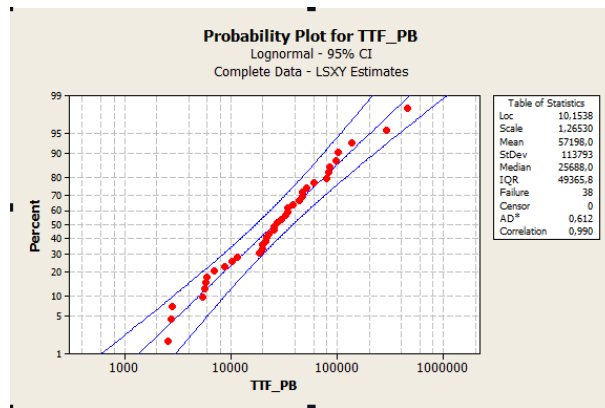
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(38 * 45,4434) - (2208850 * 0)}{\sqrt{((38 * 387,9805) - 150528,8973)((38 * 34,5718) - 0)}} = 0,9923152$$

Tabel 4. 9 Perhitungan *time to failure* distribusi Log Normal

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	2555	7,8458	61,5567	0,0182	-2,0918	4,3755	-16,4117
2	2770	7,9266	62,8310	0,0443	-1,7031	2,9007	-13,5001
3	2820	7,9445	63,1150	0,0703	-1,4735	2,1711	-11,7060
4	5505	8,6134	74,1909	0,0964	-1,3026	1,6968	-11,2199
5	5760	8,6587	74,9730	0,1224	-1,1631	1,3528	-10,0709
6	5805	8,6665	75,1078	0,1484	-1,0432	1,0882	-9,0405
7	5920	8,6861	75,4482	0,1745	-0,9366	0,8772	-8,1355

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
8	7035	8,8587	78,4757	0,2005	-0,8398	0,7052	-7,4392
9	8830	9,0859	82,5538	0,2266	-0,7502	0,5628	-6,8164
10	10080	9,2183	84,9772	0,2526	-0,6663	0,4440	-6,1423
11	10250	9,2350	85,2858	0,2786	-0,5869	0,3444	-5,4198
12	18550	9,8282	96,5940	0,3047	-0,5110	0,2611	-5,0219
13	19850	9,8960	97,9300	0,3307	-0,4379	0,1918	-4,3334
14	21600	9,9804	99,6094	0,3568	-0,3671	0,1348	-3,6639
15	21715	9,9858	99,7154	0,3828	-0,2981	0,0889	-2,9768
16	22875	10,0378	100,7574	0,4089	-0,2305	0,0531	-2,3136
17	24500	10,1064	102,1399	0,4349	-0,1639	0,0269	-1,6567
18	25920	10,1628	103,2819	0,4609	-0,0981	0,0096	-0,9967
19	27330	10,2157	104,3613	0,4870	-0,0326	0,0011	-0,3335
20	30110	10,3126	106,3500	0,5130	0,0326	0,0011	0,3366
21	33320	10,4139	108,4496	0,5391	0,0981	0,0096	1,0213
22	34540	10,4499	109,1999	0,5651	0,1639	0,0269	1,7130
23	34560	10,4505	109,2120	0,5911	0,2305	0,0531	2,4088
24	38830	10,5669	111,6604	0,6172	0,2981	0,0889	3,1500
25	44665	10,7069	114,6387	0,6432	0,3671	0,1348	3,9306
26	47280	10,7638	115,8603	0,6693	0,4379	0,1918	4,7135
27	47530	10,7691	115,9739	0,6953	0,5110	0,2611	5,5027
28	51830	10,8557	117,8468	0,7214	0,5869	0,3444	6,3709
29	60470	11,0099	121,2180	0,7474	0,6663	0,4440	7,3361
30	80565	11,2968	127,6181	0,7734	0,7502	0,5628	8,4750
31	84850	11,3486	128,7916	0,7995	0,8398	0,7052	9,5302
32	86580	11,3688	129,2502	0,8255	0,9366	0,8772	10,6482
33	103640	11,5487	133,3720	0,8516	1,0432	1,0882	12,0471
34	107790	11,5879	134,2804	0,8776	1,1631	1,3528	13,4779
35	137100	11,8285	139,9126	0,9036	1,3026	1,6968	15,4079
36	185700	12,1319	147,1827	0,9297	1,4735	2,1711	17,8759
37	290880	12,5807	158,2732	0,9557	1,7031	2,9007	21,4266
38	458940	13,0367	169,9549	0,9818	2,0918	4,3755	27,2698
Total	2208850	387,9805	4021,9493	19	0	34,5718	45,4434
						($\sum Xi$) ²	150528,8973
						($\sum Yi$) ²	0
						r	0,9923152



Gambar 4. 9 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data *time to failure* Pisau Belah

c. Distribusi Eksponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 38 + 0,4 = 38,4$$

$$Xi = ti = 2555$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0182} \right] = 0,0184$$

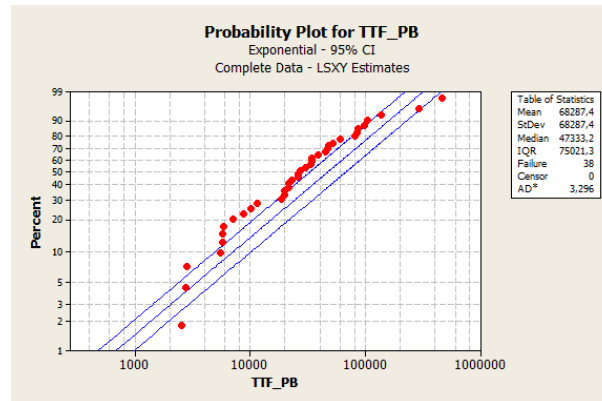
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(38 * 4947304,1079) - (2208850 * 37,0129)}{\sqrt{((38 * 415515736312) - 4879018323604)((38 * 67,4775) - 1369,9537)}} = 0,9307523$$

Tabel 4. 10 Perhitungan *time to failure* distribusi Eksponensial

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	2555	2555	6528025	0,0182	0,0184	0,0003	47,0053
2	2770	2770	7672900	0,0443	0,0453	0,0021	125,4276
3	2820	2820	7952400	0,0703	0,0729	0,0053	205,5971
4	5505	5505	30305025	0,0964	0,1013	0,0103	557,7543
5	5760	5760	33177600	0,1224	0,1306	0,0170	752,0234
6	5805	5805	33698025	0,1484	0,1607	0,0258	932,7612
7	5920	5920	35046400	0,1745	0,1917	0,0368	1135,1054
8	7035	7035	49491225	0,2005	0,2238	0,0501	1574,3965

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
9	8830	8830	77968900	0,2266	0,2569	0,0660	2268,5190
10	10080	10080	101606401,7	0,2526	0,2912	0,0848	2934,8962
11	10250	10250	105062500	0,2786	0,3266	0,1067	3347,9067
12	18550	18550	344102500	0,3047	0,3634	0,1321	6740,9567
13	19850	19850	394022500	0,3307	0,4016	0,1613	7971,0944
14	21600	21600	466560000	0,3568	0,4413	0,1947	9531,0911
15	21715	21715	471541225	0,3828	0,4826	0,2329	10479,2771
16	22875	22875	523265625	0,4089	0,5257	0,2764	12025,2167
17	24500	24500	600250004,1	0,4349	0,5707	0,3258	13983,2574
18	25920	25920	671846400	0,4609	0,6179	0,3818	16016,5838
19	27330	27330	746928900	0,4870	0,6674	0,4455	18241,1031
20	30110	30110	906612100	0,5130	0,7195	0,5177	21665,1668
21	33320	33320	1110222400	0,5391	0,7745	0,5998	25806,1008
22	34540	34540	1193011600	0,5651	0,8326	0,6933	28759,6875
23	34560	34560	1194393606	0,5911	0,8944	0,7999	30910,3517
24	38830	38830	1507768900	0,6172	0,9602	0,9220	37284,9530
25	44665	44665	1994962225	0,6432	1,0307	1,0623	46034,5016
26	47280	47280	2235398400	0,6693	1,1065	1,2242	52313,2144
27	47530	47530	2259100900	0,6953	1,1885	1,4125	56487,9134
28	51830	51830	2686348900	0,7214	1,2778	1,6328	66229,0850
29	60470	60470	3656620900	0,7474	1,3759	1,8932	83202,5823
30	80565	80565	6490719225	0,7734	1,4847	2,2044	119617,6297
31	84850	84850	7199522500	0,7995	1,6068	2,5819	136340,1305
32	86580	86580	7496096400	0,8255	1,7459	3,0483	151164,3452
33	103640	103640	10741249600	0,8516	1,9076	3,6389	197702,7608
34	107790	107790	11618684100	0,8776	2,1005	4,4121	226412,3508
35	137100	137100	18796410000	0,9036	2,3397	5,4743	320776,2481
36	185700	185700	34484490000	0,9297	2,6548	7,0480	492997,4160
37	290880	290880	84611174400	0,9557	3,1174	9,7184	906797,8082
38	458940	458940	210625923600	0,9818	4,0047	16,0379	1837931,8893
Total	2208850	2208850	415515736312	19,0000	37,0129	67,4775	4947304,1079
						($\sum xi$) ²	4879018323604
						($\sum Yi$) ²	1369,9537
						r	0,9307523



Gambar 4. 10 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Ekspensial Data *time to failure* Pisau Belah

d. Distribusi Weibull

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 38 + 0,4 = 38,4$$

$$Xi = \ln ti = 7,8458$$

$$yi = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0182} \right] \right] = 0,0184$$

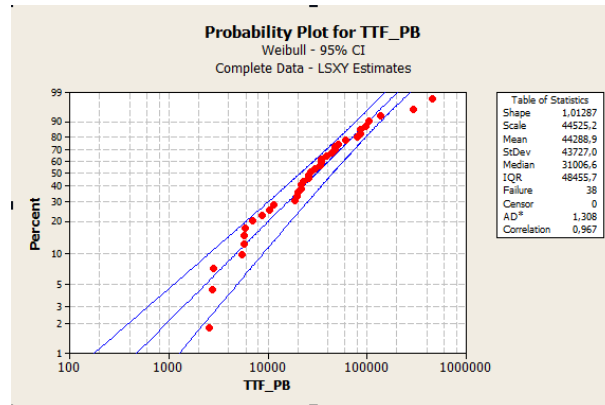
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(38 * (-160,6887)) - (2208850 * (-21,1702))}{\sqrt{((38 * 4021,9493) - 150528,8973)((38 * 65,8776) - 448,1773)}} = 0,9682386$$

Tabel 4. 11 Perhitungan *time to failure Weibull*

no	Ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	2555	7,8458	61,5567	0,0182	-3,9955	15,9644	-31,3483
2	2770	7,9266	62,8310	0,0443	-3,0949	9,5782	-24,5318
3	2820	7,9445	63,1150	0,0703	-2,6186	6,8569	-20,8032
4	5505	8,6134	74,1909	0,0964	-2,2895	5,2418	-19,7204
5	5760	8,6587	74,9730	0,1224	-2,0359	4,1450	-17,6285

no	Ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
6	5805	8,6665	75,1078	0,1484	-1,8283	3,3428	-15,8451
7	5920	8,6861	75,4482	0,1745	-1,6516	2,7278	-14,3460
8	7035	8,8587	78,4757	0,2005	-1,4970	2,2411	-13,2616
9	8830	9,0859	82,5538	0,2266	-1,3590	1,8470	-12,3480
10	10250	9,2350	85,2858	0,2526	-1,2339	1,5225	-11,3949
11	11520	9,3518	87,4569	0,2786	-1,1189	1,2520	-10,4642
12	18550	9,8282	96,5940	0,3047	-1,0123	1,0247	-9,9488
13	19850	9,8960	97,9300	0,3307	-0,9124	0,8324	-9,0289
14	19950	9,9010	98,0295	0,3568	-0,8181	0,6693	-8,1003
15	21600	9,9804	99,6094	0,3828	-0,7286	0,5309	-7,2718
16	21715	9,9858	99,7154	0,4089	-0,6430	0,4135	-6,4212
17	22875	10,0378	100,7574	0,4349	-0,5608	0,3145	-5,6293
18	25920	10,1628	103,2819	0,4609	-0,4814	0,2317	-4,8923
19	25940	10,1635	103,2976	0,4870	-0,4043	0,1635	-4,1092
20	27330	10,2157	104,3613	0,5130	-0,3292	0,1083	-3,3625
21	30110	10,3126	106,3500	0,5391	-0,2555	0,0653	-2,6354
22	33320	10,4139	108,4496	0,5651	-0,1831	0,0335	-1,9072
23	34540	10,4499	109,1999	0,5911	-0,1116	0,0125	-1,1663
24	34560	10,4505	109,2120	0,6172	-0,0406	0,0016	-0,4243
25	38830	10,5669	111,6604	0,6432	0,0302	0,0009	0,3191
26	44665	10,7069	114,6387	0,6693	0,1012	0,0102	1,0831
27	47280	10,7638	115,8603	0,6953	0,1727	0,0298	1,8585
28	47530	10,7691	115,9739	0,7214	0,2452	0,0601	2,6401
29	51830	10,8557	117,8468	0,7474	0,3191	0,1018	3,4644
30	60470	11,0099	121,2180	0,7734	0,3952	0,1562	4,3515
31	80565	11,2968	127,6181	0,7995	0,4743	0,2249	5,3577
32	84850	11,3486	128,7916	0,8255	0,5573	0,3106	6,3246
33	86580	11,3688	129,2502	0,8516	0,6458	0,4171	7,3425
34	97860	11,4913	132,0498	0,8776	0,7422	0,5508	8,5285
35	103640	11,5487	133,3720	0,9036	0,8500	0,7226	9,8168
36	137100	11,8285	139,9126	0,9297	0,9764	0,9533	11,5490
37	290880	12,5807	158,2732	0,9557	1,1370	1,2928	14,3043
38	458940	13,0367	169,9549	0,9818	1,3875	1,9251	18,0881
Total	2036050	385,8436	3974,2029	19	-21,1702	65,8776	-161,5614
							148875,307
						(Σxi)^2	8
						(ΣYi)^2	448,1773
						r	0,9665312



Gambar 4. 11 Grafik Plot Probabilitas Distribusi *Weibull* Data *time to failure* Pisau Belah

Perhitungan *index of fit* (r) untuk data kegagalan komponen pisau belah dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4. 12 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Ekspensial	0,9308
Normal	0,7634
Log Normal	0,9923
Weibull	0,9682

Berdasarkan tabel 4.12 didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

2. Penentuan Distribusi Kegagalan *Seal O-Ring*

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 18 + 0,4 = 18,4$$

$$X_i = t_i = 5730$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

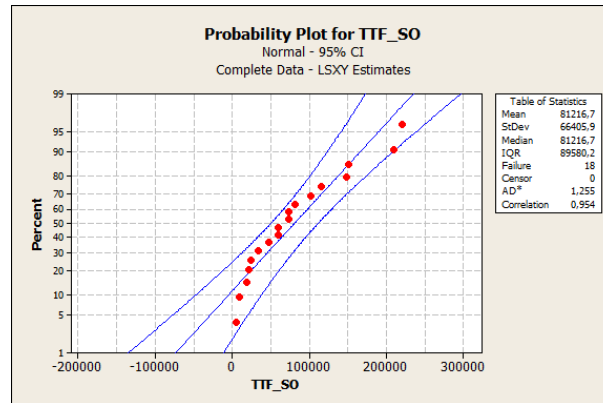
$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0380] = -1,7739$$

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

$$r = \frac{(18 * 1003683,972) - (1461900 * 0)}{\sqrt{((18 * 191935147650) - 2137151610000)((18 * 15,1143724) - 0)}} = 0,954186$$

Tabel 4. 13 Perhitungan *time to failure* distribusi Normal

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	5730	5730	32832900	0,0380	-1,7739	3,1466	-10164,1954
2	9910	9910	98208100	0,0924	-1,3262	1,7587	-13142,3682
3	18610	18610	346332100	0,1467	-1,0505	1,1036	-19550,2112
4	21540	21540	463971600	0,2011	-0,8377	0,7018	-18045,0281
5	24630	24630	606636900	0,2554	-0,6575	0,4323	-16193,8382
6	34510	34510	1190940100	0,3098	-0,4965	0,2465	-17133,0638
7	47325	47325	2239655625	0,3641	-0,3474	0,1207	-16442,5928
8	60350	60350	3642122500	0,4185	-0,2058	0,0423	-12419,3053
9	60510	60510	3661460100	0,4728	-0,0682	0,0046	-4124,8249
10	73190	73190	5356776100	0,5272	0,0682	0,0046	4989,1907
11	73350	73350	5380222500	0,5815	0,2058	0,0423	15094,5492
12	82050	82050	6732202500	0,6359	0,3474	0,1207	28507,4430
13	102440	102440	10493953600	0,6902	0,4965	0,2465	50858,0427
14	116690	116690	13616556100	0,7446	0,6575	0,4323	76721,8425
15	148275	148275	21985475625	0,7989	0,8377	0,7018	124216,6455
16	151020	151020	22807040400	0,8533	1,0505	1,1036	158649,8064
17	210050	210050	44121002500	0,9076	1,3262	1,7587	278562,5065
18	221720	221720	49159758400	0,9620	1,7739	3,1466	393299,3735
Total	1461900	1461900	191935147650	9	0	15,1143724	1003683,972
						(Σxi) ²	2137151610000
						(ΣYi) ²	0
						r	0,954186



Gambar 4. 12 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data *time to failure Seal O-ring*

b. Distribusi Log Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 18 + 0,4 = 18,4$$

$$X_i = \ln t_i = 8,6535$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0380] = -1,7739$$

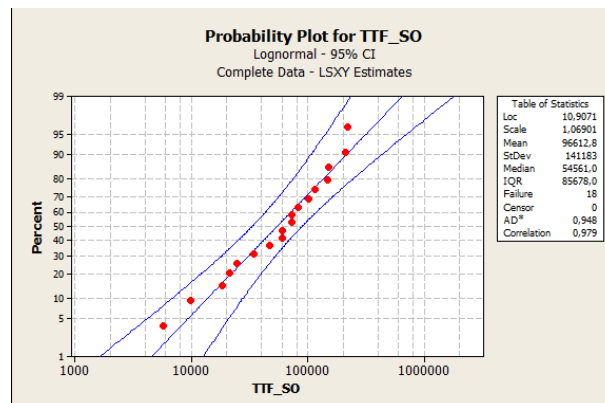
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(18 * 16,1574155) - (196,327358 * 0)}{\sqrt{((18 * 2159,384147) - 38544,43)((18 * 15,1143724) - 0)}} = 0,978852$$

Tabel 4. 14 Perhitungan *time to failure* distribusi Log Normal

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	5730	8,6535	74,8826	0,0380	-1,7739	3,1466	-15,3500
2	9910	9,2013	84,6639	0,0924	-1,3262	1,7587	-12,2025
3	18610	9,8315	96,6575	0,1467	-1,0505	1,1036	-10,3282
4	21540	9,9777	99,5538	0,2011	-0,8377	0,7018	-8,3587
5	24630	10,1117	102,2469	0,2554	-0,6575	0,4323	-6,6483
6	34510	10,4490	109,1817	0,3098	-0,4965	0,2465	-5,1876

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
7	47325	10,7648	115,8808	0,3641	-0,3474	0,1207	-3,7401
8	60350	11,0079	121,1742	0,4185	-0,2058	0,0423	-2,2653
9	60510	11,0106	121,2325	0,4728	-0,0682	0,0046	-0,7506
10	73190	11,2008	125,4582	0,5272	0,0682	0,0046	0,7635
11	73350	11,2030	125,5072	0,5815	0,2058	0,0423	2,3054
12	82050	11,3151	128,0311	0,6359	0,3474	0,1207	3,9313
13	102440	11,5370	133,1031	0,6902	0,4965	0,2465	5,7278
14	116690	11,6673	136,1253	0,7446	0,6575	0,4323	7,6711
15	148275	11,9068	141,7725	0,7989	0,8377	0,7018	9,9749
16	151020	11,9252	142,2096	0,8533	1,0505	1,1036	12,5276
17	210050	12,2551	150,1875	0,9076	1,3262	1,7587	16,2524
18	221720	12,3092	151,5157	0,9620	1,7739	3,1466	21,8347
Total	1461900	196,327358	2159,384147	9	0	15,1143724	16,1574155
						(Σxi) ²	38544,43
						(ΣYi) ²	0
					r		0,978852



Gambar 4. 13 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data *time to failure Seal O-ring*

c. Distribusi Eksponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 18 + 0,4 = 18,4$$

$$Xi = ti = 5370$$

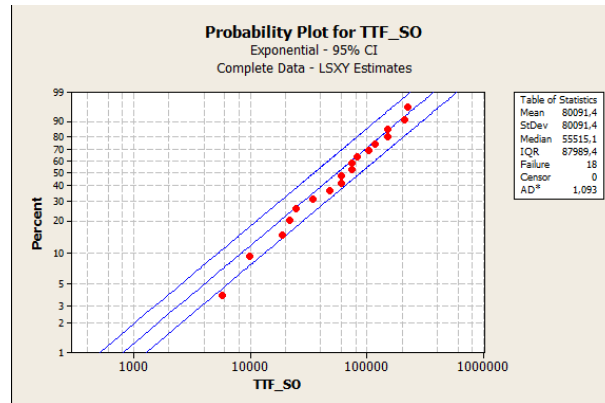
$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0380} \right] = 0,0388$$

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

$$r = \frac{(18 * 2355575,72) - (1461900 * 17,1606566)}{\sqrt{((18 * 191935147650) - 213715610000)((18 * 29,41110567) - 294,4881363)}} = 0,984056$$

Tabel 4. 15 Perhitungan *time to failure* distribusi Eksponensial

no	Ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	5730	5730	32832900	0,0380	0,0388	0,0015	222,2439
2	9910	9910	98208100	0,0924	0,0969	0,0094	960,6947
3	18610	18610	346332100	0,1467	0,1587	0,0252	2953,2200
4	21540	21540	463971600	0,2011	0,2245	0,0504	4835,7983
5	24630	24630	606636900	0,2554	0,2950	0,0870	7264,7375
6	34510	34510	1190940100	0,3098	0,3707	0,1375	12794,5366
7	47325	47325	2239655625	0,3641	0,4528	0,2050	21426,9533
8	60350	60350	3642122500	0,4185	0,5421	0,2939	32716,1528
9	60510	60510	3661460100	0,4728	0,6402	0,4099	38740,0014
10	73190	73190	5356776100	0,5272	0,7490	0,5610	54821,3329
11	73350	73350	5380222500	0,5815	0,8711	0,7589	63897,4101
12	82050	82050	6732202500	0,6359	1,0102	1,0206	82890,4495
13	102440	102440	10493953600	0,6902	1,1719	1,3733	120047,8471
14	116690	116690	13616556100	0,7446	1,3648	1,8626	159257,1299
15	148275	148275	21985475625	0,7989	1,6040	2,5729	237835,7460
16	151020	151020	22807040400	0,8533	1,9191	3,6829	289822,3146
17	210050	210050	44121002500	0,9076	2,3817	5,6726	500280,7930
18	221720	221720	49159758400	0,9620	3,2690	10,6865	724808,3579
To							
tal	1461900	1461900	191935147650	9	17,1606566	29,41110567	2355575,72
						(Σxi)^2	2137151610000
						(ΣYi)^2	294,4881363
					r		0,984056



Gambar 4. 14 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Eksponensial Data *time to failure Seal O-ring*

d. Distribusi Weibull

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 18 + 0,4 = 18,4$$

$$X_i = \ln t_i = 8,6535$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0182} \right] \right] = -3,2497$$

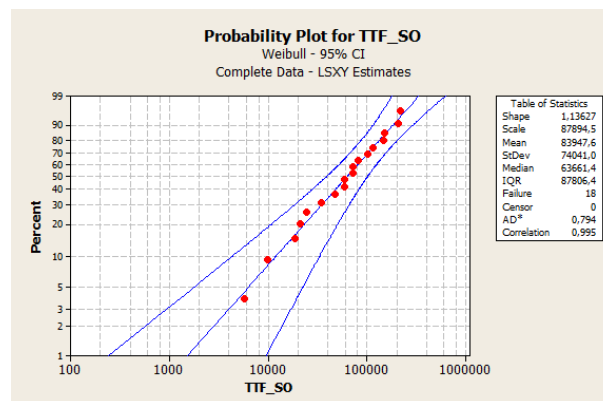
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(18 * (-86,083958)) - (196,327358 * (-9,7522441))}{\sqrt{((18 * 2159,384147) - 38544,432)((18 * 28,3322873) - 95,1062)}} = 0,995136$$

Tabel 4. 16 Perhitungan *time to failure* distribusi Weibull

no	Ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	5730	8,6535	74,8826	0,0380	-3,2497	10,5605	-28,1211
2	9910	9,2013	84,6639	0,0924	-2,3336	5,4459	-21,4725
3	18610	9,8315	96,6575	0,1467	-1,8408	3,3886	-18,0978
4	21540	9,9777	99,5538	0,2011	-1,4939	2,2316	-14,9053
5	24630	10,1117	102,2469	0,2554	-1,2209	1,4907	-12,3457
6	34510	10,4490	109,1817	0,3098	-0,9922	0,9845	-10,3678
7	47325	10,7648	115,8808	0,3641	-0,7924	0,6279	-8,5299

no	Ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
8	60350	11,0079	121,1742	0,4185	-0,6123	0,3749	-6,7401
9	60510	11,0106	121,2325	0,4728	-0,4459	0,1989	-4,9100
10	73190	11,2008	125,4582	0,5272	-0,2890	0,0835	-3,2368
11	73350	11,2030	125,5072	0,5815	-0,1380	0,0190	-1,5456
12	82050	11,3151	128,0311	0,6359	0,0102	0,0001	0,1153
13	102440	11,5370	133,1031	0,6902	0,1586	0,0252	1,8299
14	116690	11,6673	136,1253	0,7446	0,3110	0,0967	3,6285
15	148275	11,9068	141,7725	0,7989	0,4725	0,2233	5,6261
16	151020	11,9252	142,2096	0,8533	0,6519	0,4249	7,7735
17	210050	12,2551	150,1875	0,9076	0,8678	0,7531	10,6353
18	221720	12,3092	151,5157	0,9620	1,1845	1,4030	14,5801
Tota	146190	196,32735	2159,38414				
l	0	8	7	9	-9,7522	28,3322	-86,0839
						($\sum Xi$) ²	38544,432
						($\sum Yi$) ²	95,106264
						r	0,995136



Gambar 4. 15 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Weibull Data *time to failure Seal O-ring*

Perhitungan *index of fit* (r) untuk data kegagalan komponen *Seal O-Ring* dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4. 17 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Ekspensial	0,9841
Normal	0,9542
Log Normal	0,9789
Weibull	0,9951

Berdasarkan tabel 4.17 didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi *weibull*.

4.4.6. Uji kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen

1. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen Pisau Belah

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah :

$$H_0 : \text{Data } time \text{ to failure berdistribusi Log Normal}$$

$$H_1 : \text{Data } time \text{ to failure tidak berdistribusi Log Normal}$$

$$\alpha = 0,05$$

Penerimaan apabila $D_n < D_{tabel}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \max = 0,1052$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{7,8458 - 10,2100}{1,2635} \right) - \left(\frac{1-1}{38} \right) \right\}$$

$$D_1 = 0,0291$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{1}{38} \right) - 0,0307 \left(\frac{7,8458 - 10,2100}{1,2635} \right) \right\}$$

$$D_2 = -0,0028$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (7,8458 - 10,2100)^2}{38 - 1}}$$

$$s = 1,2635$$

Tabel 4. 18 Perhitungan uji *Kolmogorov-Smirnov Test*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	7,8458	5,3267	-1,8939	0,0291	0,0291	-0,0028
2	7,9266	4,9603	-1,8276	0,0338	0,0075	0,0188
3	7,9445	4,8810	-1,8129	0,0349	-0,0177	0,0440
4	8,6134	2,3727	-1,2640	0,1031	0,0242	0,0022
5	8,6587	2,2353	-1,2269	0,1099	0,0047	0,0216
6	8,6665	2,2121	-1,2205	0,1111	-0,0204	0,0468
7	8,6861	2,1541	-1,2044	0,1142	-0,0437	0,0700
8	8,8587	1,6774	-1,0628	0,1439	-0,0403	0,0666
9	9,0859	1,1403	-0,8763	0,1904	-0,0201	0,0464
10	9,2350	0,8441	-0,7539	0,2254	-0,0114	0,0377
11	9,3518	0,6431	-0,6581	0,2552	-0,0079	0,0342
12	9,8282	0,1060	-0,2671	0,3947	0,1052	-0,0789
13	9,8960	0,0665	-0,2116	0,4162	0,1004	-0,0741
14	9,9010	0,0639	-0,2074	0,4178	0,0757	-0,0494
15	9,9804	0,0300	-0,1422	0,4434	0,0750	-0,0487
16	9,9858	0,0282	-0,1379	0,4452	0,0504	-0,0241
17	10,0378	0,0135	-0,0952	0,4621	0,0410	-0,0147
18	10,1628	0,0001	0,0074	0,5029	0,0556	-0,0293
19	10,1635	0,0001	0,0080	0,5032	0,0295	-0,0032
20	10,2157	0,0038	0,0508	0,5203	0,0203	0,0060
21	10,3126	0,0252	0,1303	0,5519	0,0255	0,0008
22	10,4139	0,0677	0,2135	0,5845	0,0319	-0,0056
23	10,4499	0,0877	0,2430	0,5960	0,0170	0,0093
24	10,4505	0,0880	0,2434	0,5962	-0,0091	0,0354
25	10,5669	0,1707	0,3390	0,6327	0,0011	0,0252
26	10,7069	0,3060	0,4539	0,6751	0,0172	0,0092
27	10,7638	0,3722	0,5006	0,6917	0,0075	0,0188
28	10,7691	0,3786	0,5049	0,6932	-0,0173	0,0436
29	10,8557	0,4927	0,5760	0,7177	-0,0191	0,0455
30	11,0099	0,7329	0,7025	0,7588	-0,0043	0,0306
31	11,2968	1,3065	0,9380	0,8259	0,0364	-0,0101

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
32	11,3486	1,4277	0,9805	0,8366	0,0208	0,0055
33	11,3688	1,4763	0,9971	0,8406	-0,0015	0,0278
34	11,4913	1,7889	1,0976	0,8638	-0,0046	0,0309
35	11,5487	1,9457	1,1447	0,8738	-0,0209	0,0472
36	11,8285	2,8046	1,3742	0,9153	-0,0057	0,0321
37	12,5807	5,8898	1,9915	0,9768	0,0294	-0,0031
38	13,0367	8,3111	2,3657	0,9910	0,0173	0,0090
Jumlah	385,8436	56,4317		DnMax	0,1052	0,0700
Rata-rata	10,1538					
s	1,2186					

Tabel Kolmogorov-Smirnov $n = 38$, $\alpha = 0,05$. $D_{\text{tabel}} = 0,2190$. keputusan yang diambil yaitu $D_{\text{hit}} < D_{\text{Tabel}}$ maka H_0 diterima yang berarti data *time to failure* berdistribusi Log Normal.

2. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen *Seal O-Ring*

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu distribusi Weibull sehingga menggunakan uji *Mann's Test*

Hipotesis untuk uji *Mann's test* adalah :

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi Weibull

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi Weibull

$\alpha = 0,05$

H_0 diterima apabila $M < F_{\text{crit}}, k_2, k_1$

Perhitungan

$$n = 8$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{n} \right] = \left[\frac{18}{2} \right] = 9$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] = \left[\frac{18-1}{2} \right] = 8,5$$

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

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{18+0,25} \right) \right] = -3,5835$$

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

$$M_i = -2,4561 - (-3,5835) = -1,1273$$

Tabel 4. 19 Perhitungan uji *Mann's Test*

No	ti	ln (ti)	$\frac{1-(i-0.5)/(n+0.25))}{0.5}$	Zi	Mi	$\frac{\ln t+1 - \ln t}{t}$	$(\ln t+1 - \ln t)/M_i$
1	5730	8,6535	0,9726	-3,5835	-1,1273	-0,5478	0,4860
2	9910	9,2013	0,9178	-2,4561	-0,5410	-0,6302	1,1648
3	18610	9,8315	0,8630	-1,9151	-0,3683	-0,1462	0,3970
4	21540	9,9777	0,8082	-1,5468	-0,2850	-0,1341	0,4704
5	24630	10,1117	0,7534	-1,2619	-0,2364	-0,3373	1,4267
6	34510	10,4490	0,6986	-1,0255	-0,2052	-0,3158	1,5391
7	47325	10,7648	0,6438	-0,8203	-0,1840	-0,2431	1,3214
8	60350	11,0079	0,5890	-0,6363	-0,1693	-0,0026	0,0156
9	60510	11,0106	0,5342	-0,4670	-0,1592	-0,1903	1,1947
10	73190	11,2008	0,4795	-0,3077	-0,1528	-0,0022	0,0143
11	73350	11,2030	0,4247	-0,1549	-0,1495	-0,1121	0,7495
12	82050	11,3151	0,3699	-0,0054	-0,1495	-0,2219	1,4850
13	102440	11,5370	0,3151	0,1441	-0,1531	-0,1302	0,8508
14	116690	11,6673	0,2603	0,2972	-0,1618	-0,2395	1,4806
15	148275	11,9068	0,2055	0,4589	-0,1790	-0,0183	0,1025
16	151020	11,9252	0,1507	0,6379	-0,2142	-0,3299	1,5406
17	210050	12,2551	0,0959	0,8521	-0,3085	-0,0541	0,1753
18	221720	12,3092	0,0411	1,1606			
	1461900	196,3274	9,1233	-10,6296			14,4142

$$M = \frac{k_1 \sum [(lnt_{i+1} - lnt_{i_1})/M_i]}{k_2 \sum [(lnt_{i+1} - lnt_{i_1})/M_i]}$$

$$M = \frac{9 * 14,4142}{8,5 * 14,4142} = 1,0588$$

Jadi, keputusan $M < F_{crit} = 1,0588 < 3,229583$

Distribusi *Weibull* menggunakan dua parameter yaitu α (*scale parameter*) dan β (*shape parameter*). Dibawah ini hasil perhitungan dari kedua parameter tersebut.

1. θ (*scale parameter*)

$$\alpha = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{b \sum x_i}{n}$$

$$\alpha = \frac{-9,7522}{18} - \frac{1,125239426 * 196,3274}{18}$$

$$\alpha = -12,81486267$$

$$\theta = \exp^{-\alpha/\beta}$$

$$\theta = \exp^{-\left(\frac{-12,81486267}{1,125239426}\right)}$$

$$\theta = 88306,17284$$

2. β (*shape parameter*)

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{18 * (-86,083958) - (196,3274)(-9,7522)}{18 * (2159,3841) - (38544,4316)} = 1,125239426$$

4.4.7. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Menghitung nilai MTTF komponen pisau belah dan komponen *seal o-ring* yang sesuai dengan distribusi yang terpilih terhadap data *time to failure* sebagai berikut :

1. Komponen Pisau Belah (Log Normal)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 27173,9518 * \left(\exp \frac{1,2635^2}{2}\right) \\ &= 60367,4474 \end{aligned}$$

2. Komponen *Seal O-Ring* (Weibull)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\ &= 88306,17284 * \Gamma\left(1 + \frac{1}{1,125}\right) \\ &= 88306,17284 * \Gamma(0,96) \\ &= 88306,17284 * 1,89 \\ &= 84930,2279 \end{aligned}$$

4.4.8. Penentuan Jenis Distribusi *Time to Repair*

Pemilihan jenis distribusi perbaikan ini menggunakan *Least Square Curve Fitting*, yang berdasarkan nilai r paling besar atau nilai *index of fit*. Dibawah ini merupakan penentuan distribusi perbaikan komponen Pisau Belah dan *Seal O-ring*

1. Penentuan Distribusi Perbaikan Pisau Belah

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 39 + 0,4 = 39,4$$

$$Xi = ti = 15$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0,0178] = -2,1022$$

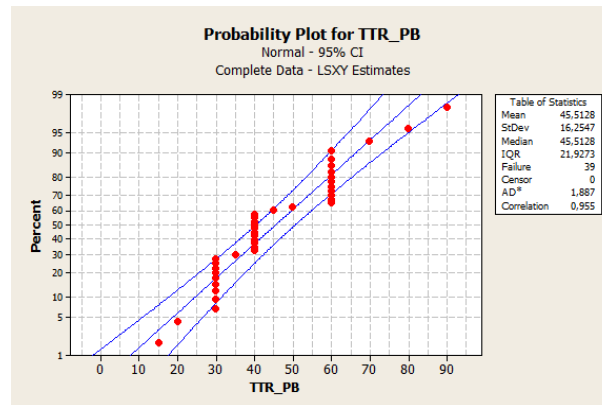
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(39 * 577,90083) - (1775 * 0)}{\sqrt{((39 * 91075) - 3150625)((39 * 35,552777) - 0)}} = 0,9554639$$

Tabel 4. 20 Perhitungan *time to repair* distribusi Normal

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	15	225	0,0178	-2,1022	4,4194	-31,5335
2	20	20	400	0,0431	-1,7153	2,9422	-34,3055
3	30	30	900	0,0685	-1,4868	2,2107	-44,6053
4	30	30	900	0,0939	-1,3171	1,7347	-39,5119
5	30	30	900	0,1193	-1,1785	1,3890	-35,3564
6	30	30	900	0,1447	-1,0596	1,1227	-31,7871
7	30	30	900	0,1701	-0,9540	0,9100	-28,6189
8	30	30	900	0,1954	-0,8581	0,7363	-25,7416
9	30	30	900	0,2208	-0,7695	0,5921	-23,0836
10	30	30	900	0,2462	-0,6865	0,4713	-20,5956
11	30	30	900	0,2716	-0,6081	0,3697	-18,2418
12	35	35	1225	0,2970	-0,5332	0,2843	-18,6613
13	40	40	1600	0,3223	-0,4612	0,2127	-18,4472

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
14	40	40	1600	0,3477	-0,3915	0,1533	-15,6598
15	40	40	1600	0,3731	-0,3237	0,1048	-12,9465
16	40	40	1600	0,3985	-0,2573	0,0662	-10,2916
17	40	40	1600	0,4239	-0,1920	0,0369	-7,6814
18	40	40	1600	0,4492	-0,1276	0,0163	-5,1034
19	40	40	1600	0,4746	-0,0637	0,0041	-2,5465
20	40	40	1600	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
21	40	40	1600	0,5254	0,0637	0,0041	2,5465
22	40	40	1600	0,5508	0,1276	0,0163	5,1034
23	40	40	1600	0,5761	0,1920	0,0369	7,6814
24	45	45	2025	0,6015	0,2573	0,0662	11,5781
25	50	50	2500	0,6269	0,3237	0,1048	16,1832
26	60	60	3600	0,6523	0,3915	0,1533	23,4897
27	60	60	3600	0,6777	0,4612	0,2127	27,6708
28	60	60	3600	0,7030	0,5332	0,2843	31,9908
29	60	60	3600	0,7284	0,6081	0,3697	36,4836
30	60	60	3600	0,7538	0,6865	0,4713	41,1911
31	60	60	3600	0,7792	0,7695	0,5921	46,1672
32	60	60	3600	0,8046	0,8581	0,7363	51,4832
33	60	60	3600	0,8299	0,9540	0,9100	57,2379
34	60	60	3600	0,8553	1,0596	1,1227	63,5742
35	60	60	3600	0,8807	1,1785	1,3890	70,7128
36	60	60	3600	0,9061	1,3171	1,7347	79,0238
37	70	70	4900	0,9315	1,4868	2,2107	104,0791
38	80	80	6400	0,9569	1,7153	2,9422	137,2222
39	90	90	8100	0,9822	2,1022	4,4194	189,2008
						($\sum xi$) ²	3150625
						($\sum Yi$) ²	0
					r		0,9554639



Gambar 4. 16 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data *time to repair* Pisau Belah

b. Distribusi Log Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 39 + 0,4 = 39,4$$

$$X_i = \ln t_i = 2,7081$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0178] = -2,1022$$

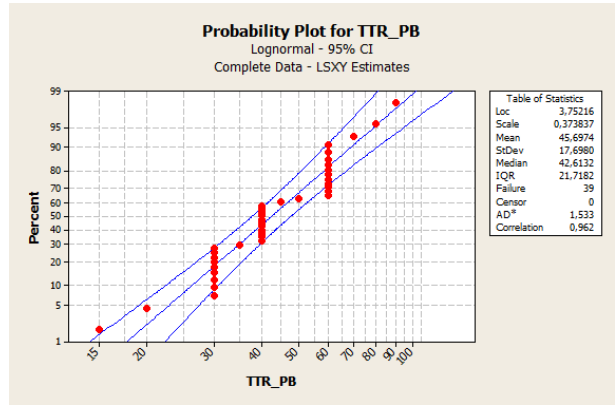
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(39 * 13,2910) - (146,33439 * 0)}{\sqrt{((39 * 554,44288) - 21413,8)((39 * 35,552777) - 0)}} = 0,9617003$$

Tabel 4. 21 Perhitungan *time to repair* distribusi Log Normal

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	2,7081	7,3335	0,0178	-2,1022	4,4194	-5,6929
2	20	2,9957	8,9744	0,0431	-1,7153	2,9422	-5,1385
3	30	3,4012	11,5681	0,0685	-1,4868	2,2107	-5,0571
4	30	3,4012	11,5681	0,0939	-1,3171	1,7347	-4,4796
5	30	3,4012	11,5681	0,1193	-1,1785	1,3890	-4,0085
6	30	3,4012	11,5681	0,1447	-1,0596	1,1227	-3,6038
7	30	3,4012	11,5681	0,1701	-0,9540	0,9100	-3,2446
8	30	3,4012	11,5681	0,1954	-0,8581	0,7363	-2,9184

no	ti	$X_i = \ln t_i$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
9	30	3,4012	11,5681	0,2208	-0,7695	0,5921	-2,6171
10	30	3,4012	11,5681	0,2462	-0,6865	0,4713	-2,3350
11	30	3,4012	11,5681	0,2716	-0,6081	0,3697	-2,0681
12	35	3,5553	12,6405	0,2970	-0,5332	0,2843	-1,8956
13	40	3,6889	13,6078	0,3223	-0,4612	0,2127	-1,7012
14	40	3,6889	13,6078	0,3477	-0,3915	0,1533	-1,4442
15	40	3,6889	13,6078	0,3731	-0,3237	0,1048	-1,1940
16	40	3,6889	13,6078	0,3985	-0,2573	0,0662	-0,9491
17	40	3,6889	13,6078	0,4239	-0,1920	0,0369	-0,7084
18	40	3,6889	13,6078	0,4492	-0,1276	0,0163	-0,4706
19	40	3,6889	13,6078	0,4746	-0,0637	0,0041	-0,2348
20	40	3,6889	13,6078	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
21	40	3,6889	13,6078	0,5254	0,0637	0,0041	0,2348
22	40	3,6889	13,6078	0,5508	0,1276	0,0163	0,4706
23	40	3,6889	13,6078	0,5761	0,1920	0,0369	0,7084
24	45	3,8067	14,4907	0,6015	0,2573	0,0662	0,9794
25	50	3,9120	15,3039	0,6269	0,3237	0,1048	1,2662
26	60	4,0943	16,7637	0,6523	0,3915	0,1533	1,6029
27	60	4,0943	16,7637	0,6777	0,4612	0,2127	1,8882
28	60	4,0943	16,7637	0,7030	0,5332	0,2843	2,1830
29	60	4,0943	16,7637	0,7284	0,6081	0,3697	2,4896
30	60	4,0943	16,7637	0,7538	0,6865	0,4713	2,8108
31	60	4,0943	16,7637	0,7792	0,7695	0,5921	3,1504
32	60	4,0943	16,7637	0,8046	0,8581	0,7363	3,5132
33	60	4,0943	16,7637	0,8299	0,9540	0,9100	3,9059
34	60	4,0943	16,7637	0,8553	1,0596	1,1227	4,3382
35	60	4,0943	16,7637	0,8807	1,1785	1,3890	4,8254
36	60	4,0943	16,7637	0,9061	1,3171	1,7347	5,3925
37	70	4,2485	18,0497	0,9315	1,4868	2,2107	6,3169
38	80	4,3820	19,2022	0,9569	1,7153	2,9422	7,5164
39	90	4,4998	20,2483	0,9822	2,1022	4,4194	9,4596
Total	1775	146,33439	554,44288	19,5	0	35,552777	13,2910
						$(\sum X_i)^2$	21413,8
						$(\sum Y_i)^2$	0
						r	0,9617003



Gambar 4. 17 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data *time to repair* Pisau Belah

c. Distribusi Ekspensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 39 + 0,4 = 39,4$$

$$Xi = ti = 15$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0178} \right] = 0,0179$$

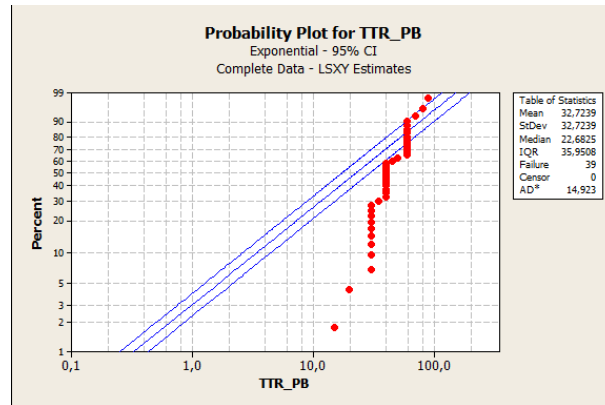
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(39 * 2271,2318) - (1775 * 38,0077)}{\sqrt{((39 * 91075) - 3150625)((39 * 69,405989) - 1444,5875)}} = 0,9381461$$

Tabel 4. 22 Perhitungan *time to repair* distribusi Ekspensial

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	15	225	0,0178	0,0179	0,0003	0,2689
2	20	20	400	0,0431	0,0441	0,0019	0,8821
3	30	30	900	0,0685	0,0710	0,0050	2,1297
4	30	30	900	0,0939	0,0986	0,0097	2,9585
5	30	30	900	0,1193	0,1270	0,0161	3,8108
6	30	30	900	0,1447	0,1563	0,0244	4,6880
7	30	30	900	0,1701	0,1864	0,0347	5,5917

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
8	30	30	900	0,1954	0,2174	0,0473	6,5235
9	30	30	900	0,2208	0,2495	0,0623	7,4851
10	30	30	900	0,2462	0,2826	0,0799	8,4786
11	30	30	900	0,2716	0,3169	0,1004	9,5061
12	35	35	1225	0,2970	0,3523	0,1241	12,3317
13	40	40	1600	0,3223	0,3891	0,1514	15,5641
14	40	40	1600	0,3477	0,4273	0,1826	17,0910
15	40	40	1600	0,3731	0,4670	0,2181	18,6785
16	40	40	1600	0,3985	0,5083	0,2584	20,3316
17	40	40	1600	0,4239	0,5514	0,3040	22,0560
18	40	40	1600	0,4492	0,5965	0,3558	23,8581
19	40	40	1600	0,4746	0,6436	0,4143	25,7453
20	40	40	1600	0,5000	0,6931	0,4805	27,7259
21	40	40	1600	0,5254	0,7452	0,5554	29,8097
22	40	40	1600	0,5508	0,8002	0,6403	32,0080
23	40	40	1600	0,5761	0,8584	0,7368	34,3343
24	45	45	2025	0,6015	0,9201	0,8466	41,4047
25	50	50	2500	0,6269	0,9859	0,9720	49,2959
26	60	60	3600	0,6523	1,0564	1,1159	63,3822
27	60	60	3600	0,6777	1,1322	1,2818	67,9298
28	60	60	3600	0,7030	1,2142	1,4742	72,8506
29	60	60	3600	0,7284	1,3035	1,6992	78,2113
30	60	60	3600	0,7538	1,4016	1,9646	84,0984
31	60	60	3600	0,7792	1,5104	2,2814	90,6266
32	60	60	3600	0,8046	1,6325	2,6652	97,9527
33	60	60	3600	0,8299	1,7717	3,1388	106,2995
34	60	60	3600	0,8553	1,9333	3,7376	115,9980
35	60	60	3600	0,8807	2,1262	4,5207	127,5722
36	60	60	3600	0,9061	2,3654	5,5953	141,9260
37	70	70	4900	0,9315	2,6805	7,1852	187,6360
38	80	80	6400	0,9569	3,1431	9,8793	251,4510
39	90	90	8100	0,9822	4,0304	16,2445	362,7397
Total	1775	1775	91075	19,5	38,0077	69,405989	2271,2318
						($\sum Xi$) ²	3150625
						($\sum Yi$) ²	1444,5875
						r	0,9381461



Gambar 4. 18 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Ekspensial Data *time to repair* Pisau Belah

d. Distribusi *Weibull*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 39 + 0,4 = 39,4$$

$$X_i = \ln t_i = 2,7081$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0178} \right] \right] = -4,0215$$

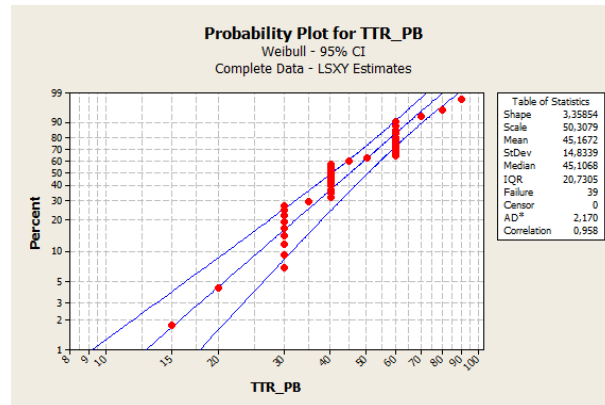
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(39 * (-65,010634)) - (146,33439 * (-21,742966))}{\sqrt{((39 * 554,44288) - 21413,753)((39 * 67,781413) - 472,75657)}} = 0,958385$$

Tabel 4. 23 Perhitungan *time to repair* distribusi *Weibull*

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	2,7081	7,3335	0,0178	-4,0215	16,1724	-10,8904
2	20	2,9957	8,9744	0,0431	-3,1212	9,7417	-9,3502
3	30	3,4012	11,5681	0,0685	-2,6452	6,9972	-8,9969
4	30	3,4012	11,5681	0,0939	-2,3165	5,3663	-7,8790
5	30	3,4012	11,5681	0,1193	-2,0634	4,2575	-7,0179
6	30	3,4012	11,5681	0,1447	-1,8562	3,4454	-6,3132

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
7	30	3,4012	11,5681	0,1701	-1,6799	2,8221	-5,7137
8	30	3,4012	11,5681	0,1954	-1,5258	2,3280	-5,1895
9	30	3,4012	11,5681	0,2208	-1,3883	1,9273	-4,7218
10	30	3,4012	11,5681	0,2462	-1,2637	1,5968	-4,2979
11	30	3,4012	11,5681	0,2716	-1,1493	1,3208	-3,9089
12	35	3,5553	12,6405	0,2970	-1,0432	1,0882	-3,7089
13	40	3,6889	13,6078	0,3223	-0,9439	0,8910	-3,4820
14	40	3,6889	13,6078	0,3477	-0,8503	0,7231	-3,1368
15	40	3,6889	13,6078	0,3731	-0,7615	0,5799	-2,8091
16	40	3,6889	13,6078	0,3985	-0,6767	0,4579	-2,4963
17	40	3,6889	13,6078	0,4239	-0,5953	0,3544	-2,1960
18	40	3,6889	13,6078	0,4492	-0,5168	0,2670	-1,9062
19	40	3,6889	13,6078	0,4746	-0,4406	0,1942	-1,6254
20	40	3,6889	13,6078	0,5000	-0,3665	0,1343	-1,3520
21	40	3,6889	13,6078	0,5254	-0,2940	0,0865	-1,0847
22	40	3,6889	13,6078	0,5508	-0,2229	0,0497	-0,8222
23	40	3,6889	13,6078	0,5761	-0,1527	0,0233	-0,5634
24	45	3,8067	14,4907	0,6015	-0,0833	0,0069	-0,3170
25	50	3,9120	15,3039	0,6269	-0,0142	0,0002	-0,0555
26	60	4,0943	16,7637	0,6523	0,0548	0,0030	0,2245
27	60	4,0943	16,7637	0,6777	0,1241	0,0154	0,5082
28	60	4,0943	16,7637	0,7030	0,1941	0,0377	0,7946
29	60	4,0943	16,7637	0,7284	0,2651	0,0703	1,0853
30	60	4,0943	16,7637	0,7538	0,3376	0,1140	1,3824
31	60	4,0943	16,7637	0,7792	0,4124	0,1701	1,6885
32	60	4,0943	16,7637	0,8046	0,4901	0,2402	2,0068
33	60	4,0943	16,7637	0,8299	0,5719	0,3271	2,3416
34	60	4,0943	16,7637	0,8553	0,6592	0,4346	2,6991
35	60	4,0943	16,7637	0,8807	0,7543	0,5690	3,0885
36	60	4,0943	16,7637	0,9061	0,8610	0,7413	3,5251
37	70	4,2485	18,0497	0,9315	0,9860	0,9722	4,1891
38	80	4,3820	19,2022	0,9569	1,1452	1,3115	5,0184
39	90	4,4998	20,2483	0,9822	1,3939	1,9429	6,2722
Total	1775	146,33439	554,44288	19,5	-21,742966	67,781413	-65,010634
						$(\sum xi)^2$	21413,753
						$(\sum Yi)^2$	472,75657
						r	0,958385



Gambar 4. 19 Grafik Plot Probabilitas Distribusi *Weibull* Data *time to repair* Pisau Belah

Perhitungan *index of fit* (r) untuk data kegagalan komponen pisau belah dapat dilihat dari tabel berikut

Tabel 4. 24 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9381
Normal	0,9555
Log Normal	0,9617
Weibull	0,9584

Berdasarkan tabel 4.24 didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

2. Penentuan Distribusi Perbaikan *Seal O-Ring*

a. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 19 + 0,4 = 19,4$$

$$Xi = ti = 30$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

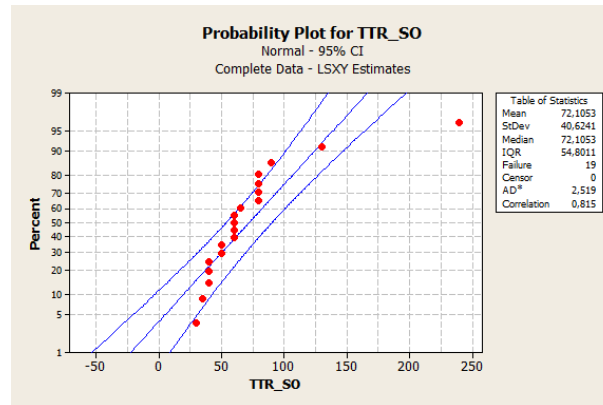
$$yi = zi = \phi^{-1}[0,0361] = -1,7981$$

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

$$r = \frac{(19 * 653,052) - (1370 * 0)}{\sqrt{((19 * 138750) - 1876900)((19 * 16,0755) - 0)}} = 0,81475$$

Tabel 4. 25 Perhitungan *time to repair* distribusi Normal

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	30	900	0,0361	-1,7981	3,2331	-53,9423
2	35	35	1225	0,0876	-1,3555	1,8374	-47,4426
3	40	40	1600	0,1392	-1,0840	1,1751	-43,3613
4	40	40	1600	0,1907	-0,8752	0,7660	-35,0096
5	40	40	1600	0,2423	-0,6990	0,4886	-27,9610
6	50	50	2500	0,2938	-0,5423	0,2941	-27,1138
7	50	50	2500	0,3454	-0,3979	0,1583	-19,8938
8	60	60	3600	0,3969	-0,2614	0,0683	-15,6816
9	60	60	3600	0,4485	-0,1296	0,0168	-7,7742
10	60	60	3600	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
11	60	60	3600	0,5515	0,1296	0,0168	7,7742
12	65	65	4225	0,6031	0,2614	0,0683	16,9884
13	80	80	6400	0,6546	0,3979	0,1583	31,8301
14	80	80	6400	0,7062	0,5423	0,2941	43,3820
15	80	80	6400	0,7577	0,6990	0,4886	55,9220
16	80	80	6400	0,8093	0,8752	0,7660	70,0192
17	90	90	8100	0,8608	1,0840	1,1751	97,5629
18	130	130	16900	0,9124	1,3555	1,8374	176,2152
19	240	240	57600	0,9639	1,7981	3,2331	431,5383
Total	1370	1370	138750	9,5	0	16,07547168	653,0522
						(Σxi) ²	1876900
						(ΣYi) ²	0
						r	0,81745



Gambar 4. 20 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Normal Data *time to repair Seal O-ring*

b. Distribusi Log Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 19 + 0,4 = 19,4$$

$$Xi = \ln ti = 3,4012$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0,0361] = -1,7981$$

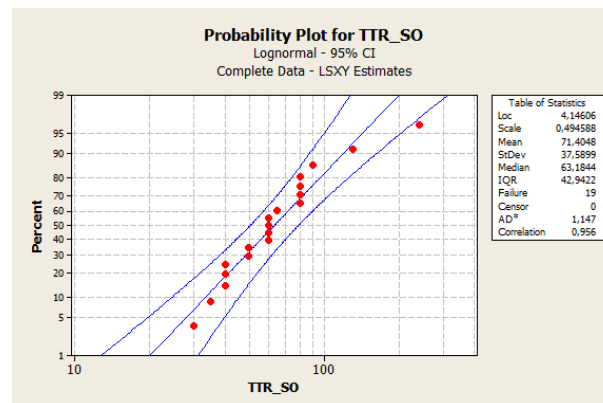
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(19 * 7,95073) - (78,7751 * 0)}{\sqrt{((19 * 330,907) - 6205,514)((19 * 16,07547) - 0)}} = 0,956145$$

Tabel 4. 26 Perhitungan *time to repair* distribusi Log Normal

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	3,4012	11,5681	0,0361	-1,7981	3,2331	-6,1156
2	35	3,5553	12,6405	0,0876	-1,3555	1,8374	-4,8193
3	40	3,6889	13,6078	0,1392	-1,0840	1,1751	-3,9989
4	40	3,6889	13,6078	0,1907	-0,8752	0,7660	-3,2287
5	40	3,6889	13,6078	0,2423	-0,6990	0,4886	-2,5786

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
6	50	3,9120	15,3039	0,2938	-0,5423	0,2941	-2,1214
7	50	3,9120	15,3039	0,3454	-0,3979	0,1583	-1,5565
8	60	4,0943	16,7637	0,3969	-0,2614	0,0683	-1,0701
9	60	4,0943	16,7637	0,4485	-0,1296	0,0168	-0,5305
10	60	4,0943	16,7637	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000
11	60	4,0943	16,7637	0,5515	0,1296	0,0168	0,5305
12	65	4,1744	17,4255	0,6031	0,2614	0,0683	1,0910
13	80	4,3820	19,2022	0,6546	0,3979	0,1583	1,7435
14	80	4,3820	19,2022	0,7062	0,5423	0,2941	2,3763
15	80	4,3820	19,2022	0,7577	0,6990	0,4886	3,0631
16	80	4,3820	19,2022	0,8093	0,8752	0,7660	3,8353
17	90	4,4998	20,2483	0,8608	1,0840	1,1751	4,8779
18	130	4,8675	23,6929	0,9124	1,3555	1,8374	6,5980
19	240	5,4806	30,0374	0,9639	1,7981	3,2331	9,8546
Total	1370	78,775085	330,90734	9,5	0	16,075472	7,9507319
						(Σxi) ²	6205,514
						(ΣYi) ²	0
						r	0,956145



Gambar 4. 21 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Log Normal Data *time to repair Seal O-ring*

c. Distribusi Eksponensial

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 19 + 0,4 = 19,4$$

$$Xi = ti = 30$$

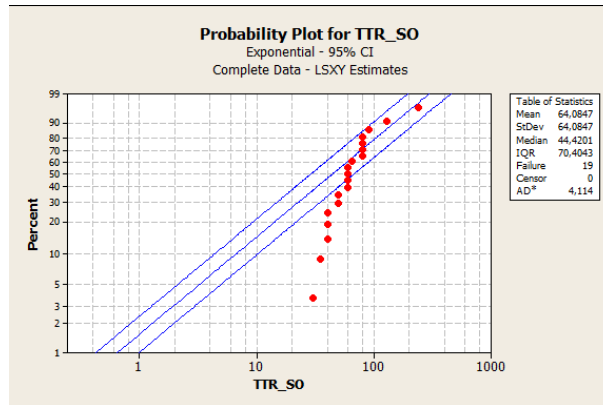
$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0361} \right] = 0,0367$$

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

$$r = \frac{(19 * 2004,521) - (1370 * 18,15001)}{\sqrt{((19 * 138750) - 1876900)((19 * 31,17924) - 329,42284)}} = 0,932173$$

Tabel 4. 27 Perhitungan *time to repair* distribusi Eksponensial

no	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	30	900	0,0361	0,0367	0,0014	1,1025
2	35	35	1225	0,0876	0,0917	0,0084	3,2098
3	40	40	1600	0,1392	0,1499	0,0225	5,9946
4	40	40	1600	0,1907	0,2116	0,0448	8,4645
5	40	40	1600	0,2423	0,2774	0,0770	11,0970
6	50	50	2500	0,2938	0,3479	0,1210	17,3939
7	50	50	2500	0,3454	0,4237	0,1795	21,1836
8	60	60	3600	0,3969	0,5057	0,2557	30,3411
9	60	60	3600	0,4485	0,5950	0,3541	35,7018
10	60	60	3600	0,5000	0,6931	0,4805	41,5888
11	60	60	3600	0,5515	0,8020	0,6431	48,1170
12	65	65	4225	0,6031	0,9241	0,8539	60,0634
13	80	80	6400	0,6546	1,0632	1,1303	85,0532
14	80	80	6400	0,7062	1,2248	1,5002	97,9846
15	80	80	6400	0,7577	1,4177	2,0099	113,4168
16	80	80	6400	0,8093	1,6569	2,7455	132,5552
17	90	90	8100	0,8608	1,9720	3,8889	177,4819
18	130	130	16900	0,9124	2,4346	5,9275	316,5038
19	240	240	57600	0,9639	3,3219	11,0353	797,2675
Total	1370	1370	138750	9,5	18,150009	31,279237	2004,521
						(Σxi) ²	1876900
						(ΣYi) ²	329,42284
						r	0,9321727



Gambar 4. 22 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Ekspensial Data *time to repair Seal O-ring*

d. Distribusi *Weibull*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 19 + 0,4 = 19,4$$

$$Xi = \ln ti = 3,4012$$

$$yi = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0361} \right] \right] = -3,3036$$

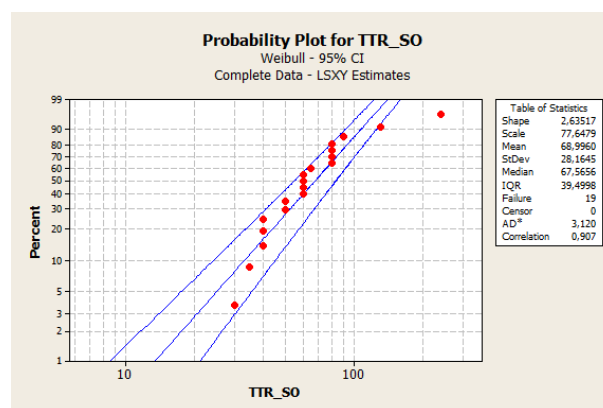
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(19 * (-33,4666)) - (78,77508 * (-10,3204))}{\sqrt{((19 * 330,9073) - 6205,514)((19 * 30,17238) - 106,5114)}} = 0,906903$$

Tabel 4. 28 Perhitungan *time to repair* distribusi *Weibull*

no	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	30	3,4012	11,5681	0,0361	-3,3036	10,9140	-11,2363
2	35	3,5553	12,6405	0,0876	-2,3891	5,7080	-8,4942
3	40	3,6889	13,6078	0,1392	-1,8980	3,6025	-7,0016
4	40	3,6889	13,6078	0,1907	-1,5530	2,4118	-5,7288

no	ti	$X_i = \ln t_i$	X_i^2	$F(t_i)$	Y_i	Y_i^2	$X_i Y_i$
5	40	3,6889	13,6078	0,2423	-1,2822	1,6440	-4,7299
6	50	3,9120	15,3039	0,2938	-1,0559	1,1149	-4,1307
7	50	3,9120	15,3039	0,3454	-0,8588	0,7375	-3,3596
8	60	4,0943	16,7637	0,3969	-0,6818	0,4649	-2,7917
9	60	4,0943	16,7637	0,4485	-0,5191	0,2695	-2,1256
10	60	4,0943	16,7637	0,5000	-0,3665	0,1343	-1,5006
11	60	4,0943	16,7637	0,5515	-0,2207	0,0487	-0,9037
12	65	4,1744	17,4255	0,6031	-0,0790	0,0062	-0,3297
13	80	4,3820	19,2022	0,6546	0,0613	0,0038	0,2684
14	80	4,3820	19,2022	0,7062	0,2028	0,0411	0,8886
15	80	4,3820	19,2022	0,7577	0,3490	0,1218	1,5295
16	80	4,3820	19,2022	0,8093	0,5050	0,2550	2,2128
17	90	4,4998	20,2483	0,8608	0,6791	0,4611	3,0556
18	130	4,8675	23,6929	0,9124	0,8898	0,7917	4,3311
19	240	5,4806	30,0374	0,9639	1,2006	1,4413	6,5798
Total	1370	78,775085	330,90734	9,5	-10,320435	30,172377	-33,466568
						$(\sum X_i)^2$	6205,514
						$(\sum Y_i)^2$	106,5114
						r	0,906903



Gambar 4. 23 Grafik Plot Probabilitas Distribusi Weibull Data *time to repair Seal O-ring*

Perhitungan *index of fit* (r) untuk data perbaikan komponen *Seal O-Ring* dapat dilihat dari tabel berikut

Tabel 4. 29 Nilai Fungsi *Index of Fit* (r)

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9322
Normal	0,8147
Log Normal	0,9561
Weibull	0,9069

Berdasarkan tabel 4.29 didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

4.4.9. Uji kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen

1. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen Pisau Belah

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogrov-Smirnov*.

Hipotesis untuk uji *Kolmogrov-Smirnov* adalah :

H_0 : Data *time to repair* berdistribusi Log Normal

H_1 : Data *time to repair* tidak berdistribusi Log Normal

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_n < D_{tabel}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \max = 0,1807$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{2,7081 - 3,7522}{0,371148} \right) - \left(\frac{1-1}{39} \right) \right\}$$

$$D_1 = 0,0025$$

$$D_2 = \max \left\{ \left(\frac{1}{19} \right) - \phi \left(\frac{2,7081 - 3,7522}{0,371148} \right) \right\}$$

$$D_2 = 0,0232$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (2,7081 - 3,7522)^2}{19 - 1}}$$

$$s = 0,371148$$

Tabel 4. 30 Perhitungan uji *Kolmogorov-Smirnov Test*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	2,7081	1,0902	-2,8132	0,0025	0,0025	0,0232
2	2,9957	0,5722	-2,0381	0,0208	-0,0049	0,0305
3	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	0,1209	-0,0952
4	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	0,0952	-0,0696
5	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	0,0696	-0,0440
6	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	0,0440	-0,0183
7	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	0,0183	0,0073
8	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	-0,0073	0,0330
9	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	-0,0330	0,0586
10	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	-0,0586	0,0842
11	3,4012	0,1232	-0,9456	0,1722	-0,0842	0,1099
12	3,5553	0,0387	-0,5303	0,2980	0,0159	0,0097
13	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	0,1246	-0,0990
14	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	0,0990	-0,0733
15	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	0,0733	-0,0477
16	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	0,0477	-0,0220
17	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	0,0220	0,0036
18	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,0036	0,0292
19	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,0292	0,0549
20	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,0549	0,0805
21	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,0805	0,1062
22	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,1062	0,1318
23	3,6889	0,0040	-0,1705	0,4323	-0,1318	0,1574
24	3,8067	0,0030	0,1468	0,5584	-0,0314	0,0570
25	3,9120	0,0256	0,4307	0,6667	0,0513	-0,0256
26	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,1807	-0,1551
27	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,1551	-0,1294
28	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,1294	-0,1038
29	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,1038	-0,0781
30	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,0781	-0,0525
31	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,0525	-0,0269

No	ln(ti)	$[\ln (ti) - \bar{x} \ln (ti)]^2$	Zti	Fti	D1	D2
32	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,0269	-0,0012
33	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	0,0012	0,0244
34	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	-0,0244	0,0501
35	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	-0,0501	0,0757
36	4,0943	0,1171	0,9220	0,8217	-0,0757	0,1014
37	4,2485	0,2463	1,3373	0,9094	-0,0136	0,0393
38	4,3820	0,3967	1,6971	0,9552	0,0064	0,0192
39	4,4998	0,5590	2,0144	0,9780	0,0037	0,0220
	146,3344	5,3723		Dn Max	0,1807	0,1574

Tabel *Kolmogorov-Smirnov* $n = 19$, $\alpha = 0,05$. $D_{\text{tabel}} = 0,2162$. keputusan yang diambil yaitu $D_{\text{hit}} < D_{\text{Tabel}}$: $0,1807 < 0,2162$ maka H_0 diterima yang berarti data *time to repair* berdistribusi Log Normal.

2. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen *Seal O-Ring*

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah :

H_0 : Data *time to repair* berdistribusi Log Normal

H_1 : Data *time to repair* tidak berdistribusi Log Normal

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_n < D_{\text{tabel}}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \text{max} = 0,1521$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{3,4012 - 4,1461}{0,47580} \right) - \left(\frac{1-1}{19} \right) \right\}$$

$$D_1 = 0,0587$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{1}{19} \right) - \phi \left(\frac{3,4012 - 4,1461}{0,47580} \right) \right\}$$

$$D_2 = -0,0061$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (3,4012 - 4,1461)^2}{19 - 1}}$$

$$s = 0,47580$$

Tabel 4. 31 Perhitungan uji *Kolmogorov-Smirnov Test*

No	ln(ti)	[ln (ti) - xbar ln (ti)] ²	Zti	Fti	D1	D2
1	3,4012	0,5548	-1,5655	0,0587	0,0587	-0,0061
2	3,5553	0,3489	-1,2415	0,1072	0,0546	-0,0019
3	3,6889	0,2090	-0,9609	0,1683	0,0630	-0,0104
4	3,6889	0,2090	-0,9609	0,1683	0,0104	0,0422
5	3,6889	0,2090	-0,9609	0,1683	-0,0422	0,0948
6	3,9120	0,0548	-0,4919	0,3114	0,0482	0,0044
7	3,9120	0,0548	-0,4919	0,3114	-0,0044	0,0570
8	4,0943	0,0027	-0,1087	0,4567	0,0883	-0,0357
9	4,0943	0,0027	-0,1087	0,4567	0,0357	0,0170
10	4,0943	0,0027	-0,1087	0,4567	-0,0170	0,0696
11	4,0943	0,0027	-0,1087	0,4567	-0,0696	0,1222
12	4,1744	0,0008	0,0595	0,5237	-0,0552	0,1078
13	4,3820	0,0557	0,4959	0,6900	0,0585	-0,0058
14	4,3820	0,0557	0,4959	0,6900	0,0058	0,0468
15	4,3820	0,0557	0,4959	0,6900	-0,0468	0,0994
16	4,3820	0,0557	0,4959	0,6900	-0,0994	0,1521
17	4,4998	0,1251	0,7435	0,7714	-0,0707	0,1233
18	4,8675	0,5205	1,5163	0,9353	0,0405	0,0121
19	5,4806	1,7811	2,8049	0,9975	0,0501	0,0025
Jumlah	78,7751	4,3013		DnMax	0,0883	0,1521
	Rata-rata	4,1461				
	s	0,47580				

Tabel *Kolmogorov-Smirnov* $n = 19$, $\alpha = 0,05$. $D_{\text{tabel}} = 0,301$. keputusan yang diambil yaitu $D_{\text{hit}} < D_{\text{Tabel}}$: $0,1521 < 0,301$ maka H_0 diterima yang berarti data *time to repair* berdistribusi Log Normal.

4.4.10. Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Menghitung nilai MTTR komponen pisau belah dan komponen *seal o-ring* yang sesuai dengan distribusi yang terpilih terhadap data *time to repair* sebagai berikut :

1. Komponen Pisau Belah (Lognormal)

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 42,6132 * \left(\exp \frac{00,3712^2}{2}\right) \\ &= 45,65163 \end{aligned}$$

2. Komponen *Seal O-Ring* (Lognormal)

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 63,1844 * \left(\exp \frac{0,476^2}{2}\right) \\ &= 70,7569 \end{aligned}$$

4.4.11 Model Perawatan Menggunakan Model Age Replacement

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai dengan data kerusakan dan perbaikan komponen pisau belah dan *seal o-ring* serta nilai MTTF dan MTTR tiap komponen, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan model *Age Replacement* untuk mengetahui penggantian pencegahan menurut umur komponen optimal.

1. Perhitungan Model *Age Replacement* Komponen Pisau Belah

Data dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= 53976,4 \\ s &= 1,21862 \\ t_{med} &= 25688 \end{aligned}$$

$$MTTR = 45,6516 = T_f = T_p$$

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

$$R(53700) = 1 - \phi\left(\frac{1}{1,21862} \ln \frac{53700}{25688}\right)$$

$$R(53700) = 0,272556$$

$$F(tp) = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{tp}{t_{med}}\right)$$

$$F(53700) = \phi\left(\frac{1}{1,21862} \ln \frac{53700}{25688}\right) = 0,7274$$

$$M(tp) = M(53700) = \frac{MTTF}{F(tp)} = \frac{MTTF}{F(53600)} = \frac{53976,4}{0,7274} = 74245,74299$$

$$D(tp) = \frac{T_p * R(tp) + T_f * F(tp)}{(tp + T_p) * R(tp) + (M(tp) + T_f) * F(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{45,6516 * 0,272556 + 45,6516 * 0,7274}{(53700 + 45,6516) * 0,272556 + (74245,74299) * 0,7274}$$

$$D(tp) = 0,00066491044$$

Didapatkan dari tabel perhitungan MIN $D(tp) = 0,00066491044$ maka didapatkan waktu dari model *Age Replacement* sebesar 53700 menit.

Tabel 4. 32 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen Pisau Belah

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	MTTF/F(tp)+Tf	D(tp)
53100	0,275628	0,72437	53145,65	74560,37017	0,00066491466
53200	0,275112	0,72489	53245,65	74507,3787	0,00066491333
53300	0,274598	0,7254	53345,65	74454,61047	0,00066491225
53400	0,274086	0,72591	53445,65	74402,06412	0,00066491142
53500	0,273575	0,72643	53545,65	74349,73831	0,00066491084
53600	0,273065	0,72694	53645,65	74297,63171	0,00066491051
53700	0,272556	0,72744	53745,65	74245,74299	0,00066491044
53800	0,272050	0,72795	53845,65	74194,07084	0,00066491061
53900	0,271544	0,72846	53945,65	74142,61397	0,00066491102
54000	0,271040	0,72896	54045,65	74091,37108	0,00066491168
54100	0,270537	0,72946	54145,65	74040,3409	0,00066491259
54200	0,270036	0,7300	54245,65	73989,52215	0,00066491374

tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	MTTF/F(tp)+Tf	D(tp)
54300	0,269536	0,73046	54345,65	73938,91357	0,00066491512
54400	0,269037	0,73096	54445,65	73888,51392	0,00066491675
54500	0,268540	0,73146	54545,65	73838,32195	0,00066491862
54600	0,268044	0,73196	54645,65	73788,33644	0,00066492072
54700	0,267550	0,73245	54745,65	73738,55616	0,00066492306
54800	0,267057	0,73294	54845,65	73688,97991	0,00066492564
54900	0,266565	0,73343	54945,65	73639,60647	0,00066492845
55000	0,266075	0,73393	55045,65	73590,43466	0,00066493149
55100	0,265586	0,73441	55145,65	73541,4633	0,00066493476
55200	0,265098	0,7349	55245,65	73492,69121	0,00066493826
55300	0,264612	0,73539	55345,65	73444,11722	0,00066494199
55400	0,264127	0,73587	55445,65	73395,74018	0,00066494595
55500	0,263643	0,73636	55545,65	73347,55894	0,00066495013
55600	0,263161	0,73684	55645,65	73299,57237	0,00066495454
				Min D(tp)	0,00066491044

Diketahui :

Tf = waktu rata-rata perbaikan kerusakan komponen

Tp = waktu pergantian preventif

tp = panjang interval waktu antar tindakan preventif (variabel keputusan)

R(tp) = probabilitas terjadinya siklus pencegahan

F(tp) = probabilitas terjadinya siklus kerusakan

D(tp) = Total *Downtime* per unit waktu

2. Perhitungan Model *Age Replacement* Komponen *Seal O-Ring*

Data dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

MTTF = 84930,2

s = 1,12524

tmed = 88306,2

$$MTTR = 70,7569 = T_f = T_p$$

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

$$R(151300) = 1 - \phi\left(\frac{1}{1,12524} \ln \frac{151300}{88306,2}\right)$$

$$R(151300) = 0,31614$$

$$F(tp) = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{tp}{t_{med}}\right)$$

$$F(151300) = \phi\left(\frac{1}{1,12524} \ln \frac{151300}{88306,2}\right) = 0,683862$$

$$M(tp) = M(151300) = \frac{MTTF}{F(tp)} = \frac{MTTF}{F(151300)} = \frac{84930,2}{0,683862} = 124262,8999$$

$$D(tp) = \frac{T_p * R(tp) + T_f * F(tp)}{(tp + T_p) * R(tp) + (M(tp) + T_f) * F(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{70,7569 * 0,31614 + 70,7569 * 0,68386}{151370,7569 * 0,31614 + 124262,8999 * 0,68386}$$

$$D(tp) = 0,000532676725$$

Tabel 4. 33 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen *Seal O-ring*

Tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	MTTF/F(tp)+Tf	D(tp)
150000	0,31887	0,681128	150070,7569	124761,2983	0,000532680585
150100	0,31866	0,68134	150170,7569	124722,5996	0,000532679994
150200	0,31845	0,681551	150270,7569	124683,9615	0,000532679453
150300	0,31824	0,681762	150370,7569	124645,3838	0,000532678961
150400	0,31803	0,681973	150470,7569	124606,8664	0,000532678518
150500	0,31782	0,682183	150570,7569	124568,4091	0,000532678124
150600	0,31761	0,682394	150670,7569	124530,0118	0,000532677779
150700	0,31740	0,682604	150770,7569	124491,6744	0,000532677483
150800	0,31719	0,682814	150870,7569	124453,3968	0,000532677236
150900	0,31698	0,683024	150970,7569	124415,1787	0,000532677037
151000	0,31677	0,683234	151070,7569	124377,0201	0,000532676886
151100	0,31656	0,683443	151170,7569	124338,9209	0,000532676784
151200	0,31635	0,683652	151270,7569	124300,8808	0,000532676731
151300	0,31614	0,683862	151370,7569	124262,8999	0,000532676725
151400	0,31593	0,68407	151470,7569	124224,9779	0,000532676768
151500	0,31572	0,684279	151570,7569	124187,1147	0,000532676859
151600	0,31551	0,684488	151670,7569	124149,3101	0,000532676998

Tp	R(tp)	F(tp)	tp+Tp	MTTF/F(tp)+Tf	D(tp)
151700	0,31530	0,684696	151770,7569	124111,5642	0,000532677185
151800	0,31510	0,684904	151870,7569	124073,8766	0,000532677419
151900	0,31489	0,685112	151970,7569	124036,2474	0,000532677701
152000	0,31468	0,68532	152070,7569	123998,6763	0,000532678031
152100	0,31447	0,685527	152170,7569	123961,1633	0,000532678409
152200	0,31427	0,685734	152270,7569	123923,7082	0,000532678834
152300	0,31406	0,685942	152370,7569	123886,3108	0,000532679306
152400	0,31385	0,686148	152470,7569	123848,9711	0,000532679826
152500	0,31364	0,686355	152570,7569	123811,689	0,000532680392

Didapatkan dari tabel perhitungan $\text{MIN } D(\text{tp}) = 0,000532680392$ maka didapatkan waktu dari model *Age Replacement* sebesar 151300 menit.

4.4.12. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan Downtime

- I. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan *Downtime* Komponen Pisau Belah Waktu kerja produktif selama periode bulan Januari 2012 – Desember 2105 : 48 bulan. Total jam kerja produktif Januari 2012 – Desember 2015 adalah 2073600 menit.

$$\text{Rata-rata jam kerja produktif 1 bulan yaitu} = \frac{2073600}{48} = 43200 \text{ menit}$$

Rata-rata jumlah kerusakan (k) tiap bulan :

- Jumlah kerusakan periode Januari 2012 – Desember 2015 = 39 kerusakan
- Rata – rata jumlah kerusakan setiap bulan = $\frac{39}{48} = 0,8$

Rasio jam kerja sebulan terhadap rata – rata waktu perbaikan (μ) adalah :

- MTTR = 45,6516 menit
- Rata – rata jam kerja per bulan = 43200 menit
- $\mu = \frac{\text{jam kerja per bulan}}{\text{MTTR}} = \frac{43200}{45,6516} = 946,3$

Rasio jam kerja sebulan terhadap waktu pemeriksaan (1/i) :

- Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan wawancara = 45 menit
- Rata – rata waktu pemeriksaan = $\frac{45}{43200} = 0,00104167$

$$c. i = \frac{1}{0,00104167} = 960 \text{ menit}$$

Frekuensi pemeriksaan optimal tiap bulan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 960}{45,6516}} = 4,1 \approx 4 \text{ kali per bulan}$$

Interval waktu antar pemeriksaan

$$= \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif perbulan}$$

$$= \frac{1}{4} \times 43200 = 10800 \text{ menit} = 180 \text{ jam}$$

2. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan *Downtime* Komponen *Seal O-ring*
Waktu kerja produktif selama periode bulan Januari 2012 – Desember 2015 :
48 bulan. Total jam kerja produktif Januari 2012 – Desember 2015 adalah
2073600 menit.

$$\text{Rata-rata jam kerja produktif 1 bulan yaitu} = \frac{2073600}{48} = 43200 \text{ menit}$$

Rata-rata jumlah kerusakan (k) tiap bulan :

- Jumlah kerusakan periode Januari 2012 – Desember 2015 = 19 kerusakan
- Rata – rata jumlah kerusakan setiap bulan = $\frac{19}{48} = 0,4$

Rasio jam kerja sebulan terhadap rata – rata waktu perbaikan (μ) adalah :

- MTTR = 70,7569 menit
- Rata – rata jam kerja per bulan = 43200 menit
- $\mu = \frac{\text{jam kerja per bulan}}{\text{MTTR}} = \frac{43200}{45,6516} = 946,3$

Rasio jam kerja sebulan terhadap waktu pemeriksaan (1/i) :

- Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan wawancara = 60 menit
- Rata – rata waktu pemeriksaan = $\frac{60}{43200} = 0,0013889$

$$c. \quad i = \frac{1}{0,0013889} = 720 \text{ menit}$$

Frekuensi pemeriksaan optimal tiap bulan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 720}{70,7569}} = 2,01749 \approx 2 \text{ kali per bulan}$$

Interval waktu antar pemeriksaan

$$= \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif perbulan}$$

$$= \frac{1}{2} \times 43200 = 21600 \text{ menit} = 360 \text{ jam}$$

4.4.13 Perbandingan *Reliability*

Keandalan suatu peralatan atau mesin dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan terhadap peralatan atau mesin yang sudah memasuki masa *wearout* agar masa pemakaian menjadi lebih lama sampai *lifetime* peralatan atau mesin tersebut habis.

1. Perbandingan *Reliability* Komponen Pisau Belah

Perbandingan *reliability* komponen pisau belah yaitu saat sebelum dilakukannya penggantian dan sesudah penggantian dilakukan.

a. *Reliability* sebelum interval penggantian

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{53700}{25688,2} \right)^{1,218624} \right]$$

$$R(t) = 0,0857636$$

b. *Reliability* sesudah interval penggantian

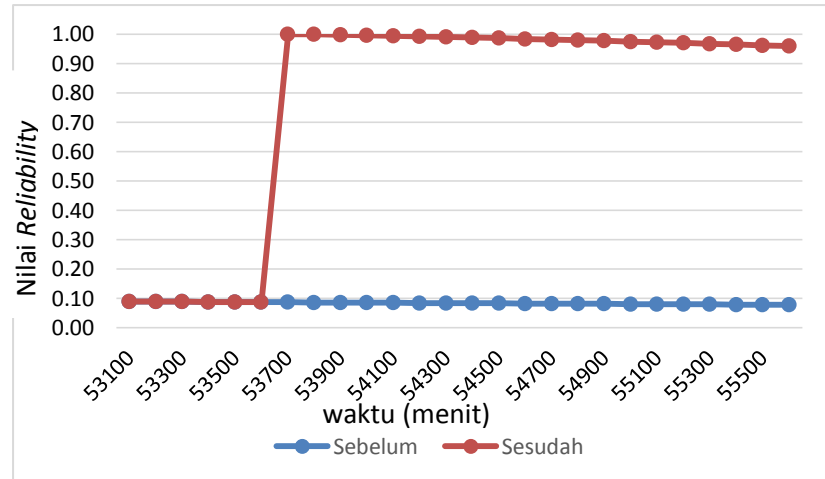
$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{t - nT}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{53700 - 1 \cdot 53700}{25688,2} \right)^{1,218624} \right]$$

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

Tabel 4. 34 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan

t(menit)	N	R(t)	R(t-nT)	R(T)^n	Rm (t)
53100	0	0,0886767	0,088676694	1,0000000	0,0886767
53200	0	0,0881849	0,088184907	1,0000000	0,0881849
53300	0	0,0876956	0,087695647	1,0000000	0,0876956
53400	0	0,0872089	0,087208903	1,0000000	0,0872089
53500	0	0,0867247	0,086724662	1,0000000	0,0867247
53600	0	0,0862429	0,086242914	1,0000000	0,0862429
53700	1	0,0857636	1,000000000	0,0857636	0,0857636
53800	1	0,0852868	0,998843372	0,0852868	0,0852868
53900	1	0,0848125	0,997310307	0,0848125	0,0848125
54000	1	0,0843406	0,995595282	0,0843406	0,0843406
54100	1	0,0838712	0,993751593	0,0838712	0,0838712
54200	1	0,0834041	0,991807030	0,0834041	0,0834041
54300	1	0,0829395	0,989779086	0,0829395	0,0829395
54400	1	0,0824773	0,987679948	0,0824773	0,0824773
54500	1	0,0820175	0,985518676	0,0820175	0,0820175
54600	1	0,0815600	0,983302312	0,0815600	0,0815600
54700	1	0,0811050	0,981036519	0,0811050	0,0811050
54800	1	0,0806523	0,978725965	0,0806523	0,0806523
54900	1	0,0802019	0,976374578	0,0802019	0,0802019
55000	1	0,0797539	0,973985721	0,0797539	0,0797539
55100	1	0,0793082	0,971562309	0,0793082	0,0793082
55200	1	0,0788648	0,969106899	0,0788648	0,0788648
55300	1	0,0784237	0,966621759	0,0784237	0,0784237
55400	1	0,0779849	0,964108913	0,0779849	0,0779849
55500	1	0,0775484	0,961570186	0,0775484	0,0775484
55600	1	0,0771142	0,959007231	0,0771142	0,0771142



Gambar 4. 24 Grafik Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan Komponen Pisau Belah

2. Perbandingan *Reliability* Komponen *Seal O-Ring*

Perbandingan *reliability* komponen *seal o-ring* yaitu saat sebelum dilakukannya penggantian dan sesudah penggantian dilakukan.

a. *Reliability* sebelum interval penggantian

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{151300}{88306,17} \right)^{1,125239} \right]$$

$$R(t) = 0,1599517$$

b. *Reliability* sesudah interval penggantian

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{t - nT}{t_{med}} \right)^s \right]$$

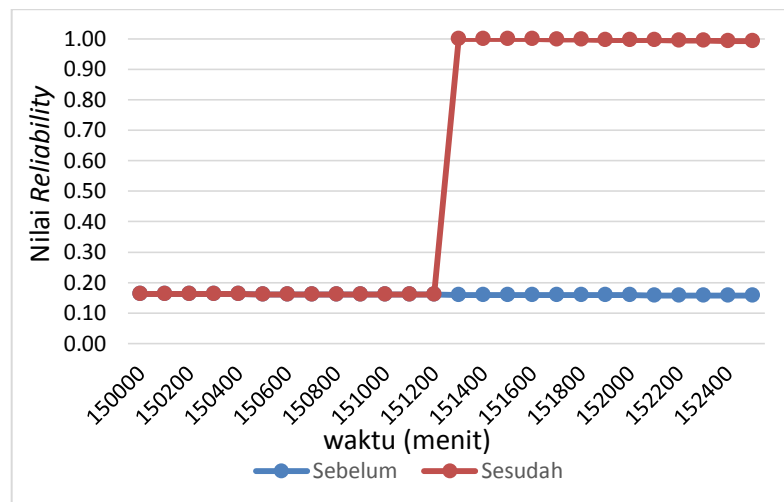
$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{151300 - 1 * 151300}{88306,17} \right)^{1,125239} \right]$$

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

Tabel 4. 35 Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan

t(menit)	N	R(t)	R(t-nT)	R(T)^n	Rm (t)
150000	0	0,1628099	0,162809883	1,0000000	0,1628099
150100	0	0,1625883	0,162588332	1,0000000	0,1625883
150200	0	0,1623671	0,162367063	1,0000000	0,1623671
150300	0	0,1621461	0,162146077	1,0000000	0,1621461
150400	0	0,1619254	0,161925374	1,0000000	0,1619254

t(menit)	N	R(t)	R(t-nT)	R(T)^n	Rm (t)
150500	0	0,1617050	0,161704953	1,0000000	0,1617050
150600	0	0,1614848	0,161484813	1,0000000	0,1614848
150700	0	0,1612650	0,161264955	1,0000000	0,1612650
150800	0	0,1610454	0,161045378	1,0000000	0,1610454
150900	0	0,1608261	0,160826082	1,0000000	0,1608261
151000	0	0,1606071	0,160607066	1,0000000	0,1606071
151100	0	0,1603883	0,160388330	1,0000000	0,1603883
151200	0	0,1601699	0,160169874	1,0000000	0,1601699
151300	1	0,1599517	1,000000000	0,1599517	0,1599517
151400	1	0,1597338	0,999515884	0,1597338	0,1597338
151500	1	0,1595162	0,998944262	0,1595162	0,1595162
151600	1	0,1592988	0,998334409	0,1592988	0,1592988
151700	1	0,1590818	0,997698473	0,1590818	0,1590818
151800	1	0,1588650	0,997042530	0,1588650	0,1588650
151900	1	0,1586485	0,996370291	0,1586485	0,1586485
152000	1	0,1584323	0,995684278	0,1584323	0,1584323
152100	1	0,1582163	0,994986325	0,1582163	0,1582163
152200	1	0,1580006	0,994277834	0,1580006	0,1580006
152300	1	0,1577852	0,993559910	0,1577852	0,1577852
152400	1	0,1575701	0,992833453	0,1575701	0,1575701
152500	1	0,1573553	0,992099207	0,1573553	0,1573553



Gambar 4. 25 Grafik Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perawatan Pencegahan Komponen *Seal O-ring*

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Function Block Diagram (FBD)

Function block diagram (FBD) seperti yang telah tertuang pada gambar 4.6 pada bab sebelumnya yaitu memberikan informasi mengenai subsistem – subsistem yang ada pada mesin streep sirup 8-line (J). Pada mesin ini terdapat 5 subsistem didalamnya yaitu *nozzle*, piston, *cutter*, alfoil, dan *conveyor*.

Yang pertama yaitu bagian *nozzle* mempunyai fungsi untuk mengisikan cairan sirup jamu ke dalam alumunium foil yang telah di *wrap* oleh *heater* dimana cairan sirup jamu ini dipompakan melalui piston dan dialirkan oleh selang menuju *nozzle* ini.

Pada bagian yang kedua yaitu piston mempunyai fungsi untuk memompakan cairan sirup jamu dari bejana sementara menuju *nozzle* melalui selang. Piston disini digerakkan oleh *gear – gear* didalam *machine box*.

Yang ketiga yaitu bagian *cutter* yang berfungsi sebagai pembentuk alumunium foil menjadi kemasan yang akan diisikan oleh cairan sirup jamu dan memotong produk setengah jadi menjadi *sachet* yang nantinya akan dialirkan oleh *conveyor* ke tempat penampungan sementara untuk dikarantina dan diuji oleh bagian laboratorium dan *quality control* sebelum masuk di bagian *packing*.

Selanjutnya yaitu bagian *conveyor* yang berfungsi untuk mengalirkan produk jadi setelah melalui proses produksi streep sirup ke penampungan sementara untuk dikarantina dan diuji oleh laboratorium dan bagian *quality control*.

Bagian yang terakhir yaitu aluminium foil yang berfungsi untuk mengalirkan aluminium foil yang berbentuk gulungan besar menjadi kemasan yang akan diisi cairan sirup jamu.

5.2.Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pengisian tabel FMEA dilakukan dengan melakukan diskusi dengan operator mesin, pelaksana bagian *maintenance* dan asisten manajer bagian produksi. Menentukan RPN pada sub sistem mesin yaitu *cutter*. Sub sistem ini berfungsi untuk memotong produk yang diisi cairan sirup menjadi kemasan *sachet*. Sering terjadi kerusakan pada sub sistem ini karena dudukan yang terbuat dari logam juga akan terjadi *friction* antar logam sehingga membuat pisau di subsistem ini menjadi mudah tumpul sehingga produk tidak terpotong sempurna. Efek dari kegagalan subsistem ini yaitu produk cacat yang harus dikerjakan ulang. Untuk subsistem *nozzle* berfungsi untuk menyalurkan cairan yang dipompakan oleh piston menuju aluminium foil yang sudah di *wrap*. Kegagalan fungsi yang sering terjadi dikarenakan *seal* yang terdapat di *nozzle* harus menahan tekanan yang diberikan oleh cairan yang dipompakan oleh piston sehingga sering pecah dan longgar.

Pembobotan masing-masing subsistem pada mesin streep sirup 8-line (J) sesuai dengan kriteria *severity*, *occurance*, dan *detection* yang telah dijelaskan di bab 2 di tabel 2.3 , 2.4 dan 2.5. Selanjutnya setelah diketahui dari ketiga kriteria, dihitung RPN atau *Risk Priority Number* dari perkalian ketiga kriteria. Sebagai contoh disini diambil subsistem *nozzle* mempunyai nilai *Severity* (S) sebesar 6 yang berarti mesin tetap beroperasi dan aman tetapi menimbulkan kegagalan produk dan operator tidak puas atas hasil kerjanya. Untuk nilai *occurance* (O) sebesar 3 yang berarti kerusakan terjadi sangat sedikit. Untuk nilai *detection* (D) sebesar 4 yang berarti perawatan preventif memiliki kemungkinan *moderate highly* untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

RPN untuk subsistem *nozzle* didapatkan dengan mengalikan bobot nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yaitu $RPN = S \times O \times D = 6 \times 3 \times 4 = 72$

Nilai RPN untuk setiap subsistem didapatkan untuk subsistem *nozzle* sebesar 72, piston sebesar 60, *cutter* sebesar 90, alfoil sebesar 16, dan *conveyor* sebesar 18. Dari hasil perhitungan RPN setiap subsistem maka didapatkan RPN yang paling besar yaitu *cutter* dan ditempat kedua yaitu *nozzle*.

5.3. Logic Tree Analysis (LTA)

Analisa *logic tree analysis* ini adalah lanjutan dari analisa FMEA tentang kemungkinan kegagalan serta efek kegagalan dan memprioritaskan subsistem mana yang lebih diperhatikan untuk dilakukan perawatan preventif. Analisa LTA disini berfungsi untuk mengategorikan kemungkinan kegagalan ke dalam kategori – kategori yang sudah ditentukan. Dari hasil pengamatan didapatkan semua bagian dikategorikan ke dalam kategori B (*Outage problem*).

5.4. RCM II Worksheet

RCM II *worksheet* merupakan penggabungan atau lanjutan dari analisa FMEA yang digunakan untuk menentukan prioritas serta mengetahui kemungkinan kegagalan dan analisa LTA untuk mengategorikan masalah tiap subsistem yang ada. Dengan menggunakan RCM II *decision diagram* dan analisa - analisa sebelumnya, dapat disusun RCM II *worksheet* untuk mengetahui tindakan atau tugas yang dilakukan dalam penanganan kegagalan serta menentukan pihak yang dapat menangani tugas tersebut.

5.5. Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Sistem yang diambil dalam penelitian ini yaitu pada sistem produksi sirup 8-line. Didalamnya terdapat 5 mesin yaitu mesin streep sirup 8-line (J), streep sirup 8-line (K), *spray dryer*, *filler* botol OBH, dan *rewinder line* (B). Data *downtime* diambil dalam periode Januari 2012 hingga Desember 2015. Berdasarkan kumulatif data *downtime* kelima mesin didapat mesin paling banyak mengalami kerusakan yaitu

mesin streep sirup 8-line (J) dengan total 145,42 jam atau sebesar 8725 menit seperti yang tertuang pada tabel 4.2 Setelah didapatkan mesin dengan *downtime* yang paling besar selanjutnya ditentukan komponen dari mesin tersebut yang paling banyak mengalami kerusakan.

Dapat dilihat dari tabel 4.3 , komponen dari mesin streep sirup 8-line (J) yang sering mengalami kerusakan yaitu komponen pisau belah dengan frekuensi 39 kali dengan total 1775 menit dan komponen *seal O-ring* mempunyai frekuensi sebesar 19 kali dengan total 1370 menit . Komponen pisau belah mempunyai cara kerja yaitu untuk memotong produk 8-line menjadi 1 line, sedangkan *seal o-ring* mempunyai fungsi untuk membatasi antara logam penyambung di *nozzle* agar cairan tidak keluar dari *nozzle* saat dipompakan dari piston.

5.6. Penentuan Jenis Distribusi Time to Failure dan Time to Repair

Penentuan jenis distribusi ini menggunakan distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan *weibull*. Pengujian jenis distribusi ini menggunakan data waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu antar perbaikan (*time to repair*) untuk dua komponen yang mempunyai frekuensi paling tinggi yaitu komponen pisau belah dan *seal o-ring*. Dalam menentukan jenis distribusi ini menggunakan metode *least square curve fitting* yang didasarkan oleh nilai *index of fit (r)* .Berikut ini adalah rekapan hasil perhitungan (*r*) dari komponen pisau belah dan *seal o-ring* :

Tabel 5. 1 Hasil Perhitungan Nilai *Index of Fit (r)* Data Waktu Kerusakan Pisau Belah

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9308
Normal	0,7634
Log Normal	0,9923
Weibull	0,9682

Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Nilai *Index of Fit* (r) Data Waktu Kerusakan *Seal O-ring*

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9841
Normal	0,9542
Log Normal	0,9789
Weibull	0,9951

Jenis distribusi yang terpilih dari komponen pisau belah dan *seal o-ring* didasarkan oleh nilai r paling besar. Untuk komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi lognormal dengan nilai r sebesar 0,9932 dan untuk komponen *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu distribusi *weibull* dengan nilai r sebesar 0,9951. Untuk penentuan distribusi antar waktu perbaikan (*time to repair*) untuk komponen pisau belah dan *seal o-ring* adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Nilai *Index of Fit* (r) Data Waktu Perbaikan Pisau Belah

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9381
Normal	0,9555
Log Normal	0,9617
Weibull	0,9584

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Nilai *Index of Fit* (r) Data Waktu Perbaikan *Seal O-ring*

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9322
Normal	0,8147
Log Normal	0,9561
Weibull	0,9069

Jenis distribusi yang terpilih dari komponen pisau belah dan *seal o-ring* didasarkan oleh nilai r paling besar. Untuk komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi lognormal dengan nilai r sebesar 0,9617 dan untuk komponen *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu distribusi lognormal dengan nilai r sebesar 0,9561.

5.7. Analisa Uji Kecocokan *Goodness of Fit*

Analisa uji kecocokan *goodness of fit* dilakukan untuk memastikan distribusi yang terpilih apakah sudah sesuai dengan data waktu kerusakan atau perbaikan. *Goodness of fit* juga untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara jenis distribusi yang terpilih dan uji yang dilakukan.

Untuk data waktu kerusakan (*time to failure*) pada komponen pisau belah dan *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu log normal dan *weibull* sehingga untuk lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan *weibull* menggunakan uji *Mann's Test*. Hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel 4.18 dan 4.19. Untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan keputusan $D_n < D_{crit} : 0,1052 < 0,2190$ maka H_0 diterima sehingga data antar kerusakan berdistribusi lognormal. Untuk komponen *seal o-ring* menggunakan uji *mann's test* dengan keputusan $M < F_{crit} : 1,0588 < 3,2296$ maka H_0 diterima sehingga data antar kerusakan berdistribusi *weibull*.

Untuk data perbaikan (*time to repair*) yang terpilih untuk komponen pisau belah dan *seal o-ring* yaitu lognormal atau seperti yang terlihat di tabel 4.29 dan 4.30. Untuk komponen pisau belah $D_n < D_{crit} : 0,1807 < 0,2162$ maka H_0 diterima sehingga data *time to repair* berdistribusi lognormal. Untuk komponen *seal o-ring* keputusannya $D_n < D_{crit} : 0,1521 < 0,301$ maka H_0 diterima sehingga data *time to repair* berdistribusi lognormal.

5.8. Analisa Perhitungan Parameter dan Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Perhitungan parameter distribusi untuk mendapatkan nilai MTTF (*mean time to failure*) komponen pisau belah dan *seal o-ring* setelah diuji kecocokannya. Untuk komponen pisau belah berdistribusi lognormal sehingga mendapatkan nilai MTTF menurut distribusi lognormal dan komponen *seal o-ring* menurut distribusi *weibull* yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. 5 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTF Komponen Pisau Belah

Komponen	t_{med}	s	MTTF (menit)
Pisau Belah	25688,0138	1,2186	53976,3756

Tabel 5. 6 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTF Komponen *Seal o-ring*

Komponen	θ	β	MTTF (menit)
<i>Seal O-ring</i>	88306,1728	1,1252	53976,3756

5.9. Analisa Perhitungan Parameter dan Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Perhitungan parameter distribusi untuk mendapatkan nilai MTTR (*mean time to repair*) komponen pisau belah dan *seal o-ring* setelah diuji kecocokannya. Untuk komponen pisau belah berdistribusi lognormal sehingga mendapatkan nilai MTTR menurut distribusi lognormal dan komponen *seal o-ring* menurut distribusi lognormal yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. 7 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTR Komponen Pisau Belah

Komponen	t_{med}	s	MTTR (menit)
Pisau Belah	42,6132	0,3712	45,65163

Tabel 5. 8 Tabel Hasil Nilai Parameter TTF dan MTTR Komponen *Seal o-ring*

Komponen	t_{med}	s	MTTR (menit)
<i>Seal O-ring</i>	63,1844	0,4758	70,75691

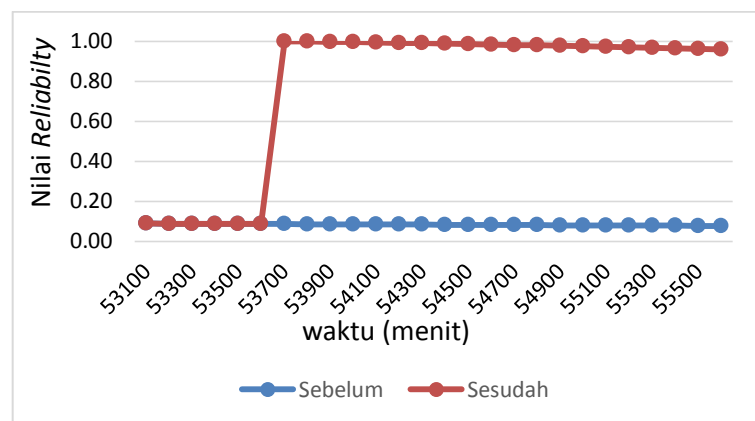
5.10. Analisa Perhitungan Interval Waktu Penggantian Optimal Menggunakan Model Perawatan *Age Replacement*

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan yang menggunakan model *age replacement* ini didasarkan pada umur komponen optimal. Pada komponen pisau belah didapatkan dari hasil perhitungan waktu optimal penggantian yaitu 53700 menit kerja mesin atau 899,606 jam kerja mesin serta didapatkan interval waktu pemeriksaan yaitu 180 jam dan dilakukan 4 kali dalam sebulan. Untuk komponen *seal o-ring* didapatkan dari hasil perhitungan waktu optimal penggantian yaitu

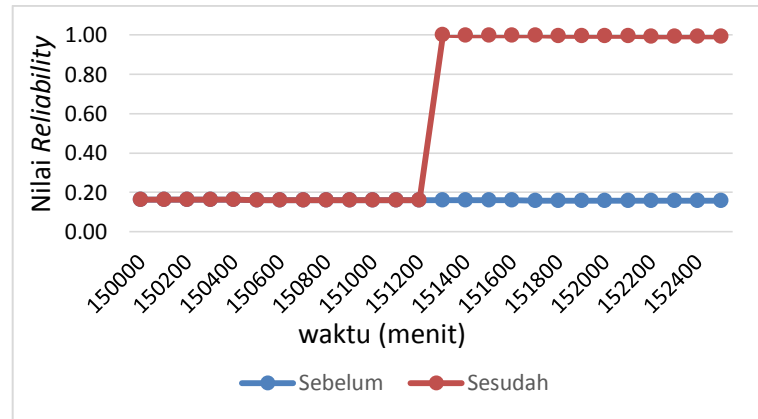
151300 menit kerja mesin atau 2521,67 jam kerja mesin serta didapatkan interval waktu pemeriksaan yaitu 360 jam sekali dan dilakukan 2 kali dalam sebulan.

5.11. Analisa Perbandingan *Reliability* Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu Pengantian Komponen

Dengan melakukan perawatan pencegahan komponen yang kemungkinan akan mengalami kerusakan dapat ditingkatkan kembali keandalannya (*reliability*) menjadi 1 (satu) atau seperti kondisi mesin seperti baru. Dengan dilakukan perhitungan tingkat keandalan sebelum dan sesudah diterapkannya perawatan pencegahan dengan interval waktu tertentu, diharapkan umur mesin menjadi optimal untuk difungsikan sebagaimana mestinya. Setelah perawatan pencegahan dilakukan, nilai keandalan menjadi 1 (satu) kan berangsur menurun dengan jam kerja mesin. Berikut ini adalah grafik ilustrasi sebelum dan sesudah dilakukan perawatan pencegahan untuk komponen pisau belah dan *seal o-ring* :



Gambar 5. 1 Grafik Keandalan sebelum dan Sesudah Perawatan Pencegahan Komponen Pisau Belah



Gambar 5. 2 Grafik Keandalan sebelum dan Sesudah Perawatan Pencegahan Komponen *Seal O-ring*

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. Deltomed *Laboratories* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada mesin streep sirup 8-line (J) dua komponen yang sering mengalami downtime yaitu komponen pisau belah dan *seal o-ring*.
- b. Perhitungan waktu antar kerusakan untuk komponen pisau belah sebesar 60367,4474 menit dan untuk komponen *seal O-ring* sebesar 84930,2279 menit. Untuk perhitungan waktu antar perbaikan untuk komponen pisau belah sebesar 45,6516 menit dan untuk komponen *seal O-ring* sebesar 70,7569
- c. Perhitungan interval waktu penggantian untuk komponen pisau belah sebesar 53700 menit kerja mesin atau 899,606 jam kerja mesin dan komponen *seal o-ring* sebesar 151300 menit kerja mesin atau 2521,67 jam kerja mesin.
- d. Interval waktu pemeriksaan komponen pisau belah dilakukan 180 jam sekali atau 4 kali dalam sebulan. Interval waktu pemeriksaan komponen *seal o-ring* dilakukan 360 jam sekali atau 2 kali dalam sebulan.

6.2.Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan di PT.Deltomed *Laboratories* maka dapat diberikan saran kepada perusahaan yaitu :

- a. Lebih memperhatikan pola perawatan preventif secara administrasi maupun praktek di lapangan.
- b. Mengembangkan pola perawatan yang melibatkan jajaran manajerial dan jajaran operasional agar terbentuk sistem *maintenance* yang terintegrasi.
- c. Melakukan *training* bagi jajaran operasional agar lebih memperhatikan pentingnya perawatan preventif.
- d. Penyediaan suku cadang yang berkualitas.

Saran untuk penelitian selanjutnya dapat lebih memperhatikan komponen-komponen lain agar pengintegrasian sistem perawatan dan persediaan suku cadang serta keuangan bisa selaras.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1984). *Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology*. British Standards Institute. London : HMSO.
- Assauri, S. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Bangun, I.H., Rahman, A., & Darmawan Z. (2014). *Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin BLOWING OM : Studi Kasus : P.T. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang*. Malang : Jurnal Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
- Corder. A. (1988). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Daryus, A. (2007). *Diktat Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta : Universitas Darma Persada.
- Dwiningsih, N. (2007). *Pemeliharaan Reliabilitas serta Konsep Manajemen Proyek*. Jakarta : Bahan Mata Ajar Kuliah STEPKI.
- Ebelling, C.E. (1997). *An introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc.Graw Hill Companier Inc.
- Gasperz, V. (1998). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperz, V. (2002). *Total Quality Management*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Higgins, L. R. & Brautigam, D. P. (1995). *Maintenance Engineering Handbook*. New York: The Mc.Graw Hill Companier Inc.
- Immawan, T & Saputra, H. J. (2010). *Usulan Penentuan Waktu Perawatan dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal pada Komponen Kritis Rantai Transfer Berdasarkan Downtime : Studi Kasus pada P.T. Barutama Kudus*. Yogyakarta : Jurnal Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
- Jardine, A. K. S. (1973). *Maintenance Replacement and Reliability*. London : Pitman

- Kurniawan, & Rumita, R. (2014). *Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannyte Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) : Studi Kasus di departmen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang*. Semarang : Jurnal Jurusan Teknik Industri Universitas Diponegoro.
- Montgomery, D. C. (1985). *Introduction to Statistical Quality Control*. Canada : John Wiley and Sons Inc.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. New York : Industrial Press Inc.
- Nadhiroh, S., Pratiwi, I. & Widodo, H. (2006). *Waktu Perawatan Untuk Pencegahan Pada Komponen Kritis Cyclone Feed Pump Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime*. Surakarta : Jurnal Ilmiah Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Rosyid, D.M. (2007). *Rekayasa Keandalan*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Sehrawat, M.S. & Narang, J.S. (2001). *Production Management*. Nai sarak : Dhanpahat RAI Co.
- Setiawan, F.D. (2008). *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta : Maximus.
- Smith, A. M. & Glenn, H. R. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. London : Elsevier Inc.
- Walpole, R. E. & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan Edisi ke-empat*. Bandung : ITB.

LAMPIRAN

TABLE A.1
Standardized normal probabilities: $\Phi(z) = \int_{-\infty}^z (1/\sqrt{2\pi})e^{-y^2/2} dy$

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
-4.0000	0.00003	0.99997	-3.51000	0.00022	0.99978	-3.02000	0.00126	0.99874
-3.99000	0.00003	0.99997	-3.50000	0.00023	0.99977	-3.01000	0.00131	0.99869
-3.98000	0.00003	0.99997	-3.49000	0.00024	0.99976	-3.00000	0.00135	0.99865
-3.97000	0.00004	0.99996	-3.48000	0.00025	0.99975	-2.99000	0.00139	0.99861
-3.96000	0.00004	0.99996	-3.47000	0.00026	0.99974	-2.98000	0.00144	0.99856
-3.95000	0.00004	0.99996	-3.46000	0.00027	0.99973	-2.97000	0.00149	0.99851
-3.94000	0.00004	0.99996	-3.45000	0.00028	0.99972	-2.96000	0.00154	0.99846
-3.93000	0.00004	0.99996	-3.44000	0.00029	0.99971	-2.95000	0.00159	0.99841
-3.92000	0.00004	0.99996	-3.43000	0.00030	0.99970	-2.94000	0.00164	0.99836
-3.91000	0.00005	0.99995	-3.42000	0.00031	0.99969	-2.93000	0.00169	0.99831
-3.90000	0.00005	0.99995	-3.41000	0.00032	0.99968	-2.92000	0.00175	0.99825
-3.89000	0.00005	0.99995	-3.40000	0.00034	0.99966	-2.91000	0.00181	0.99819
-3.88000	0.00005	0.99995	-3.39000	0.00035	0.99965	-2.90000	0.00187	0.99813
-3.87000	0.00005	0.99995	-3.38000	0.00036	0.99964	-2.89000	0.00193	0.99807
-3.86000	0.00006	0.99994	-3.37000	0.00038	0.99962	-2.88000	0.00199	0.99801
-3.85000	0.00006	0.99994	-3.36000	0.00039	0.99961	-2.87000	0.00205	0.99795
-3.84000	0.00006	0.99994	-3.35000	0.00040	0.99960	-2.86000	0.00212	0.99788
-3.83000	0.00006	0.99994	-3.34000	0.00042	0.99958	-2.85000	0.00219	0.99781
-3.82000	0.00007	0.99993	-3.33000	0.00043	0.99957	-2.84000	0.00226	0.99774
-3.81000	0.00007	0.99993	-3.32000	0.00045	0.99955	-2.83000	0.00233	0.99767
-3.80000	0.00007	0.99993	-3.31000	0.00047	0.99953	-2.82000	0.00240	0.99760
-3.79000	0.00008	0.99992	-3.30000	0.00048	0.99952	-2.81000	0.00248	0.99752
-3.78000	0.00008	0.99992	-3.29000	0.00050	0.99950	-2.80000	0.00255	0.99745
-3.77000	0.00008	0.99992	-3.28000	0.00052	0.99948	-2.79000	0.00264	0.99736
-3.76000	0.00008	0.99992	-3.27000	0.00054	0.99946	-2.78000	0.00272	0.99728
-3.75000	0.00009	0.99991	-3.26000	0.00056	0.99944	-2.77000	0.00280	0.99720
-3.74000	0.00009	0.99991	-3.25000	0.00058	0.99942	-2.76000	0.00289	0.99711
-3.73000	0.00009	0.99991	-3.24000	0.00060	0.99940	-2.75000	0.00298	0.99702
-3.72000	0.00010	0.99990	-3.23000	0.00062	0.99938	-2.74000	0.00307	0.99693
-3.71000	0.00010	0.99990	-3.22000	0.00064	0.99936	-2.73000	0.00317	0.99683
-3.70000	0.00011	0.99989	-3.21000	0.00066	0.99934	-2.72000	0.00326	0.99674
-3.69000	0.00011	0.99989	-3.20000	0.00069	0.99931	-2.71000	0.00336	0.99664
-3.68000	0.00012	0.99988	-3.19000	0.00071	0.99929	-2.70000	0.00347	0.99653
-3.67000	0.00012	0.99988	-3.18000	0.00074	0.99926	-2.69000	0.00357	0.99643
-3.66000	0.00013	0.99987	-3.17000	0.00076	0.99924	-2.68000	0.00368	0.99632
-3.65000	0.00013	0.99987	-3.16000	0.00079	0.99921	-2.67000	0.00379	0.99621
-3.64000	0.00014	0.99986	-3.15000	0.00082	0.99918	-2.66000	0.00391	0.99609
-3.63000	0.00014	0.99986	-3.14000	0.00084	0.99916	-2.65000	0.00402	0.99598
-3.62000	0.00015	0.99985	-3.13000	0.00087	0.99913	-2.64000	0.00415	0.99585
-3.61000	0.00015	0.99985	-3.12000	0.00090	0.99910	-2.63000	0.00427	0.99573
-3.60000	0.00016	0.99984	-3.11000	0.00094	0.99906	-2.62000	0.00440	0.99560
-3.59000	0.00016	0.99984	-3.10000	0.00097	0.99903	-2.61000	0.00453	0.99547
-3.58000	0.00017	0.99983	-3.09000	0.00100	0.99900	-2.60000	0.00466	0.99534
-3.57000	0.00018	0.99982	-3.08000	0.00103	0.99897	-2.59000	0.00480	0.99520
-3.56000	0.00019	0.99981	-3.07000	0.00107	0.99893	-2.58000	0.00494	0.99506
-3.55000	0.00019	0.99981	-3.06000	0.00111	0.99889	-2.57000	0.00508	0.99492
-3.54000	0.00020	0.99980	-3.05000	0.00114	0.99886	-2.56000	0.00523	0.99477
-3.53000	0.00021	0.99979	-3.04000	0.00118	0.99882	-2.55000	0.00539	0.99461
-3.52000	0.00022	0.99978	-3.03000	0.00122	0.99878	-2.54000	0.00554	0.99446

(continued)

TABLE A.1 (CONTINUED)

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
-2.53000	0.00570	0.99430	-2.03000	0.02118	0.97882	-1.53000	0.06301	0.93699
-2.52000	0.00587	0.99413	-2.02000	0.02169	0.97831	-1.52000	0.06426	0.93574
-2.51000	0.00604	0.99396	-2.01000	0.02222	0.97778	-1.51000	0.06552	0.93448
-2.50000	0.00621	0.99379	-2.00000	0.02275	0.97725	-1.50000	0.06681	0.93319
-2.49000	0.00639	0.99361	-1.99000	0.02330	0.97670	-1.49000	0.06811	0.93189
-2.48000	0.00657	0.99343	-1.98000	0.02385	0.97615	-1.48000	0.06944	0.93056
-2.47000	0.00676	0.99324	-1.97000	0.02442	0.97558	-1.47000	0.07078	0.92922
-2.46000	0.00695	0.99305	-1.96000	0.02500	0.97500	-1.46000	0.07214	0.92786
-2.45000	0.00714	0.99286	-1.95000	0.02559	0.97441	-1.45000	0.07353	0.92647
-2.44000	0.00734	0.99266	-1.94000	0.02619	0.97381	-1.44000	0.07493	0.92507
-2.43000	0.00755	0.99245	-1.93000	0.02680	0.97320	-1.43000	0.07636	0.92364
-2.42000	0.00776	0.99224	-1.92000	0.02743	0.97257	-1.42000	0.07780	0.92220
-2.41000	0.00798	0.99202	-1.91000	0.02807	0.97193	-1.41000	0.07927	0.92073
-2.40000	0.00820	0.99180	-1.90000	0.02872	0.97128	-1.40000	0.08076	0.91924
-2.39000	0.00842	0.99158	-1.89000	0.02938	0.97062	-1.39000	0.08226	0.91774
-2.38000	0.00866	0.99134	-1.88000	0.03005	0.96995	-1.38000	0.08379	0.91621
-2.37000	0.00889	0.99111	-1.87000	0.03074	0.96926	-1.37000	0.08534	0.91466
-2.36000	0.00914	0.99086	-1.86000	0.03144	0.96856	-1.36000	0.08691	0.91309
-2.35000	0.00939	0.99061	-1.85000	0.03216	0.96784	-1.35000	0.08851	0.91149
-2.34000	0.00964	0.99036	-1.84000	0.03288	0.96712	-1.34000	0.09012	0.90988
-2.33000	0.00990	0.99010	-1.83000	0.03362	0.96638	-1.33000	0.09176	0.90824
-2.32000	0.01017	0.98983	-1.82000	0.03438	0.96562	-1.32000	0.09342	0.90658
-2.31000	0.01044	0.98956	-1.81000	0.03515	0.96485	-1.31000	0.09510	0.90490
-2.30000	0.01072	0.98928	-1.80000	0.03593	0.96407	-1.30000	0.09680	0.90320
-2.29000	0.01101	0.98899	-1.79000	0.03673	0.96327	-1.29000	0.09853	0.90147
-2.28000	0.01130	0.98870	-1.78000	0.03754	0.96246	-1.28000	0.10027	0.89973
-2.27000	0.01160	0.98840	-1.77000	0.03836	0.96164	-1.27000	0.10204	0.89796
-2.26000	0.01191	0.98809	-1.76000	0.03920	0.96080	-1.26000	0.10383	0.89617
-2.25000	0.01222	0.98778	-1.75000	0.04006	0.95994	-1.25000	0.10565	0.89435
-2.24000	0.01255	0.98745	-1.74000	0.04093	0.95907	-1.24000	0.10749	0.89251
-2.23000	0.01287	0.98713	-1.73000	0.04182	0.95818	-1.23000	0.10935	0.89065
-2.22000	0.01321	0.98679	-1.72000	0.04272	0.95728	-1.22000	0.11123	0.88877
-2.21000	0.01355	0.98645	-1.71000	0.04363	0.95637	-1.21000	0.11314	0.88686
-2.20000	0.01390	0.98610	-1.70000	0.04457	0.95543	-1.20000	0.11507	0.88493
-2.19000	0.01426	0.98574	-1.69000	0.04551	0.95449	-1.19000	0.11702	0.88298
-2.18000	0.01463	0.98537	-1.68000	0.04648	0.95352	-1.18000	0.11900	0.88100
-2.17000	0.01500	0.98500	-1.67000	0.04746	0.95254	-1.17000	0.12100	0.87900
-2.16000	0.01539	0.98461	-1.66000	0.04846	0.95154	-1.16000	0.12302	0.87698
-2.15000	0.01578	0.98422	-1.65000	0.04947	0.95053	-1.15000	0.12507	0.87493
-2.14000	0.01618	0.98382	-1.64000	0.05050	0.94950	-1.14000	0.12714	0.87286
-2.13000	0.01659	0.98341	-1.63000	0.05155	0.94845	-1.13000	0.12924	0.87076
-2.12000	0.01700	0.98300	-1.62000	0.05262	0.94738	-1.12000	0.13136	0.86864
-2.11000	0.01743	0.98257	-1.61000	0.05370	0.94630	-1.11000	0.13350	0.86650
-2.10000	0.01786	0.98214	-1.60000	0.05480	0.94520	-1.10000	0.13567	0.86433
-2.09000	0.01831	0.98169	-1.59000	0.05592	0.94408	-1.09000	0.13786	0.86214
-2.08000	0.01876	0.98124	-1.58000	0.05705	0.94295	-1.08000	0.14007	0.85993
-2.07000	0.01923	0.98077	-1.57000	0.05821	0.94179	-1.07000	0.14231	0.85769
-2.06000	0.01970	0.98030	-1.56000	0.05938	0.94062	-1.06000	0.14457	0.85543
-2.05000	0.02018	0.97982	-1.55000	0.06057	0.93943	-1.05000	0.14686	0.85314
-2.04000	0.02067	0.97933	-1.54000	0.06178	0.93822	-1.04000	0.14917	0.85083

(continued)

458 APPENDIX: Statistical and Numerical Tables

TABLE A.1 (CONTINUED)

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
-1.03000	0.15150	0.84850	-0.53000	0.29806	0.70194	-0.03000	0.48803	0.51197
-1.02000	0.15386	0.84614	-0.52000	0.30153	0.69847	-0.02000	0.49202	0.50798
-1.01000	0.15625	0.84375	-0.51000	0.30503	0.69497	-0.01000	0.49601	0.50399
-1.00000	0.15866	0.84134	-0.50000	0.30854	0.69146	0.00000	0.50000	0.50000
-0.99000	0.16109	0.83891	-0.49000	0.31207	0.68793	0.01000	0.50399	0.49601
-0.98000	0.16354	0.83646	-0.48000	0.31561	0.68439	0.02000	0.50798	0.49202
-0.97000	0.16602	0.83398	-0.47000	0.31918	0.68082	0.03000	0.51197	0.48803
-0.96000	0.16853	0.83147	-0.46000	0.32276	0.67724	0.04000	0.51595	0.48405
-0.95000	0.17106	0.82894	-0.45000	0.32636	0.67364	0.05000	0.51994	0.48006
-0.94000	0.17361	0.82639	-0.44000	0.32997	0.67003	0.06000	0.52392	0.47608
-0.93000	0.17619	0.82381	-0.43000	0.33360	0.66640	0.07000	0.52790	0.47210
-0.92000	0.17879	0.82121	-0.42000	0.33724	0.66276	0.08000	0.53188	0.46812
-0.91000	0.18141	0.81859	-0.41000	0.34090	0.65910	0.09000	0.53586	0.46414
-0.90000	0.18406	0.81594	-0.40000	0.34458	0.65542	0.10000	0.53983	0.46017
-0.89000	0.18673	0.81327	-0.39000	0.34827	0.65173	0.11000	0.54380	0.45620
-0.88000	0.18943	0.81057	-0.38000	0.35197	0.64803	0.12000	0.54776	0.45224
-0.87000	0.19215	0.80785	-0.37000	0.35569	0.64431	0.13000	0.55172	0.44828
-0.86000	0.19489	0.80511	-0.36000	0.35942	0.64058	0.14000	0.55567	0.44433
-0.85000	0.19766	0.80234	-0.35000	0.36317	0.63683	0.15000	0.55962	0.44038
-0.84000	0.20045	0.79955	-0.34000	0.36693	0.63307	0.16000	0.56356	0.43644
-0.83000	0.20327	0.79673	-0.33000	0.37070	0.62930	0.17000	0.56749	0.43251
-0.82000	0.20611	0.79389	-0.32000	0.37448	0.62552	0.18000	0.57142	0.42858
-0.81000	0.20897	0.79103	-0.31000	0.37828	0.62172	0.19000	0.57535	0.42465
-0.80000	0.21186	0.78814	-0.30000	0.38209	0.61791	0.20000	0.57926	0.42074
-0.79000	0.21476	0.78524	-0.29000	0.38591	0.61409	0.21000	0.58317	0.41683
-0.78000	0.21770	0.78230	-0.28000	0.38974	0.61026	0.22000	0.58706	0.41294
-0.77000	0.22065	0.77935	-0.27000	0.39358	0.60642	0.23000	0.59095	0.40905
-0.76000	0.22363	0.77637	-0.26000	0.39743	0.60257	0.24000	0.59483	0.40517
-0.75000	0.22663	0.77337	-0.25000	0.40129	0.59871	0.25000	0.59871	0.40129
-0.74000	0.22965	0.77035	-0.24000	0.40517	0.59483	0.26000	0.60257	0.39743
-0.73000	0.23269	0.76731	-0.23000	0.40905	0.59095	0.27000	0.60642	0.39358
-0.72000	0.23576	0.76424	-0.22000	0.41294	0.58706	0.28000	0.61026	0.38974
-0.71000	0.23885	0.76115	-0.21000	0.41683	0.58317	0.29000	0.61409	0.38591
-0.70000	0.24196	0.75804	-0.20000	0.42074	0.57926	0.30000	0.61791	0.38209
-0.69000	0.24510	0.75490	-0.19000	0.42465	0.57535	0.31000	0.62172	0.37828
-0.68000	0.24825	0.75175	-0.18000	0.42858	0.57142	0.32000	0.62552	0.37448
-0.67000	0.25143	0.74857	-0.17000	0.43251	0.56750	0.33000	0.62930	0.37070
-0.66000	0.25463	0.74537	-0.16000	0.43644	0.56356	0.34000	0.63307	0.36693
-0.65000	0.25785	0.74215	-0.15000	0.44038	0.55962	0.35000	0.63683	0.36317
-0.64000	0.26109	0.73891	-0.14000	0.44433	0.55567	0.36000	0.64058	0.35942
-0.63000	0.26435	0.73565	-0.13000	0.44828	0.55172	0.37000	0.64431	0.35569
-0.62000	0.26763	0.73237	-0.12000	0.45224	0.54776	0.38000	0.64803	0.35197
-0.61000	0.27093	0.72907	-0.11000	0.45620	0.54380	0.39000	0.65173	0.34827
-0.60000	0.27425	0.72575	-0.10000	0.46017	0.53983	0.40000	0.65542	0.34458
-0.59000	0.27760	0.72240	-0.09000	0.46414	0.53586	0.41000	0.65910	0.34090
-0.58000	0.28096	0.71904	-0.08000	0.46812	0.53188	0.42000	0.66276	0.33724
-0.57000	0.28434	0.71566	-0.07000	0.47210	0.52790	0.43000	0.66640	0.33360
-0.56000	0.28774	0.71226	-0.06000	0.47608	0.52392	0.44000	0.67003	0.32997
-0.55000	0.29116	0.70884	-0.05000	0.48006	0.51994	0.45000	0.67364	0.32636
-0.54000	0.29460	0.70540	-0.04000	0.48405	0.51595	0.46000	0.67724	0.32276

(continued)

TABLE A.1 (CONTINUED)

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
0.47000	0.68082	0.31918	0.97000	0.83398	0.16602	1.47000	0.92922	0.07078
0.48000	0.68439	0.31561	0.98000	0.83646	0.16354	1.48000	0.93056	0.06944
0.49000	0.68793	0.31207	0.99000	0.83891	0.16109	1.49000	0.93189	0.06811
0.50000	0.69146	0.30854	1.00000	0.84134	0.15866	1.50000	0.93319	0.06681
0.51000	0.69497	0.30503	1.01000	0.84375	0.15625	1.51000	0.93448	0.06552
0.52000	0.69847	0.30153	1.02000	0.84614	0.15386	1.52000	0.93574	0.06426
0.53000	0.70194	0.29806	1.03000	0.84850	0.15150	1.53000	0.93699	0.06301
0.54000	0.70540	0.29460	1.04000	0.85083	0.14917	1.54000	0.93822	0.06178
0.55000	0.70884	0.29116	1.05000	0.85314	0.14686	1.55000	0.93943	0.06057
0.56000	0.71226	0.28774	1.06000	0.85543	0.14457	1.56000	0.94062	0.05938
0.57000	0.71566	0.28434	1.07000	0.85769	0.14231	1.57000	0.94179	0.05821
0.58000	0.71904	0.28096	1.08000	0.85993	0.14007	1.58000	0.94295	0.05705
0.59000	0.72240	0.27760	1.09000	0.86214	0.13786	1.59000	0.94408	0.05592
0.60000	0.72575	0.27425	1.10000	0.86433	0.13567	1.60000	0.94520	0.05480
0.61000	0.72907	0.27093	1.11000	0.86650	0.13350	1.61000	0.94630	0.05370
0.62000	0.73237	0.26763	1.12000	0.86864	0.13136	1.62000	0.94738	0.05262
0.63000	0.73565	0.26435	1.13000	0.87076	0.12924	1.63000	0.94845	0.05155
0.64000	0.73891	0.26109	1.14000	0.87286	0.12714	1.64000	0.94950	0.05050
0.65000	0.74215	0.25785	1.15000	0.87493	0.12507	1.65000	0.95053	0.04947
0.66000	0.74537	0.25463	1.16000	0.87698	0.12302	1.66000	0.95154	0.04846
0.67000	0.74857	0.25143	1.17000	0.87900	0.12100	1.67000	0.95254	0.04746
0.68000	0.75175	0.24825	1.18000	0.88100	0.11900	1.68000	0.95352	0.04648
0.69000	0.75490	0.24510	1.19000	0.88298	0.11702	1.69000	0.95449	0.04551
0.70000	0.75804	0.24196	1.20000	0.88493	0.11507	1.70000	0.95543	0.04457
0.71000	0.76115	0.23885	1.21000	0.88686	0.11314	1.71000	0.95637	0.04363
0.72000	0.76424	0.23576	1.22000	0.88877	0.11123	1.72000	0.95728	0.04272
0.73000	0.76731	0.23270	1.23000	0.89065	0.10935	1.73000	0.95818	0.04182
0.74000	0.77035	0.22965	1.24000	0.89251	0.10749	1.74000	0.95907	0.04093
0.75000	0.77337	0.22663	1.25000	0.89435	0.10565	1.75000	0.95994	0.04006
0.76000	0.77637	0.22363	1.26000	0.89617	0.10383	1.76000	0.96080	0.03920
0.77000	0.77935	0.22065	1.27000	0.89796	0.10204	1.77000	0.96164	0.03836
0.78000	0.78230	0.21770	1.28000	0.89973	0.10027	1.78000	0.96246	0.03754
0.79000	0.78524	0.21476	1.29000	0.90147	0.09853	1.79000	0.96327	0.03673
0.80000	0.78814	0.21186	1.30000	0.90320	0.09680	1.80000	0.96407	0.03593
0.81000	0.79103	0.20897	1.31000	0.90490	0.09510	1.81000	0.96485	0.03515
0.82000	0.79389	0.20611	1.32000	0.90658	0.09342	1.82000	0.96562	0.03438
0.83000	0.79673	0.20327	1.33000	0.90824	0.09176	1.83000	0.96638	0.03362
0.84000	0.79955	0.20045	1.34000	0.90988	0.09012	1.84000	0.96712	0.03288
0.85000	0.80234	0.19766	1.35000	0.91149	0.08851	1.85000	0.96784	0.03216
0.86000	0.80511	0.19489	1.36000	0.91309	0.08691	1.86000	0.96856	0.03144
0.87000	0.80785	0.19215	1.37000	0.91466	0.08534	1.87000	0.96926	0.03074
0.88000	0.81057	0.18943	1.38000	0.91621	0.08379	1.88000	0.96995	0.03005
0.89000	0.81327	0.18673	1.39000	0.91774	0.08226	1.89000	0.97062	0.02938
0.90000	0.81594	0.18406	1.40000	0.91924	0.08076	1.90000	0.97128	0.02872
0.91000	0.81859	0.18141	1.41000	0.92073	0.07927	1.91000	0.97193	0.02807
0.92000	0.82121	0.17879	1.42000	0.92220	0.07780	1.92000	0.97257	0.02743
0.93000	0.82381	0.17619	1.43000	0.92364	0.07636	1.93000	0.97320	0.02680
0.94000	0.82639	0.17361	1.44000	0.92507	0.07493	1.94000	0.97381	0.02619
0.95000	0.82894	0.17106	1.45000	0.92647	0.07353	1.95000	0.97441	0.02559
0.96000	0.83147	0.16853	1.46000	0.92786	0.07214	1.96000	0.97500	0.02500

(continued)

460 APPENDIX: Statistical and Numerical Tables

TABLE A.1 (CONTINUED)

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
1.97000	0.97558	0.02442	2.47000	0.99324	0.00676	2.97000	0.99851	0.00149
1.98000	0.97615	0.02385	2.48000	0.99343	0.00657	2.98000	0.99856	0.00144
1.99000	0.97670	0.02330	2.49000	0.99361	0.00639	2.99000	0.99861	0.00139
2.00000	0.97725	0.02275	2.50000	0.99379	0.00621	3.00000	0.99865	0.00135
2.01000	0.97778	0.02222	2.51000	0.99396	0.00604	3.01000	0.99869	0.00131
2.02000	0.97831	0.02169	2.52000	0.99413	0.00587	3.02000	0.99874	0.00126
2.03000	0.97882	0.02118	2.53000	0.99430	0.00570	3.03000	0.99878	0.00122
2.04000	0.97933	0.02067	2.54000	0.99446	0.00554	3.04000	0.99882	0.00118
2.05000	0.97982	0.02018	2.55000	0.99461	0.00539	3.05000	0.99886	0.00114
2.06000	0.98030	0.01970	2.56000	0.99477	0.00523	3.06000	0.99889	0.00111
2.07000	0.98077	0.01923	2.57000	0.99492	0.00508	3.07000	0.99893	0.00107
2.08000	0.98124	0.01876	2.58000	0.99506	0.00494	3.08000	0.99897	0.00103
2.09000	0.98169	0.01831	2.59000	0.99520	0.00480	3.09000	0.99900	0.00100
2.10000	0.98214	0.01786	2.60000	0.99534	0.00466	3.10000	0.99903	0.00097
2.11000	0.98257	0.01743	2.61000	0.99547	0.00453	3.11000	0.99906	0.00094
2.12000	0.98300	0.01700	2.62000	0.99560	0.00440	3.12000	0.99910	0.00090
2.13000	0.98341	0.01659	2.63000	0.99573	0.00427	3.13000	0.99913	0.00087
2.14000	0.98382	0.01618	2.64000	0.99585	0.00415	3.14000	0.99916	0.00084
2.15000	0.98422	0.01578	2.65000	0.99598	0.00402	3.15000	0.99918	0.00082
2.16000	0.98461	0.01539	2.66000	0.99609	0.00391	3.16000	0.99921	0.00079
2.17000	0.98500	0.01500	2.67000	0.99621	0.00379	3.17000	0.99924	0.00076
2.18000	0.98537	0.01463	2.68000	0.99632	0.00368	3.18000	0.99926	0.00074
2.19000	0.98574	0.01426	2.69000	0.99643	0.00357	3.19000	0.99929	0.00071
2.20000	0.98610	0.01390	2.70000	0.99653	0.00347	3.20000	0.99931	0.00069
2.21000	0.98645	0.01355	2.71000	0.99664	0.00336	3.21000	0.99934	0.00066
2.22000	0.98679	0.01321	2.72000	0.99674	0.00326	3.22000	0.99936	0.00064
2.23000	0.98713	0.01287	2.73000	0.99683	0.00317	3.23000	0.99938	0.00062
2.24000	0.98745	0.01255	2.74000	0.99693	0.00307	3.24000	0.99940	0.00060
2.25000	0.98778	0.01222	2.75000	0.99702	0.00298	3.25000	0.99942	0.00058
2.26000	0.98809	0.01191	2.76000	0.99711	0.00289	3.26000	0.99944	0.00056
2.27000	0.98840	0.01160	2.77000	0.99720	0.00280	3.27000	0.99946	0.00054
2.28000	0.98870	0.01130	2.78000	0.99728	0.00272	3.28000	0.99948	0.00052
2.29000	0.98899	0.01101	2.79000	0.99736	0.00264	3.29000	0.99950	0.00050
2.30000	0.98928	0.01072	2.80000	0.99745	0.00255	3.30000	0.99952	0.00048
2.31000	0.98956	0.01044	2.81000	0.99752	0.00248	3.31000	0.99953	0.00047
2.32000	0.98983	0.01017	2.82000	0.99760	0.00240	3.32000	0.99955	0.00045
2.33000	0.99010	0.00990	2.83000	0.99767	0.00233	3.33000	0.99957	0.00043
2.34000	0.99036	0.00964	2.84000	0.99774	0.00226	3.34000	0.99958	0.00042
2.35000	0.99061	0.00939	2.85000	0.99781	0.00219	3.35000	0.99960	0.00040
2.36000	0.99086	0.00914	2.86000	0.99788	0.00212	3.36000	0.99961	0.00039
2.37000	0.99111	0.00889	2.87000	0.99795	0.00205	3.37000	0.99962	0.00038
2.38000	0.99134	0.00866	2.88000	0.99801	0.00199	3.38000	0.99964	0.00036
2.39000	0.99158	0.00842	2.89000	0.99807	0.00193	3.39000	0.99965	0.00035
2.40000	0.99180	0.00820	2.90000	0.99813	0.00187	3.40000	0.99966	0.00034
2.41000	0.99202	0.00798	2.91000	0.99819	0.00181	3.41000	0.99968	0.00032
2.42000	0.99224	0.00776	2.92000	0.99825	0.00175	3.42000	0.99969	0.00031
2.43000	0.99245	0.00755	2.93000	0.99831	0.00169	3.43000	0.99970	0.00030
2.44000	0.99266	0.00734	2.94000	0.99836	0.00164	3.44000	0.99971	0.00029
2.45000	0.99286	0.00714	2.95000	0.99841	0.00159	3.45000	0.99972	0.00028
2.46000	0.99305	0.00695	2.96000	0.99846	0.00154	3.46000	0.99973	0.00027

(continued)

TABLE A.1 (CONTINUED)

z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1 - \Phi(z)$
3.47000	0.99974	0.00026	3.65000	0.99987	0.00013	3.83000	0.99994	0.00006
3.48000	0.99975	0.00025	3.66000	0.99987	0.00013	3.84000	0.99994	0.00006
3.49000	0.99976	0.00024	3.67000	0.99988	0.00012	3.85000	0.99994	0.00006
3.50000	0.99977	0.00023	3.68000	0.99988	0.00012	3.86000	0.99994	0.00006
3.51000	0.99978	0.00022	3.69000	0.99989	0.00011	3.87000	0.99995	0.00005
3.52000	0.99978	0.00022	3.70000	0.99989	0.00011	3.88000	0.99995	0.00005
3.53000	0.99979	0.00021	3.71000	0.99990	0.00010	3.89000	0.99995	0.00005
3.54000	0.99980	0.00020	3.72000	0.99990	0.00010	3.90000	0.99995	0.00005
3.55000	0.99981	0.00019	3.73000	0.99990	0.00010	3.91000	0.99995	0.00005
3.56000	0.99981	0.00019	3.74000	0.99991	0.00009	3.92000	0.99995	0.00005
3.57000	0.99982	0.00018	3.75000	0.99991	0.00009	3.93000	0.99996	0.00004
3.58000	0.99983	0.00017	3.76000	0.99992	0.00008	3.94000	0.99996	0.00004
3.59000	0.99983	0.00017	3.77000	0.99992	0.00008	3.95000	0.99996	0.00004
3.60000	0.99984	0.00016	3.78000	0.99992	0.00008	3.96000	0.99996	0.00004
3.61000	0.99985	0.00015	3.79000	0.99993	0.00007	3.97000	0.99996	0.00004
3.62000	0.99985	0.00015	3.80000	0.99993	0.00007	3.98000	0.99996	0.00004
3.63000	0.99986	0.00014	3.81000	0.99993	0.00007	3.99000	0.99997	0.00003
3.64000	0.99986	0.00014	3.82000	0.99993	0.00007	4.00000	0.99997	0.00003

TABLE A.7
Critical values for the Kolmogorov-Smirnov test
for normality (Lilliefors test)

Sample size, n	α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
4	0.300	0.319	0.352	0.381	0.417
5	0.285	0.299	0.315	0.337	0.405
6	0.265	0.277	0.294	0.319	0.364
7	0.247	0.258	0.276	0.300	0.348
8	0.233	0.244	0.261	0.285	0.331
9	0.223	0.233	0.249	0.271	0.311
10	0.215	0.224	0.239	0.258	0.294
11	0.206	0.217	0.230	0.249	0.284
12	0.199	0.212	0.223	0.242	0.275
13	0.190	0.202	0.214	0.234	0.268
14	0.183	0.194	0.207	0.227	0.261
15	0.177	0.187	0.201	0.220	0.257
16	0.173	0.182	0.195	0.213	0.250
17	0.169	0.177	0.189	0.206	0.245
18	0.166	0.173	0.184	0.200	0.239
19	0.163	0.169	0.179	0.195	0.235
20	0.160	0.166	0.174	0.190	0.231
25	0.149	0.153	0.165	0.180	0.203
30	0.131	0.136	0.144	0.161	0.187
$n > 30$	0.736 \sqrt{n}	0.768 \sqrt{n}	0.805 \sqrt{n}	0.886 \sqrt{n}	1.031 \sqrt{n}

TABLE A.9
Gamma function

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.01	.99433	1.51	.88659	2.01	1.00427	2.51	1.33875
1.02	.98884	1.52	.88704	2.02	1.00862	2.52	1.34830
1.03	.98355	1.53	.88757	2.03	1.01306	2.53	1.35798
1.04	.97844	1.54	.88818	2.04	1.01758	2.54	1.36779
1.05	.97350	1.55	.88887	2.05	1.02218	2.55	1.37775
1.06	.96874	1.56	.88964	2.06	1.02687	2.56	1.38784
1.07	.96415	1.57	.89049	2.07	1.03164	2.57	1.39807
1.08	.95973	1.58	.89142	2.08	1.03650	2.58	1.40844
1.09	.95546	1.59	.89243	2.09	1.04145	2.59	1.41896
1.10	.95135	1.60	.89352	2.10	1.04649	2.60	1.42962
1.11	.94740	1.61	.89468	2.11	1.05161	2.61	1.44044
1.12	.94359	1.62	.89592	2.12	1.05682	2.62	1.45140
1.13	.93993	1.63	.89724	2.13	1.06212	2.63	1.46251
1.14	.93642	1.64	.89864	2.14	1.06751	2.64	1.47377
1.15	.93304	1.65	.90012	2.15	1.07300	2.65	1.48519
1.16	.92980	1.66	.90167	2.16	1.07857	2.66	1.49677
1.17	.92670	1.67	.90330	2.17	1.08424	2.67	1.50851
1.18	.92373	1.68	.90500	2.18	1.09000	2.68	1.52040
1.19	.92089	1.69	.90678	2.19	1.09585	2.69	1.53246
1.20	.91817	1.70	.90864	2.20	1.10180	2.70	1.54469
1.21	.91558	1.71	.91057	2.21	1.10785	2.71	1.55708
1.22	.91311	1.72	.91258	2.22	1.11399	2.72	1.56964
1.23	.91075	1.73	.91467	2.23	1.12023	2.73	1.58237
1.24	.90852	1.74	.91683	2.24	1.12657	2.74	1.59528
1.25	.90640	1.75	.91906	2.25	1.13300	2.75	1.60836
1.26	.90440	1.76	.92137	2.26	1.13954	2.76	1.62162
1.27	.90250	1.77	.92376	2.27	1.14618	2.77	1.63506
1.28	.90072	1.78	.92623	2.28	1.15292	2.78	1.64868
1.29	.89904	1.79	.92877	2.29	1.15976	2.79	1.66249
1.30	.89747	1.80	.93138	2.30	1.16671	2.80	1.67649
1.31	.89600	1.81	.93408	2.31	1.17377	2.81	1.69068
1.32	.89464	1.82	.93685	2.32	1.18093	2.82	1.70506
1.33	.89338	1.83	.93969	2.33	1.18819	2.83	1.71963
1.34	.89222	1.84	.94261	2.34	1.19557	2.84	1.73441
1.35	.89115	1.85	.94561	2.35	1.20305	2.85	1.74938
1.36	.89018	1.86	.94869	2.36	1.21065	2.86	1.76456
1.37	.88931	1.87	.95184	2.37	1.21836	2.87	1.77994
1.38	.88854	1.88	.95507	2.38	1.22618	2.88	1.79553
1.39	.88785	1.89	.95838	2.39	1.23412	2.89	1.81134
1.40	.88726	1.90	.96177	2.40	1.24217	2.90	1.82736
1.41	.88676	1.91	.96523	2.41	1.25034	2.91	1.84359
1.42	.88636	1.92	.96877	2.42	1.25863	2.92	1.86005
1.43	.88604	1.93	.97240	2.43	1.26703	2.93	1.87673
1.44	.88581	1.94	.97610	2.44	1.27556	2.94	1.89363
1.45	.88566	1.95	.97988	2.45	1.28421	2.95	1.91077
1.46	.88560	1.96	.98374	2.46	1.29298	2.96	1.92814
1.47	.88563	1.97	.98769	2.47	1.30188	2.97	1.94574
1.48	.88575	1.98	.99171	2.48	1.31091	2.98	1.96358
1.49	.88595	1.99	.99581	2.49	1.32006	2.99	1.98167
1.50	.88623	2.00	1	2.50	1.32934	3.00	2



FR-TK-012-00

LEMBAR PERBAIKAN MESIN / PERALATAN

BAGIAN : <u>Lipat</u>	PELAPOR : <u>Surdini</u>
NAMA MESIN / TYPE : <u>Filling botol OBH</u>	DILAPORKAN TGL/JAM : <u>24/15 14.45</u>
NO. INVENTARIS : <u>A</u>	SELESAI TGL/JAM : <u>25/15 10.15</u>

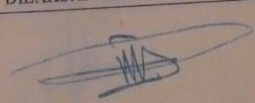
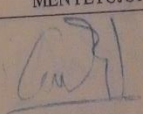
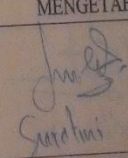
<p>MASALAH YANG DILAPORKAN :</p> <p>1. <u>Halter bisa Center produk</u> <u>manis</u></p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p>	<p>ANALISA MASALAH :</p> <p>1. <u>Botol habis atau aus</u></p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p>
---	---

<p>RENCANA TINDAKAN :</p> <p>1. <u>Ganti basket baru</u></p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p> <p>4. _____</p>	<p>PENGANTIAN SPARE PART :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nama Part</th> <th>Jumlah</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>Basket</u></td> <td><u>2</u></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Nama Part	Jumlah	<u>Basket</u>	<u>2</u>								
Nama Part	Jumlah												
<u>Basket</u>	<u>2</u>												

CATATAN :

1. _____

2. _____

<p>DILAKSANAKAN OLEH,</p> <p></p> <p><u>Dan & Wast</u> TEKNISI BENGKEL</p>	<p>MENYETUJUI,</p> <p></p> <p><u>EKO</u> OPERATOR MESIN</p>	<p>MENGETAHUI,</p> <p></p> <p><u>Surdini</u> KABAG / MANDOR MESIN</p>
---	--	---

<p>DIPERIKSA OLEH,</p> <p> </p> <p>KABAG. _____</p>

Penentuan Jenis Distribusi *Time to Failure*

Pemilihan jenis distribusi kegagalan ini menggunakan *Least Square Curve Fitting*, yang berdasarkan nilai r paling besar atau nilai *index of fit*. Dibawah ini merupakan penentuan distribusi kegagalan komponen Pisau Belah dan *Seal O-ring*

2. Penentuan Distribusi Kegagalan Pisau Belah

e. Distribusi Normal

- No = 1

$$X_i = t_i = 2555$$

$$X_i^2 = 2555^2 = 6528025$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{0,7}{38,4} = 0,0182$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0182] = -2,0918 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard}$$

normal probabilities

$$Y_i^2 = -2,0918^2 = 4,3755$$

$$X_i \cdot Y_i = 2555 \times (-2,0918) = -5344,4941$$

- No = 38

$$X_i = t_i = 458940$$

$$X_i^2 = 458940^2 = 210625923600$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{38 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{37,7}{38,4} = 0,9818$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,9818] = 2,0918 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal}$$

probabilities

$$Y_i^2 = 2,0918^2 = 4,3755$$

$$X_i \cdot Y_i = 458940 \times 2,0918 = 960000,8308$$

- Total

$$\Sigma X_i = \Sigma t_i = 2208850$$

$$\Sigma X_i^2 = 415515736312$$

$$\Sigma [F(t_i)] = 19$$

$$\Sigma Y_i = 0$$

$$\Sigma Y_i^2 = 34,5718$$

$$\Sigma X_i \cdot Y_i = 2405192,5818$$

$$(\sum X_i)^2 = 4879018323604$$

$$(\sum Y_i)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(38 * 2405192,5818) - (2208850 * 0)}{\sqrt{((38 * 415515736312) - 4879018323604)((38 * 34,5718) - 0)}}$$

$$= 0,763408$$

f. Distribusi Log Normal

- No = 1

$$X_i = \ln t_i = 7,8458$$

$$X_i^2 = 7,8458^2 = 61,5567$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{0,7}{38,4} = 0,0182$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0.0182] = -2,0918 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = -2,0918^2 = 4,3755$$

$$X_i \cdot Y_i = 7,8458 \times (-2,0918) = -16,4117$$

- No = 38

$$X_i = \ln t_i = 13,0367$$

$$X_i^2 = 13,0367^2 = 169,9549$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{38 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{37,7}{38,4} = 0,9818$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0.9818] = 2,0918 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = 2,0918^2 = 4,3755$$

$$X_i \cdot Y_i = 13,0367 \times 4,3755 = 27,2698$$

- Total

$$\sum X_i = \sum \ln t_i = 387,9805$$

$$\sum X_i^2 = 4021,9493$$

$$\sum [F(t_i)] = 19$$

$$\sum Y_i = 0$$

$$\sum Y_i^2 = 34,5718$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = 45,4434$$

$$(\sum X_i)^2 = 150528,8973$$

$$(\sum Y_i)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(38 * 45,4434) - (2208850 * 0)}{\sqrt{((38 * 387,9805) - 150528,8973)((38 * 34,5718) - 0)}} = 0,9923152$$

g. Distribusi Ekspensial

- No = 1

$$X_i = t_i = 2555$$

$$X_i^2 = 2555^2 = 6528025$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{0,7}{38,4} = 0,0182$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{[1 - F(t_i)]} \right] = \ln \left[\frac{1}{[1 - 0,0182]} \right] = 0,0184$$

$$Y_i^2 = 0,0184^2 = 0,0003$$

$$X_i \cdot Y_i = 2555 \times 0,0184 = 47,0053$$

- No = 38

$$X_i = t_i = 458940$$

$$X_i^2 = 458940^2 = 210625923600$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{38 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{37,7}{38,4} = 0,9818$$

$$y_i = y_i = \ln \left[\frac{1}{[1 - F(t_i)]} \right] = \ln \left[\frac{1}{[1 - 0,9818]} \right] = 67,4775$$

$$Y_i^2 = 2,0918^2 = 4,3755$$

$$X_i \cdot Y_i = 458940 \times 16,0379 = 1837931,8893$$

- Total

$$\sum X_i = \sum t_i = 2208850$$

$$\sum X_i^2 = 415515736312$$

$$\sum [F(t_i)] = 19$$

$$\sum Y_i = 37,0129$$

$$\sum Y_i^2 = 67,4775$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = 4947304,1079$$

$$(\sum X_i)^2 = 4879018323604$$

$$(\sum Y_i)^2 = 1369,9537$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(38 * 4947304,1079) - (2208850 * 37,0129)}{\sqrt{((38 * 415515736312) - 4879018323604)((38 * 67,4775) - 1369,9537)}} = 0,9307523$$

h. Distribusi Weibull

- No = 1

$$\ln X_i = \ln t_i = 7,8458$$

$$X_i^2 = 7,8458^2 = 61,5567$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{0,7}{38,4} = 0,0182$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0182} \right] \right] = -3,9955$$

$$Y_i^2 = (-3,9955)^2 = 15,9644$$

$$X_i \cdot Y_i = 7,8458 \times (-3,9955) = -31,3483$$

- No = 38

$$X_i = \ln t_i = 13,0367$$

$$X_i^2 = 13,0367^2 = 169,9549$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{38 - 0,3}{38 + 0,4} = \frac{37,7}{38,4} = 0,9818$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,9818} \right] \right] = 1,3875$$

$$Y_i^2 = 1,3875^2 = 1,9251$$

$$X_i \cdot Y_i = 13,0367 \times 1,9251 = 18,0881$$

- Total

$$\sum X_i = \sum \ln t_i = 385,8436$$

$$\sum X_i^2 = 3974,2029$$

$$\sum [F(t_i)] = 19$$

$$\sum Y_i = -21,1702$$

$$\sum Y_i^2 = 65,8776$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = -161,5614$$

$$(\sum X_i)^2 = 148875,3078$$

$$(\sum Y_i)^2 = 448,1773$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(38 * 45,4434) - (2208850 * 0)}{\sqrt{((38 * 387,9805) - 150528,8973)((38 * 34,5718) - 0)}} = 0,9923152$$

Distribusi	Index Of Fit
Ekspensial	0,9308
Normal	0,7634
Log Normal	0,9923
Weibull	0,9682

didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

2. Penentuan Distribusi Kegagalan Seal O-Ring

e. Distribusi Normal

- No = 1

$$\sqrt{X_i} = t_i = 5730$$

$$Xi^2 = 5730^2 = 32832900$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{0,7}{18,4} = 0,0380$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.0380] = -1,7739 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Yi^2 = -1,7739^2 = 3,1466$$

$$Xi \cdot Yi = 2555 \times (-1,7739) = -10164,1954$$

- No = 18

$$Xi = ti = 221720$$

$$Xi^2 = 221720^2 = 49159758400$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{18 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{17,7}{18,4} = 0,9620$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.9620] = 1,7739 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Yi^2 = 1,7739^2 = 3,1466$$

$$Xi \cdot Yi = 221720 \times 1,7739 = 393299,3735$$

- Total

$$\Sigma Xi = \Sigma ti = 1461900$$

$$\Sigma Xi^2 = 191935137650$$

$$\Sigma [F(ti)] = 9$$

$$\Sigma Yi = 0$$

$$\Sigma Yi^2 = 15,1143724$$

$$\Sigma Xi \cdot Yi = 1003683,972$$

$$(\Sigma Xi)^2 = 2137151610000$$

$$(\Sigma Yi)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(18 * 1003683,972) - (1461900 * 0)}{\sqrt{((18 * 191935147650) - 2137151610000)((18 * 15,1143724) - 0)}} \\ = 0,954186$$

b. Distribusi Log Normal

- No = 1

$$\sqrt{X_i} = \ln t_i = 8,6535$$

$$X_i^2 = 8,6535^2 = 74,8826$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{0,7}{18,4} = 0,03880$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,03880] = -1,7739 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = -1,7739^2 = 3,1466$$

$$X_i \cdot Y_i = 8,6535 \times (-1,7739) = -15,3500$$

- No = 18

$$X_i = \ln t_i = 12,3092$$

$$X_i^2 = 12,3092^2 = 151,5166$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{18 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{17,7}{18,4} = 0,9620$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,9620] = 1,7739 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = 1,7739^2 = 3,1466$$

$$X_i \cdot Y_i = 12,3092 \times 1,7739 = 21,8347$$

- Total

$$\Sigma X_i = \Sigma \ln t_i = 196,327358$$

$$\Sigma X_i^2 = 2159,384147$$

$$\Sigma [F(t_i)] = 9$$

$$\Sigma Y_i = 0$$

$$\Sigma Y_i^2 = 15,1143724$$

$$\Sigma X_i \cdot Y_i = 16,1574155$$

$$(\Sigma X_i)^2 = 38544,43$$

$$(\Sigma Y_i)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(18 * 16,1574155) - (196,327358 * 0)}{\sqrt{((18 * 2159,384147) - 38544,43)((18 * 15,1143724) - 0)}} = 0,978852$$

c. Distribusi Eksponensial

- No = 1

$$Xi = ti = 5370$$

$$Xi^2 = 5370^2 = 3282900$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{0,7}{18,4} = 0,0380$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0380} \right] = 0,0388$$

$$Yi^2 = 0,0380^2 = 0,0015$$

$$Xi.Yi = 5730 \times 0,0388 = 222,2439$$

- No = 18

$$Xi = ti = 221720$$

$$Xi^2 = 221720^2 = 49159758400$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{18 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{17,7}{18,4} = 0,9620$$

$$yi = yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,9620} \right] = 3,2690$$

$$Yi^2 = 3,2690^2 = 10,6865$$

$$Xi.Yi = 221720 \times 3,2690 = 724808,3579$$

- Total

$$\Sigma Xi = \Sigma ti = 1461900$$

$$\Sigma Xi^2 = 191935147650$$

$$\Sigma [F(ti)] = 9$$

$$\Sigma Yi = 17,1606566$$

$$\Sigma Yi^2 = 29,41110567$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = 2355575,72$$

$$(\sum X_i)^2 = 2137151610000$$

$$(\sum Y_i)^2 = 294,4881363$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(18 * 2355575,72) - (1461900 * 17,1606566)}{\sqrt{((18 * 191935147650) - 213715610000)((18 * 29,41110567) - 294,4881363)}} = 0,984056$$

d. Distribusi Weibull

- No = 1

$$X_i = \ln t_i = 8,6535$$

$$X_i^2 = 8,6535^2 = 74,8826$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{0,7}{18,4} = 0,0380$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0380} \right] \right] = -3,2497$$

$$Y_i^2 = (-3,2497)^2 = 10,5605$$

$$X_i \cdot Y_i = 8,6535 \times (-3,2497) = -28,1211$$

- No = 18

$$X_i = \ln t_i = 12,3092$$

$$X_i^2 = 12,3092^2 = 151,5157$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{18 - 0,3}{18 + 0,4} = \frac{17,7}{18,4} = 0,9620$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,9620} \right] \right] = 1,1845$$

$$Y_i^2 = 1,1845^2 = 1,4030$$

$$X_i \cdot Y_i = 12,3092 \times 1,1845 = 14,5801$$

- Total

$$\sum X_i = \sum \ln t_i = 196,327358$$

$$\begin{aligned}\Sigma X_i^2 &= 2159,384147 \\ \Sigma [F(t_i)] &= 9 \\ \Sigma Y_i &= -9,7522 \\ \Sigma Y_i^2 &= 28,3322 \\ \Sigma X_i \cdot Y_i &= -86,0839 \\ (\Sigma X_i)^2 &= 38544,432 \\ (\Sigma Y_i)^2 &= 95,106264\end{aligned}$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(18 * (-86,083958)) - (196,327358 * (-9,7522441))}{\sqrt{((18 * 2159,384147) - 38544,432)((18 * 28,3322873) - 95,1062)}} = 0,995136$$

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9841
Normal	0,9542
Log Normal	0,9789
Weibull	0,9951

didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi *weibull*.

Uji kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen

1. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen Pisau Belah

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi

Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah :

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi Log Normal

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi Log Normal

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_n < D_{tabel}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \max = 0,1052$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{7,8458 - 10,2100}{1,2635} \right) - \left(\frac{1-1}{38} \right) \right\}$$

$$D_1 = \{ \phi(-1,87) - (0) \}$$

└─
Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_1 = 0,0291$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) \right\}$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{1}{38} \right) - \phi \left(\frac{7,8458 - 10,2100}{1,2635} \right) \right\}$$

$$D_2 = \{ (0,026) - \phi(-1,87) \}$$

└─
Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_2 = (0,026 - 0,0291) = -0,0028$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (7,8458 - 10,2100)^2}{38 - 1}}$$

$$s = 1,2635$$

$D_n \max = 0,1052 < D_{tabel} = 0,2190 \rightarrow$ Dilihat dari tabel nilai kritis *Kolmogorov-Smirnov*

$D_n \max = 0,1052 < D_{tabel} = 0,2190 : H_0$ diterima

2. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen *Seal O-Ring*

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu distribusi Weibull sehingga menggunakan uji *Mann's Test*

Hipotesis untuk uji *Mann's test* adalah :

$$\begin{aligned} H_0 & : \text{Data } time \text{ to failure } \text{berdistribusi Weibull} \\ H_1 & : \text{Data } time \text{ to failure } \text{tidak berdistribusi Weibull} \\ \alpha & = 0,05 \end{aligned}$$

H_0 diterima apabila $M < F_{crit, k_2, k_1}$

Perhitungan

$$n = 8$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{n} \right] = \left[\frac{18}{2} \right] = 9$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] = \left[\frac{18-1}{2} \right] = 8,5$$

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{18+0,25} \right) \right] = -3,5835$$

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

$$M_i = -2,4561 - (-3,5835) = -1,1273$$

$$M = \frac{k_1 \sum [(lnt_{i+1} - lnt_i) / M_i]}{k_2 \sum [(lnt_{i+1} - lnt_i) / M_i]}$$

$$M = \frac{9 * 14,4142}{8,5 * 14,4142} = 1,0588$$

Jadi, keputusan $M < F_{crit} = 1,0588 < 3,229583$

↳ Dilihat dari tabel F

Maximum Likelihood Estimator

1. LogNormal mempunyai 3 parameter yaitu μ , s , dan t_{med}

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

$$\hat{\mu} = \frac{385,8436}{38} = 10,1538$$

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

$$\hat{s} = \sqrt{\frac{56,4317}{38}} = 1,2186$$

$$c. t_{med} = e^{\mu}$$

$$t_{med} = e^{10,1538} = 25688,0138$$

2. Distribusi *Weibull* menggunakan dua parameter yaitu α (*scale parameter*) dan β (*shape parameter*).

a. θ (*scale parameter*)

$$\alpha = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{b \sum x_i}{n}$$

$$\alpha = \frac{-9,7522}{18} - \frac{1,125239426 * 196,3274}{18}$$

$$\alpha = -12,81486267$$

$$\theta = \exp^{-\alpha/\beta}$$

$$\theta = \exp^{-\left(\frac{-12,81486267}{1,125239426}\right)}$$

$$\theta = 88306,17284$$

b. β (*shape parameter*)

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{18 * (-86,083958) - (196,3274)(-9,7522)}{18 * (2159,3841) - (38544,4316)} = 1,125239426$$

Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Menghitung nilai MTTF komponen pisau belah dan komponen *seal o-ring* yang sesuai dengan distribusi yang terpilih terhadap data *time to failure* sebagai berikut :

3. Komponen Pisau Belah (Log Normal)

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 25688,0138 * \left(\exp \frac{1,2635^2}{2}\right) \\
 &= 53976,3756
 \end{aligned}$$

4. Komponen *Seal O-Ring* (*Weibull*)

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \\
 &= 88306,17284 * \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,125}\right) \\
 &= 88306,17284 * \Gamma(0,96) \rightarrow \text{Dilihat dari tabel gamma} \\
 &= 88306,17284 * 1,89 \\
 &= 84930,2279
 \end{aligned}$$

Penentuan Jenis Distribusi *Time to Repair*

Dibawah ini merupakan penentuan distribusi kegagalan komponen Pisau Belah dan Seal O-ring

1. Penentuan Distribusi Kegagalan Pisau Belah

a. Distribusi Normal

- No = 1

$$Xi = ti = 15$$

$$Xi^2 = 15^2 = 225$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{0,7}{39,4} = 0,0178$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.0178] = -2,1022 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard}$$

normal probabilities

$$Yi^2 = -2,1022^2 = 4,4194$$

$$Xi.Yi = 15 \times (-2,1022) = -31,5335$$

- No = 39

$$Xi = ti = 90$$

$$Xi^2 = 90^2 = 8100$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{39 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{38,7}{39,4} = 0,9822$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.9822] = 2,1022 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal}$$

probabilities

$$Yi^2 = 2,1022^2 = 4,4194$$

$$Xi.Yi = 90 \times 2,1022 = 189,2008$$

- Total

$$\Sigma Xi = \Sigma ti = 1775$$

$$\Sigma Xi^2 = 91075$$

$$\Sigma [F(ti)] = 19,5$$

$$\Sigma Yi = 38,0077$$

$$\Sigma Yi^2 = 69,405989$$

$$\Sigma Xi.Yi = 2271,2318$$

$$(\Sigma Xi)^2 = 3150625$$

$$(\sum Y_i)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(39 * 577,90083) - (1775 * 0)}{\sqrt{((39 * 91075) - 3150625)((39 * 35,552777) - 0)}} = 0,9554639$$

b. Distribusi Log Normal

- No = 1

$$\ln X_i = \ln t_i = 2,7081$$

$$X_i^2 = 2,7081^2 = 7,3335$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{0,7}{39,4} = 0,0178$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0178] = -2,1022 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard}$$

normal probabilities

$$Y_i^2 = -2,1022^2 = 4,4194$$

$$X_i \cdot Y_i = 2,7081 \times (-2,1022) = -5,6929$$

- No = 39

$$X_i = \ln t_i = 4,4998$$

$$X_i^2 = 4,4998^2 = 20,2483$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{39 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{38,7}{39,4} = 0,9822$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,9822] = 2,1022 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal}$$

probabilities

$$Y_i^2 = 2,1022^2 = 4,4194$$

$$X_i \cdot Y_i = 4,4998 \times 2,1022 = 9,4596$$

- Total

$$\sum X_i = \sum \ln t_i = 1775$$

$$\sum X_i^2 = 146,33439$$

$$\sum [F(t_i)] = 19,5$$

$$\begin{aligned}\Sigma Y_i &= 0 \\ \Sigma Y_i^2 &= 35,552777 \\ \Sigma X_i \cdot Y_i &= 13,2910 \\ (\Sigma X_i)^2 &= 21413,8 \\ (\Sigma Y_i)^2 &= 0\end{aligned}$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(39 * 13,2910) - (146,33439 * 0)}{\sqrt{((39 * 554,44288) - 21413,8)((39 * 35,552777) - 0)}} = 0,9617003$$

c. Distribusi Eksponensial

- No = 1

$$X_i = t_i = 15$$

$$X_i^2 = 15^2 = 225$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{0,7}{39,4} = 0,0178$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0178} \right] = 0,0179$$

$$Y_i^2 = 0,0179^2 = 0,0003$$

$$X_i \cdot Y_i = 15 \times 0,0178 = 0,2689$$

- No = 39

$$X_i = t_i = 90$$

$$X_i^2 = 90^2 = 8100$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{39 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{38,7}{39,4} = 0,9822$$

$$y_i = y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,9822} \right] = 4,0304$$

$$Y_i^2 = 4,0304^2 = 16,2445$$

$$X_i \cdot Y_i = 90 \times 4,0304 = 362,7397$$

- Total

$$\begin{aligned}\Sigma X_i &= \Sigma t_i = 1775 \\ \Sigma X_i^2 &= 91075 \\ \Sigma [F(t_i)] &= 19,5 \\ \Sigma Y_i &= 38,0077 \\ \Sigma Y_i^2 &= 69,405989 \\ \Sigma X_i \cdot Y_i &= 4947304,1079 \\ (\Sigma X_i)^2 &= 3150625 \\ (\Sigma Y_i)^2 &= 1444,5875\end{aligned}$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(39 * 2271,2318) - (1775 * 38,0077)}{\sqrt{((39 * 91075) - 3150625)((39 * 69,405989) - 1444,5875)}} = 0,9381461$$

d. Distribusi Weibull

- No = 1

$$X_i = \ln t_i = 2,7081$$

$$X_i^2 = 2,7081^2 = 7,3335$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{0,7}{39,4} = 0,0178$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0178} \right] \right] = -4,0215$$

$$Y_i^2 = (-4,0215)^2 = 16,1724$$

$$X_i \cdot Y_i = 7,3335 \times (-4,0215) = -10,8904$$

- No = 39

$$X_i = \ln t_i = 4,4998$$

$$X_i^2 = 4,4998^2 = 20,2483$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{39 - 0,3}{39 + 0,4} = \frac{38,7}{39,4} = 0,9822$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,9822} \right] \right] = 1,3939$$

$$Y_i^2 = 1,3939^2 = 1,9429$$

$$X_i \cdot Y_i = 4,4998 \times 1,3939 = 6,2722$$

- Total

$$\sum X_i = \sum t_i = 146,33439$$

$$\sum X_i^2 = 554,44288$$

$$\sum [F(t_i)] = 19,5$$

$$\sum Y_i = -21,742966$$

$$\sum Y_i^2 = 67,781413$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = -65,010634$$

$$(\sum X_i)^2 = 21413,753$$

$$(\sum Y_i)^2 = 472,75657$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(39 * (-65,010634)) - (146,33439 * (-21,742966))}{\sqrt{((39 * 554,44288) - 21413,753)((39 * 67,781413) - 472,75657)}}$$

$$= 0,958385$$

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9381
Normal	0,9555
Log Normal	0,9617
Weibull	0,9584

didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

2. Penentuan Distribusi Perbaikan *Seal O-Ring*

a. Distribusi Normal

- No = 1

$$\sqrt{X_i} = t_i = 30$$

$$Xi^2 = 30^2 = 900$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{0,7}{19,4} = 0,0361$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.0361] = -1,7981 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Yi^2 = -1,7981^2 = 3,2331$$

$$Xi.Yi = 30 \times (-1,7981) = -53,9423$$

- No = 19

$$Xi = ti = 240$$

$$Xi^2 = 240^2 = 57600$$

$$[F(ti)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{19 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{18,7}{19,4} = 0,9639$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[F(ti)]$$

$$yi = zi = \phi^{-1}[0.9639] = 1,7981 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Yi^2 = 1,7981^2 = 3,2331$$

$$Xi.Yi = 240 \times 1,7981 = 431,5383$$

- Total

$$\Sigma Xi = \Sigma ti = 1370$$

$$\Sigma Xi^2 = 57600$$

$$\Sigma [F(ti)] = 9,5$$

$$\Sigma Yi = 0$$

$$\Sigma Yi^2 = 16,07547168$$

$$\Sigma Xi.Yi = 653,0522$$

$$(\Sigma Xi)^2 = 1876900$$

$$(\Sigma Yi)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(19 * 653,052) - (1370 * 0)}{\sqrt{((19 * 138750) - 1876900)((19 * 16,0755) - 0)}} = 0,81475$$

b. Distribusi Log Normal

- No = 1

$$\sqrt{X_i} = \ln t_i = 3,4012$$

$$X_i^2 = 3,4012^2 = 11,5681$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{0,7}{19,4} = 0,0361$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,0361] = -1,7981 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = -1,7981^2 = 3,2331$$

$$X_i \cdot Y_i = 3,4012 \times (-1,7981) = -6,1156$$

- No = 19

$$X_i = \ln t_i = 5,4806$$

$$X_i^2 = 5,4806^2 = 30,0374$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{19 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{18,7}{19,4} = 0,9639$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[0,9639] = 1,7981 \rightarrow \text{dilihat dari tabel } \textit{standard normal probabilities}$$

$$Y_i^2 = 1,7891^2 = 3,2331$$

$$X_i \cdot Y_i = 5,4806 \times 1,7981 = 9,8546$$

- Total

$$\Sigma X_i = \Sigma \ln t_i = 78,775085$$

$$\Sigma X_i^2 = 330,90734$$

$$\Sigma [F(t_i)] = 9,5$$

$$\Sigma Y_i = 0$$

$$\Sigma Y_i^2 = 16,075472$$

$$\Sigma X_i \cdot Y_i = 7,9507319$$

$$(\Sigma X_i)^2 = 6205,514$$

$$(\Sigma Y_i)^2 = 0$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(19 * 7,95073) - (78,7751 * 0)}{\sqrt{((19 * 330,907) - 6205,514)((19 * 16,07547) - 0)}} = 0,956145$$

c. Distribusi Eksponensial

- No = 1

$$X_i = t_i = 30$$

$$X_i^2 = 30^2 = 900$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{0,7}{19,4} = 0,0361$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,0361} \right] = 0,0367$$

$$Y_i^2 = 0,0367^2 = 0,0014$$

$$X_i \cdot Y_i = 30 \times 0,0367 = 1,1025$$

- No = 19

$$X_i = t_i = 240$$

$$X_i^2 = 240^2 = 57600$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{19 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{18,7}{19,4} = 0,9639$$

$$y_i = y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[\frac{1}{1 - 0,9639} \right] = 3,3219$$

$$Y_i^2 = 3,3219^2 = 31,279237$$

$$X_i \cdot Y_i = 240 \times 3,3219 = 797,2675$$

- Total

$$\begin{aligned}
\Sigma X_i &= \Sigma t_i = 1370 \\
\Sigma X_i^2 &= 138750 \\
\Sigma [F(t_i)] &= 9,5 \\
\Sigma Y_i &= 18,150009 \\
\Sigma Y_i^2 &= 31,279237 \\
\Sigma X_i \cdot Y_i &= 2004,521 \\
(\Sigma X_i)^2 &= 1876900 \\
(\Sigma Y_i)^2 &= 329,42284
\end{aligned}$$

- Nilai r

$$\begin{aligned}
r &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \\
r &= \frac{(19 * 2004,521) - (1370 * 18,15001)}{\sqrt{((19 * 138750) - 1876900)((19 * 31,17924) - 329,42284)}} \\
&= 0,932173
\end{aligned}$$

d. Distribusi Weibull

- No = 1

$$X_i = \ln t_i = 3,4012$$

$$X_i^2 = 3,4012^2 = 11,5681$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{0,7}{19,4} = 0,0361$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,0361} \right] \right] = -3,3036$$

$$Y_i^2 = (-3,3036)^2 = 10,9140$$

$$X_i \cdot Y_i = 3,4012 \times (-3,3036) = -11,2363$$

- No = 19

$$X_i = \ln t_i = 5,4806$$

$$X_i^2 = 5,4806^2 = 30,0374$$

$$[F(t_i)] = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{19 - 0,3}{19 + 0,4} = \frac{18,7}{19,4} = 0,9639$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0,9639} \right] \right] = 1,2006$$

$$Y_i^2 = 1,2006^2 = 1,4413$$

$$X_i \cdot Y_i = 5,4806 \times 1,2006 = 6,5798$$

- Total

$$\Sigma X_i = \Sigma \ln t_i = 78,775085$$

$$\Sigma X_i^2 = 330,90734$$

$$\Sigma [F(t_i)] = 9,5$$

$$\Sigma Y_i = -10,320435$$

$$\Sigma Y_i^2 = 30,172377$$

$$\Sigma X_i \cdot Y_i = -33,466568$$

$$(\Sigma X_i)^2 = 6205,514$$

$$(\Sigma Y_i)^2 = 106,5114$$

- Nilai r

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

$$r = \frac{(19 * (-33,4666)) - (78,77508 * (-10,3204))}{\sqrt{((19 * 330,9073) - 6205,514)((19 * 30,17238) - 106,5114)}} = 0,906903$$

Distribusi	Index Of Fit
Eksponensial	0,9322
Normal	0,8147
Log Normal	0,9561
Weibull	0,9069

didapatkan nilai r yang paling besar yang akan digunakan yaitu distribusi Log Normal

Uji kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen

1. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen Pisau Belah

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen pisau belah distribusi yang terpilih yaitu distribusi Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah :

H_0 : Data *time to repair* berdistribusi Log Normal

H_1 : Data *time to repair* tidak berdistribusi Log Normal

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_n < D_{tabel}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \max = 0,1807$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{2,7081 - 3,7522}{0,371148} \right) - \left(\frac{1-1}{39} \right) \right\}$$

$$D_1 = \{ \phi(-2,81) - (0) \}$$

↳ Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_1 = 0,0025$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) \right\}$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{1}{39} \right) - \phi \left(\frac{2,7081 - 3,7522}{0,371148} \right) \right\}$$

$$D_2 = \{ (0,025) - \phi(-2,81) \}$$

↳ Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_2 = (0,025 - 0,0025) = 0,0232$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (2,7081 - 3,722)^2}{39 - 1}}$$

$$s = 0,371148$$

$D_n \max = 0,1807 < D_{tabel} = 0,2162 \rightarrow$ Dilihat dari tabel nilai kritis *Kolmogorov-Smirnov*

$D_n \max = 0,1052 < D_{tabel} = 0,2190 : H_0$ diterima

2. Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen *Seal O-Ring*

Pengujian ini ditujukan untuk menentukan hipotesis terhadap pola distribusi yang telah terpilih. Pada komponen *seal o-ring* distribusi yang terpilih yaitu distribusi Lognormal sehingga menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov Test*

Hipotesis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah :

H_0 : Data *time to repair* berdistribusi Log Normal

H_1 : Data *time to repair* tidak berdistribusi Log Normal

$\alpha = 0,05$

Penerimaan apabila $D_n < D_{tabel}$

$$D_n = \max(D_1, D_2)$$

$$D_n \max = 0,1521$$

$$D_1 = \max \left\{ \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{t-1}{n} \right) \right\}$$

$$D_1 = \left\{ \phi \left(\frac{3,4012 - 4,1461}{0,47580} \right) - \left(\frac{1-1}{19} \right) \right\}$$

$$D_1 = \{ \phi(-1,56) - (0) \}$$

└─
Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_1 = 0,0587$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \phi \left(\frac{ti - \bar{t}}{s} \right) \right\}$$

$$D_2 = \left\{ \left(\frac{1}{19} \right) - \phi \left(\frac{3,4012 - 4,1461}{0,47580} \right) \right\}$$

$$D_2 = \{ (0,053) - \phi(-1,56) \}$$

└─► Dilihat dari tabel *standard normal probabilities*

$$D_2 = (0,053 - 0,0587) = -0,0061$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (3,4012 - 4,1461)^2}{19 - 1}}$$

$$s = 0,47580$$

$D_n \max = 0,1521 < D_{tabel} = 0,301 \rightarrow$ Dilihat dari tabel nilai kritis *Kolmogorov-Smirnov*

$D_n \max = 0,1521 < D_{tabel} = 0,301 : H_0$ diterima

Maximum Likelihood Estimator

1. LogNormal mempunyai 3 parameter yaitu μ , s , dan t_{med}

$$a. \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln ti}{n}$$

$$\hat{\mu} = \frac{146,3344}{39} = 3,7522$$

$$b. \hat{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln ti - \hat{\mu})^2}{n}}$$

$$\hat{s} = \sqrt{\frac{5,3723}{39}} = 0,371148$$

$$c. t_{med} = e^{\mu}$$

$$t_{med} = e^{3,7522} = 42,6132$$

2. LogNormal mempunyai 3 parameter yaitu μ , s , dan t_{med}

$$\begin{aligned} \text{a. } \hat{\mu} &= \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \\ \hat{\mu} &= \frac{78,7751}{19} = 4,1461 \\ \text{b. } \hat{s} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \hat{\mu})^2}{n}} \\ \hat{s} &= \sqrt{\frac{4,3013}{19}} = 0,47580 \\ \text{c. } t_{med} &= e^{\mu} \\ t_{med} &= e^{4,1461} = 63,1844 \end{aligned}$$

Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Antar Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Menghitung nilai MTTR komponen pisau belah dan komponen *seal o-ring* yang sesuai dengan distribusi yang terpilih terhadap data *time to repair* sebagai berikut :

1. Komponen Pisau Belah (Log Normal)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 42,6132 * \left(\exp \frac{0,371148^2}{2} \right) \\ &= 45,65163 \end{aligned}$$

2. Komponen Pisau Belah (Log Normal)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \\ &= 63,1844 * \left(\exp \frac{0,47580^2}{2} \right) \\ &= 70,75691 \end{aligned}$$

Model Perawatan Menggunakan Model Age Replacement

3. Perhitungan Model *Age Replacement* Komponen Pisau Belah

Data dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
MTTF &= 53976,4 \\
s &= 1,21862 \\
t_{med} &= 25688 \\
MTTR &= 45,6516 = T_f = T_p
\end{aligned}$$

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

$$R(53700) = 1 - \phi\left(\frac{1}{1,21862} \ln \frac{53700}{25688}\right)$$

$$R(53700) = 0,272556$$

$$F(tp) = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{tp}{t_{med}}\right)$$

$$F(53700) = \phi\left(\frac{1}{1,21862} \ln \frac{53700}{25688}\right) = 0,7274$$

$$M(tp) = M(53700) = \frac{MTTF}{F(tp)} = \frac{MTTF}{F(53600)} = \frac{53976,4}{0,7274} = 74245,74299$$

$$D(tp) = \frac{T_p * R(tp) + T_f * F(tp)}{(tp + T_p) * R(tp) + (M(tp) + T_f) * F(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{45,6516 * 0,27556 + 45,6516 * 0,7274}{(53700 + 45,6516) * 0,27556 + (74245,74299) * 0,7274}$$

$$D(tp) = 0,00066491044$$

Diketahui :

T_f = waktu rata-rata perbaikan kerusakan komponen

T_p = waktu pergantian preventif

tp = panjang interval waktu antar tindakan preventif (variabel keputusan)

$R(tp)$ = probabilitas terjadinya siklus pencegahan

$F(tp)$ = probabilitas terjadinya siklus kerusakan

$D(tp)$ = Total *Downtime* per unit waktu

4. Perhitungan Model *Age Replacement* Komponen *Seal O-Ring*

Data dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= 84930,2 \\ s &= 1,12524 \\ t_{med} &= 88306,2 \\ \text{MTTR} &= 70,7569 = T_f = T_p \end{aligned}$$

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

$$R(151300) = 1 - \phi\left(\frac{1}{1,12524} \ln \frac{151300}{88306,2}\right)$$

$$R(151300) = 0,31614$$

$$F(tp) = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{tp}{t_{med}}\right)$$

$$F(151300) = \phi\left(\frac{1}{1,12524} \ln \frac{151300}{88306,2}\right) = 0,683862$$

$$M(tp) = M(151300) = \frac{\text{MTTF}}{F(tp)} = \frac{\text{MTTF}}{F(151300)} = \frac{84930,2}{0,683862} = 124262,8999$$

$$D(tp) = \frac{T_p * R(tp) + T_f * F(tp)}{(tp + T_p) * R(tp) + (M(tp) + T_f) * F(tp)}$$

$$D(tp) = \frac{70,7569 * 0,31614 + 70,7569 * 0,68386}{151370,7569 * 0,31614 + 124262,8999 * 0,68386}$$

$$D(tp) = 0,000532676725$$

. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan Downtime

3. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan *Downtime* Komponen Pisau Belah

Waktu kerja produktif selama periode bulan Januari 2012 – Desember 2105 : 48 bulan. Total jam kerja produktif Januari 2012 – Desember 2015 adalah 2073600 menit.

$$\text{Rata-rata jam kerja produktif 1 bulan yaitu} = \frac{2073600}{48} = 43200 \text{ menit}$$

Rata-rata jumlah kerusakan (k) tiap bulan :

c. Jumlah kerusakan periode Januari 2012 – Desember 2015 = 39 kerusakan

d. Rata – rata jumlah kerusakan setiap bulan = $\frac{39}{48} = 0,8$

Rasio jam kerja sebulan terhadap rata – rata waktu perbaikan (μ) adalah :

- d. MTTR = 45,6516 menit
- e. Rata – rata jam kerja per bulan = 43200 menit
- f. $\mu = \frac{\text{jam kerja per bulan}}{\text{MTTR}} = \frac{43200}{45,6516} = 946,3$

Rasio jam kerja sebulan terhadap waktu pemeriksaan (1/i) :

- d. Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan wawancara = 45 menit
- e. Rata – rata waktu pemeriksaan = $\frac{45}{43200} = 0,00104167$
- f. $i = \frac{1}{0,00104167} = 960$ menit

Frekuensi pemeriksaan optimal tiap bulan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 960}{45,6516}} = 4,1 \approx 4 \text{ kali per bulan}$$

Interval waktu antar pemeriksaan

$$= \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif perbulan}$$

$$= \frac{1}{4} \times 43200 = 10800 \text{ menit} = 180 \text{ jam}$$

4. Interval Waktu Pemeriksaan Berdasarkan *Downtime* Komponen *Seal O-ring*
Waktu kerja produktif selama periode bulan Januari 2012 – Desember 2015 :
48 bulan. Total jam kerja produktif Januari 2012 – Desember 2015 adalah
2073600 menit.

Rata-rata jam kerja produktif 1 bulan yaitu = $\frac{2073600}{48} = 43200$ menit

Rata-rata jumlah kerusakan (k) tiap bulan :

- c. Jumlah kerusakan periode Januari 2012 – Desember 2015 = 19 kerusakan
- d. Rata – rata jumlah kerusakan setiap bulan = $\frac{19}{48} = 0,4$

Rasio jam kerja sebulan terhadap rata – rata waktu perbaikan (μ) adalah :

- d. MTTR = 70,7569 menit
- e. Rata – rata jam kerja per bulan = 43200 menit
- f. $\mu = \frac{\text{jam kerja per bulan}}{\text{MTTR}} = \frac{43200}{45,6516} = 946,3$

Rasio jam kerja sebulan terhadap waktu pemeriksaan (1/i) :

- d. Waktu rata – rata untuk melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan wawancara = 60 menit
- e. Rata – rata waktu pemeriksaan = $\frac{60}{43200} = 0,0013889$
- f. $i = \frac{1}{0,0013889} = 720$ menit

Frekuensi pemeriksaan optimal tiap bulan :

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 720}{70,7569}} = 2,01749 \approx 2 \text{ kali per bulan}$$

Interval waktu antar pemeriksaan

$$= \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif perbulan}$$

$$= \frac{1}{2} \times 43200 = 21600 \text{ menit} = 360 \text{ jam}$$

Perbandingan *Reliability*

3. Perbandingan *Reliability* Komponen Pisau Belah

Perbandingan *reliability* komponen pisau belah yaitu saat sebelum dilakukannya penggantian dan sesudah penggantian dilakukan.

c. *Reliability* sebelum interval penggantian

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{53700}{25688,2} \right)^{1,218624} \right]$$

$$R(t) = 0,0857636$$

d. *Reliability* sesudah interval penggantian

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{t - nT}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{53700 - 1 * 53700}{25688,2} \right)^{1,218624} \right]$$

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

4. Perbandingan *Reliability* Komponen *Seal O-Ring*

Perbandingan *reliability* komponen *seal o-ring* yaitu saat sebelum dilakukannya penggantian dan sesudah penggantian dilakukan.

c. *Reliability* sebelum interval penggantian

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{151300}{88306,17} \right)^{1,125239} \right]$$

$$R(t) = 0,1599517$$

d. *Reliability* sesudah interval penggantian

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{t - nT}{t_{med}} \right)^s \right]$$

$$R(t - nT) = \exp \left[- \left(\frac{151300 - 1 * 151300}{88306,17} \right)^{1,125239} \right]$$

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