

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN GILING
(*SHEETER SIX IN ONE*) DENGAN PENDEKATAN
RCM (RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE)**

TUGAS AKHIR



**ARGHYA NOVENA GHIOVALENTA
122180127**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN GILING
(*SHEETER SIX IN ONE*) DENGAN PENDEKATAN
RCM (RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE)**

(Studi Kasus pada PT Perkebunan Nusantara IX, Jawa Tengah)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu (S1)
dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Arghya Novena Ghiovalenta

122180127

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN GILING
(SHEETER SIX IN ONE) DENGAN PENDEKATAN
RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE)**

(Studi Kasus di PT Perkebunan Nusantara IX, Jawa Tengah)

Oleh:

Arghya Novena Ghiovalenta
122180127

Telah disetujui dan disahkan
pada tanggal: *9 Mei 2023*

Dosen Pembimbing I



Dr Apriani Soepardi, S.TP., M.T.
NIK 27311970141 1

Dosen Pembimbing II



Puryani., S.T.,M.T.
NIK 272029701661

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta



Dr. Sadi. S.T., M.T.
NIK 271309801941

PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arghya Novena Ghiovalenta
No. Mahasiswa : 122180127
Jurusan : Teknik Industri

Menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini adalah benar-benar hasil karya penulis sendiri dan bukan merupakan hasil plagiat kecuali yang secara tertulis disitasi dalam tugas akhir ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar rujukan.

Apabila pernyataan ini terbukti merupakan hasil plagiat dari karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan karya penulis lain, penulis bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi tanpa melibatkan institusi sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yogyakarta, 24 Maret 2023
Yang menyatakan

Arghya Novena Ghiovalenta
122180127

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Pemeliharaan Mesin Giling (*Sheeter Six in One*) Dengan Pendekatan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)”. Penyusunan Tugas Akhir ini dalam rangka memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana strata (S1) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik karena bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Apriani Soepardi, S.T.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Puryani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, informasi, dan saran selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affan Safiq selaku SEVP Bussiness Support PT Perkebunan Nusantara IX yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian untuk pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Nugroho selaku Mandor dan seluruh karyawan pada unit Kebun Getas PT Perkebunan Nusantara IX yang telah memberikan arahan dan membimbing selama proses penelitian dilakukan.
4. Keluarga khususnya orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Saudara-saudari mahasiswa Teknik Industri khususnya angkatan 2018 yang selalu membantu dan mendukung dari awal kegiatan perkuliahan dimulai hingga saat ini.
6. Teman-teman terdekat khususnya teman kontrakan yang selalu memberikan semangat setiap harinya sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik.
7. Semua pihak yang terkait yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan dan penulisan tugas ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan untuk perbaikan Tugas Akhir ini. Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat membantu dan bermanfaat bagi semua pihak, baik akademik maupun pembaca.

Yogyakarta, 23 Maret 2023

Arghya Novena Ghiovalenta

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan dan Asumsi	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	6
2.2 Tujuan Pemeliharaan	6
2.3 Jenis-jenis Pemeliharaan	7
2.4 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	9
2.5 <i>Time to Failure</i> (TTF) dan <i>Time to Repair</i> (TTR)	16
2.6 <i>Least Squares Curve Fitting</i>	16
2.7 <i>Goodness Of Fit</i>	17
2.8 <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) dan <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR)	19
2.9 Fungsi Reliabilitas	20
2.10 Penentuan Interval Waktu Perawatan	20
2.11 Mesin Giling (<i>Sheeter Six in One</i>)	21
2.12 Penelitian Terdahulu	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian	24
3.2 Pengumpulan Data	26
3.3 Kerangka Penelitian	26
3.4 Diagram Alir Pengolahan Data	28
3.5 Tahap Analisis Hasil	32
3.6 Kesimpulan dan Saran	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengumpulan Data	33
4.1.1	Waktu Operasi Mesin.....	33
4.1.2	Data Perawatan Mesin.....	33
4.2	Pengolahan Data.....	35
4.2.1	Data <i>Downtime</i> Mesin.....	35
4.2.2	Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi	36
4.2.3	Pendefinisian Batasan Sistem	36
4.2.4	Penguraian Sistem Dan Blok Diagram Sistem.....	37
4.2.5	Identifikasi Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsional	40
4.2.6	Penentuan FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	41
4.2.7	Penyusunan LTA (<i>Logic Tree Analysis</i>).....	46
4.2.8	<i>Task Selection</i>	46
4.2.9	Perhitungan TTF dan TTR.....	52
4.2.10	Penentuan Jenis Distribusi Setiap Komponen	54
4.2.11	<i>Goodness of Fit Test</i>	62
4.2.12	Perhitungan MTTF dan MTTR.....	73
4.2.13	Perhitungan Fungsi Reliabilitas Sebelum Perawatan.....	76
4.2.14	Perhitungan Waktu Interval Perawatan.....	77
4.2.15	Perhitungan Fungsi Reliabilitas Sesudah Perawatan	81
4.3	Analisis Hasil	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkatan <i>severity</i>	11
Tabel 2.2	Tingkatan <i>occurance</i>	12
Tabel 2.3	Tingkatan <i>detection</i>	12
Tabel 2.4	Penelitian Terdahulu	22
Tabel 4.1	Data perawatan mesin giling I	33
Tabel 4.2	Data perawatan mesin giling II.....	34
Tabel 4.3	Data perawatan mesin giling III.....	34
Tabel 4.4	Data <i>downtime</i> mesin giling	35
Tabel 4.5	Batasan sistem mesin giling.....	36
Tabel 4.6	SWBS mesin giling (<i>sheeter six in one</i>).....	39
Tabel 4.7	Fungsi sistem dan kegagalan fungsional mesin giling.....	40
Tabel 4.8	FMEA mesin giling	42
Tabel 4.9	LTA mesin giling.....	47
Tabel 4.10	<i>Decision worksheet</i> mesin giling	50
Tabel 4.11	TTF dan TTR mesin giling	53
Tabel 4.12	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi eksponensial TTF mesin giling	55
Tabel 4.13	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi lognormal TTF mesin giling	55
Tabel 4.14	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi normal TTF mesin giling	56
Tabel 4.15	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi weibull TTF mesin giling	56
Tabel 4.16	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi eksponensial TTR mesin giling	57
Tabel 4.17	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi lognormal TTR mesin giling	58
Tabel 4.18	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi normal TTR mesin giling	59
Tabel 4.19	Perhitungan <i>index of fit</i> distribusi weibull TTR mesin giling	60
Tabel 4.20	Rangkuman TTF dan TTR komponen mesin giling.....	61
Tabel 4.21	Rangkuman TTF dan TTR mesin giling.....	62
Tabel 4.22	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada <i>bearing 1209</i>	63
Tabel 4.23	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada kopel.....	65
Tabel 4.24	<i>Mann's test</i> pada <i>bearing 1209</i>	66
Tabel 4.25	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada <i>bearing 1209</i>	67
Tabel 4.26	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada kopel.....	68
Tabel 4.27	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada <i>roll mangel finishing</i>	70
Tabel 4.28	<i>Kolmogorov-smirnov</i> pada mesin giling.....	72
Tabel 4.29	Rangkuman <i>goodness of fit test</i>	73

Tabel 4.30	Rangkuman interval waktu perawatan komponen.....	81
Tabel 4.31	Perbandingan <i>downtime</i> komponen.....	81
Tabel 4.32	Perbandingan tingkat kehandalan komponen	82
Tabel 4.33	Perbandingan tingkat kehandalan mesin.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 RCM <i>Decision Diagram</i>	15
Gambar 3.1 Mesin giling (<i>sheeter six in one</i>).....	24
Gambar 3.2 Kerangka penelitian	26
Gambar 3.3 Kerangka pengolahan data.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

1. Permintaan perbaikan mesin LA-1
2. Pantauan pemeliharaan mesin giling LA-4
3. Catatan perawatan mesin giling LA-5
4. Gambar mesin giling LA-7

Lampiran B

1. Tabel Kolmogorov-smirnov LB-1
2. Tabel Distribusi F LB-2
3. Tabel Distribusi chi square LB-5
4. Tabel fungsi gama LB-9
4. Tabel Distribusi Z LB-10

Lampiran C

1. Perhitungan TTF dan TTR LC-1
2. Perhitungan Penentuan Jenis Distribusi Setiap Komponen ... LC-12
3. Perhitungan Uji Kolmogorov-Smirnov LC-37

ABSTRAK

PT Perkebunan Nusantara IX merupakan salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak di bidang perkebunan dan memiliki wilayah kerja di Provinsi Jawa Tengah. Salah satu unit kebun yang dikelola oleh PTPN IX yaitu unit Kebun Getas yang berada di Desa Kauman Lor, Kecamatan Pabelan, Kabupaten Semarang. Unit ini mengelola karet mulai dari penerimaan lateks hingga menjadi lembaran karet yang siap dikirim kepada konsumen. Pada proses produksinya, unit kebun getas menggunakan beberapa mesin salah satunya yaitu mesin giling (*sheeter six in one*) yang berada di bagian penggilingan. Dalam melakukan pemeliharaan, unit kebun getas belum menerapkan perawatan preventif yang menyebabkan mesin sering mengalami kerusakan yang menyebabkan terjadinya *downtime* dan tingkat kehandalan mesin yang rendah. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kerusakan mesin dan meningkatkan tingkat kehandalan mesin.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Metode ini akan menghasilkan penentuan jenis tindakan pemeliharaan dan interval waktu perawatan mesin, dengan menggunakan beberapa informasi mengenai mesin giling seperti sistem kerja mesin, batasan sistem, kegagalan fungsional beberapa komponen dan komponen kritis, dan data kerusakan mesin giling dalam periode satu tahun.

Hasil penelitian dengan pendekatan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) diperoleh perbandingan *downtime* sebelum dan sesudah untuk komponen *bearing 1209* yaitu 33 jam menjadi 20,06 jam dengan persentase penurunan sebesar 39,20%. Kopel yaitu 15 jam menjadi 11,74 jam dengan persentase penurunan sebesar 21,73%. *Roll Mangel Finishing* yaitu 29 jam menjadi 19,22 jam dengan persentase penurunan sebesar 33,71%. Mesin Giling yaitu 112 jam menjadi 76,22 jam dengan persentase penurunan sebesar 31,95%. Tingkat kehandalan *bearing 1209* mengalami peningkatan yang sebelumnya 0,3451 menjadi 0,9849 mengalami kenaikan sebesar 64,96%, kopel yang sebelumnya 0,6872 menjadi 0,9959 mengalami kenaikan sebesar 30,99%, *roll mangel finishing* yang sebelumnya 0,4631 menjadi 0,9704 mengalami kenaikan sebesar 52,28%, dan mesin giling yang sebelumnya 0,3151 menjadi 0,9804 mengalami kenaikan sebesar 67,86%. Interval waktu perawatan mesin giling yaitu 14 hari dengan perawatan jenis ringan.

Kata kunci: Pemeliharaan, perawatan preventif, *downtime*, interval waktu perawatan, tingkat kehandalan

***Milling Machine Maintenance Planning (Sheeter Six in One) with RCM
(Reliability Centered Maintenance) Approach***

ABSTRACT

PT Perkebunan Nusantara IX is one of the state-owned enterprises (State-Owned Enterprises) engaged in plantations and has a working area in Central Java Province. One of the garden units managed by PTPN IX is the Getas Garden unit located in Kauman Lor Village, Pabelan District, Semarang Regency. This unit manages rubber from latex receipt to rubber sheets ready to be shipped to consumers. In the production process, the brittle garden unit uses several machines, one of which is a milling machine (sheeter six in one) which is in the milling section. In carrying out maintenance, brittle garden units have not implemented preventive maintenance which causes machines to often experience damage which causes downtime and low machine reliability. This research is expected to reduce engine damage and increase the level of engine reliability.

The method used in this study is the RCM (Reliability Centered Maintenance) method. This method will result in determining the type of maintenance action and the maintenance time interval of the machine, using some information regarding the milling machine such as the working system of the machine, system limitations, functional failures of some critical components and components, and milling machine damage data in a one-year period.

The Result of research with the RCM (Reliability Centered Maintenance) approach obtained a comparison of downtime before and after for bearing 1209 components, namely 33 hours to 20.06 hours with a percentage decrease of 39.20%. Kopel is 15 hours to 11.74 hours with a percentage decrease of 21.73%. Roll Mangel Finishing is 29 hours to 19.22 hours with a percentage decrease of 33.71%. Milling Machine is 112 hours to 76.22 hours with a percentage decrease of 31.95%. The reliability level of bearing 1209 increased from 0.3451 to 0.9849 increased by 64.96%, coupling which was previously 0.6872 to 0.9959 increased by 30.99%, roll mangel finishing which was previously 0.4631 to 0.9704 increased by 52.28%, and milling machines which were previously 0.3151 to 0.9804 increased by 67.86%. The maintenance time interval of the milling machine is 14 days with light type maintenance.

Keywords: *Maintenance, preventive maintenance, downtime, maintenance time interval, reliability level*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, menyebabkan persaingan dalam dunia industri menjadi semakin ketat. Setiap perusahaan mulai untuk meningkatkan kinerja perusahaan dalam segala aspek. Hal ini dilakukan agar perusahaan dapat bersaing dengan perusahaan lainnya dalam dunia industri. Persaingan dalam industri pengolahan hasil perkebunan saat ini sangat meningkat dan ketat. Hasil pengolahan tidak hanya dijual sebagai produk jadi, tetapi juga diekspor dalam bentuk produk setengah jadi. Pihak pembeli khususnya dari luar negeri memiliki beberapa persyaratan produk yang menyebabkan perusahaan harus selalu meningkatkan kualitas produksi sesuai dengan permintaan dari pihak pembeli. Untuk meningkatkan kualitas produksi, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan salah satunya yaitu kondisi dan performa mesin.

PT Perkebunan Nusantara IX merupakan salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak di bidang perkebunan yang memiliki wilayah kerja di Provinsi Jawa Tengah. PT Perkebunan Nusantara IX mengelola beberapa komoditi utama seperti karet, gula, tetes, teh, dan kopi. PT Perkebunan Nusantara memiliki kebun sebanyak 15 unit, 8 pabrik gula, 1 unit wisata agro, dan 1 unit produksi dan pemasaran produk hilir yaitu Kopi Banaran, Teh serbuk kaligua, Teh celup kaligua, Teh serbuk semugih, Gula 9 dan Sirup Pala 9. Salah satu kebun yang dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara IX yaitu Kebun Getas. Kebun Getas berada di Desa Kauman Lor, Kecamatan Pabelan, Kabupaten Semarang. Kebun Getas memiliki beberapa wilayah yaitu Tembir, Galardowo, Begosari, Assinan Kempul, dan Bandel. Pabrik yang berada di Kebun Getas mengelola karet dimulai dari penerimaan lateks di pabrik, penentuan faktor pengering, pengenceran latek, pembekuan latek, penggilingan, pengasapan, sortasi, pengepakan, lalu dikirim ke Veem.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas karet mulai dari bahan baku, mesin, manusia, lingkungan dan lain sebagainya. Faktor mesin merupakan faktor yang memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap jalannya proses produksi dan kualitas dari produk yang akan dihasilkan. Pada pabrik kebun getas terdapat beberapa mesin yang digunakan yaitu Mesin Giling, Mesin *Press Hydrolish*, dan Mesin Monorel. Mesin Giling merupakan mesin yang memiliki peran utama dalam proses produksi karet di kebun getas karena kondisi mesin giling menentukan kualitas hasil dari proses penggilingan yaitu lembaran karet. Mesin Giling mengolah lateks dari berbentuk slab/bekuan menjadi bentuk lembaran yang memiliki ketebalan sesuai standar operasional yaitu sebesar 2,5-3,5 mm. Kebun Getas memiliki 3 Mesin Giling, yaitu Mesin Giling 1, Mesin Giling 2, dan Mesin Giling 3. Mesin Giling ini beroperasi sebanyak 1 *shift* mulai pukul 16.00 WIB hingga 23:00 WIB atau dengan waktu operasi sekitar 7 jam dalam satu hari tergantung banyaknya lateks yang dibekukan.

Perawatan dan pengawasan terhadap mesin ini dilakukan setiap hari Selasa (satu kali dalam satu minggu) oleh petugas *maintenance* secara rutin. Namun operator juga dapat melaporkan secara langsung ketika mesin mengalami kerusakan atau kendala pada saat mesin dioperasikan setiap harinya. Pada 20 Juni 2022 terjadi kerusakan beberapa komponen pada mesin giling II yaitu *roll mangel finishing*, *bearing 1209* dan kopel yang mengakibatkan proses produksi menjadi terhambat dan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas pada tanggal tersebut. Kerusakan ini menyebabkan adanya *downtime* pada mesin 2 selama 1 jam pada waktu produksi hingga waktu produksi selesai dan dilanjutkan pada pagi hari yang mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian karena terdapat tambahan biaya yaitu biaya lembur bagi karyawan. Terjadi penurunan kualitas pada bulan Juni karena slab yang akan digiling pada mesin 2 dialihkan ke mesin 1 dan 3 yang menyebabkan terjadinya penumpukan di mesin 1 dan 3. Penumpukan ini mengakibatkan mesin 1 dan 3 akan mengalami tambahan waktu operasi per hari yang dapat menyebabkan penurunan tingkat kehandalan mesin dan operator terburu-buru memasukkan slab ke dalam mesin yang menyebabkan kualitas hasil gilingan menjadi tidak sesuai atau cacat. Kualitas lembaran karet ditentukan oleh sesuai tidaknya ketebalan karet, bentuk dari lembaran karet, tidak terdapat banyak lubang atau sobekan, tidak terdapat

banyak gelembung, dan tidak terdapat kontaminan atau benda asing selain karet dalam lembaran karet tersebut.

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, maka diperlukan adanya perencanaan pemeliharaan mesin giling (*sheeter six in one*) dengan menghitung interval waktu perawatan yang tepat untuk mengurangi terjadinya kerusakan mesin dan meningkatkan kehandalan mesin agar nantinya perusahaan tidak perlu melakukan penambahan biaya lembur dan kualitas produk yang diproduksi sesuai dengan standar yang dibutuhkan oleh pembeli.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan perencanaan pemeliharaan mesin giling (*sheeter six in one*) dengan menghitung interval waktu perawatan agar dapat mengurangi *downtime* mesin dan meningkatkan tingkat kehandalan mesin.

1.3 Batasan dan Asumsi

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan pada Ruang Penggilingan Kebun Getas PT Perkebunan Nusantara IX.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kerusakan mesin selama Januari 2021-Desember 2022.
3. Mesin yang diamati yaitu mesin giling 1, mesin giling 2, dan mesin giling 3.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Tidak terjadi perubahan proses produksi selama penelitian berlangsung.
2. Mesin giling 1, 2, dan 3 termasuk sama identik.
3. Satu bulan dianggap 30 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah dapat menentukan perencanaan pemeliharaan mesin giling (*sheeter six in one*) dengan melakukan

perhitungan interval waktu perawatan sesuai dengan kebutuhan mesin untuk mengurangi *downtime* mesin dan meningkatkan tingkat kehandalan mesin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi usulan dan membantu memperbaiki sistem pemeliharaan mesin-mesin produksi agar dapat mengurangi terjadinya kerusakan mesin yang mengakibatkan *downtime*, sehingga perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk dan meningkatkan tingkat kehandalan serta umur pemakaian mesin.

1.6 Sistematika Penulisan

Langkah-langkah yang dilalui didalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, dimana pembagiannya dibatasi oleh tiap bab yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang berbagai hal yang menjadi latar belakang dari penelitian ini, perumusan masalah, batasan dan asumsi, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi mengenai landasan teori dan literatur yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini sesuai dengan metode yang digunakan.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang hal-hal yang diperlukan dalam menjalankan penelitian seperti waktu dan lokasi penelitian, pemaparan data-data yang diperlukan, serta langkah-langkah yang diperlukan dalam melakukan penelitian.

BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisi tentang pengumpulan dan pengolahan data serta langkah yang dilakukan dalam hal menyelesaikan permasalahan.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan terhadap hasil pengolahan data dan saran yang dapat diberikan dari permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Kata pemeliharaan berasal dari bahasa Yunani yaitu *terein* yang memiliki arti merawat, memelihara, dan menjaga. Menurut Patrick (2001), Pemeliharaan merupakan suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada. Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan. (Corder, 1992). Oleh sebab itu, kegiatan pemeliharaan khususnya untuk mesin sangat dibutuhkan dalam terlaksananya kegiatan produksi yang efektif dan efisien.

Tujuan yang ditetapkan untuk kegiatan pemeliharaan dapat mencakup indikator kinerja utama seperti keandalan, ketersediaan, rata-rata waktu perbaikan, jumlah kegagalan, dan biaya pemeliharaan. (Manzini, 2010). Sehingga dengan kegiatan pemeliharaan yang tepat akan meningkatkan tingkat keandalan mesin, meminimasi *downtime* dan meminimasi biaya pemeliharaan. Pemeliharaan atau perawatan dilakukan agar setiap mesin, bangunan dan peralatan yang terdapat pada suatu industri selalu dalam keadaan yang optimal agar selalu siap untuk digunakan dan dapat menjamin kelangsungan produksi.

2.2 Tujuan Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan dilakukan sebagai langkah pencegahan terhadap hal-hal yang dapat menghambat jalannya suatu proses produksi. Pemeliharaan dapat mengurangi atau menghindari kerusakan dengan meningkatkan keandalan mesin dan dapat meminimalkan biaya perawatan. Menurut Assauri (2004), tujuan pemeliharaan yaitu:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.

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

2.3 Jenis-jenis Pemeliharaan

Menurut Corder (1992) pemeliharaan dibagi menjadi dua cara, yaitu:

1. Pemeliharaan terencana (*Planned Maintenance*)

Pemeliharaan terencana merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara terorganisir untuk mengantisipasi kerusakan peralatan di waktu yang akan datang, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. (Corder, 1992).

Pemeliharaan terencana terbagi menjadi dua aktivitas yaitu:

- a) Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan merupakan suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tak terduga dan dapat menentukan suatu keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan saat sedang beroperasi dalam proses produksi. Menurut Setiawan (2008) pemeliharaan pencegahan merupakan inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi berhenti atau berkurangnya fungsi mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan kondisi tersebut dan mengembalikan mesin menuju

kondisi semula atau deteksi dan penanganan diri kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut menyebabkan cacat atau kerugian.

Menurut Dhillon (2006) terdapat 7 elemen pemeliharaan pencegahan, yaitu:

- 1) Inspeksi: pemeriksaan secara berkala pada bagian-bagian tertentu agar dapat digunakan dengan cara membandingkan bentuk fisik (terlihat), mesin, listrik, dan karakteristik lain sebagai standar yang pasti.
- 2) Kalibrasi: penyesuaian setiap hal yang berbeda dalam akurasi untuk parameter perbandingan standar yang pasti.
- 3) Pengujian: pengujian secara berkala agar dapat menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan yang terjadi.
- 4) Penyesuaian: penyesuaian secara periodik untuk unsur variabel tertentu agar dapat mencapai kinerja yang optimal
- 5) *Servicing*: melakukan servis secara periodik yang meliputi pelumasan, pengisian, pembersihan, dan seterusnya untuk mencegah terjadinya kegagalan.
- 6) Instalasi: penggantian secara berkala batas pemakaian barang atau siklus waktu pemakaian.
- 7) *Alignment*: membuat perubahan salah satu barang yang ditentukan elemen variabel untuk mencapai kinerja yang lebih optimal.

b) Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif merupakan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga dapat mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut. Pemeliharaan korektif merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah mesin atau fasilitas produksi mengalami kerusakan atau gangguan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. (Patrick, 2001). Pemeliharaan korektif sering disebut juga sebagai tindakan reparasi atau perbaikan.

2. Pemeliharaan tak terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah yaitu pemeliharaan darurat atau breakdown maintenance, yang didefinisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. (Corder, 1992).

2.4 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Pada tahun 1960, RCM digunakan oleh produsen pesawat terbang, maskapai penerbangan dan pemerintah yang ditujukan untuk memelihara pesawat terbang. Menurut Moubrey (1997) *Reliability Centered Maintenance* merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai dengan yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif. Penggunaan RCM akan membantu untuk mendapatkan informasi mengenai perawatan seperti apa yang harus dilakukan agar mesin-mesin tersebut dapat terus beroperasi tanpa mengalami kendala atau gangguan.

Menurut (Smith & Hinchcliffe, 2003), metode RCM memiliki tujuan untuk mengoptimalkan *preventive maintenance* dengan beberapa prinsip yaitu:

- 1) Mempertahankan fungsi suatu sistem.
- 2) Mengidentifikasi mode kegagalan.
- 3) Mengutamakan kebutuhan fungsi melalui mode kegagalan.
- 4) Memilih tindakan *preventive maintenance* yang efektif dan yang mana yang dapat diterapkan.

Dalam RCM seluruh bentuk kegagalan itu buruk dan harus dilakukan pencegahan untuk pemahaman yang luas mengenai tujuan dari dilakukannya tindakan perawatan. Dengan menentukan strategi yang paling efektif yang terfokus terhadap kinerja dari suatu organisasi agar penerapan RCM nantinya dapat dilakukan dengan baik.

Menurut Moubray (1997), prosedur penerapan RCM yaitu:

1) Memilih sistem dan mengumpulkan informasi

Proses analisis RCM akan dilakukan pada tingkatan sistem karena pada tingkat sistem akan memberikan informasi yang lebih akurat mengenai fungsi komponen terhadap sistem. Pengumpulan informasi dilakukan untuk mendapatkan pengertian mengenai sistem dan bagaimana sistem tersebut dapat bekerja.

2) Mendefinisikan batasan sistem

Langkah ini dilakukan agar tidak terjadi tumpang tindih antara sebuah sistem dengan sistem lain yang saling berdekatan. Dalam hal ini kita perlu mengetahui mengenai apa yang termasuk dan tidak termasuk ke dalam sistem yang diamati.

3) Menguraikan sistem dan blok diagram sistem

Penguraian sistem yang dibutuhkan untuk mengetahui komponen-komponen sistem dan bagaimana komponen tersebut beroperasi. Sedangkan informasi fungsi peralatan digunakan untuk menentukan kegiatan perawatan terencana.

4) Sistem fungsi dan kegagalan

Pada langkah ini dilakukan dokumentasi fungsi dan kegagalan dari sistem dan komponen yang terkait serta hubungan antar komponen pada sistem tersebut. Langkah berikutnya adalah menentukan berapa banyak dari masing-masing fungsi yang dapat hilang.

5) *Failure mode and effect analysis* (FMEA)

Pada analisis FMEA terjadi proses identifikasi dari kegagalan terhadap suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Kegagalan fungsi pada bagian mesin yang diteliti akan ditampilkan dalam bentuk matriks. Matriks dibuat dengan menggambarkan hubungan antara kegagalan fungsi (baris) dengan bagian mesin yang diteliti (kolom) yang menjadi dasar pembuatan tabel FMEA. Hal yang penting pada FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN). Hasil dari RPN akan menunjukkan tingkatan prioritas dari mesin atau peralatan yang dianggap memiliki resiko yang tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Dalam

menentukan RPN terdapat 3 komponen yang sangat berkaitan yaitu *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*. Berikut merupakan penjelasan dari 3 komponen tersebut:

a. *Severity*

Severity merupakan nilai tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Pemberian nilai *severity* yaitu antara 1 hingga 10. Nilai 1 merupakan nilai yang diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat kecil terhadap sistem dan sebaliknya untuk nilai 10. Tingkatan *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkatan *severity*

<i>Rating</i>	<i>Criteria Of Severity Effect</i>
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi kegunaan
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

Sumber: Harpc System (2006)

b. *Occurance*

Occurance merupakan tingkat sering tidaknya terjadi kerusakan atau kegagalan. *Occurance* memiliki hubungan dengan perkiraan jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat terdapat suatu penyebab pada mesin. Pemberian nilai *occurance* yaitu antara 1 hingga 10. Nilai 1 diberikan jika kegagalan memiliki nilai kumulatif yang rendah atau tidak pernah terjadi. Tingkatan *occurance* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tingkatan *occurance*

<i>Rating</i>	<i>Probability of occurance</i>
10	Lebih dari 100 per seribu kali penggunaan
9	50 per seribu kali penggunaan
8	20 per seribu kali penggunaan
7	10 per seribu kali penggunaan
6	5 per seribu kali penggunaan
5	2 per seribu kali penggunaan
4	1 per seribu kali penggunaan
3	0,5 per seribu kali penggunaan
2	Lebih kecil dari 0,1 per seribu kali penggunaan
1	Tidak pernah sama sekali

Sumber: Harpco System (2006)

c. *Detection*

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Pemberian nilai *detection* yaitu antara 1-10. Semakin tinggi *rating*, maka semakin tidak mampu untuk mendeteksi mode kegagalan dan begitu sebaliknya. Tingkatan *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tingkatan *detection*

<i>Rating</i>	<i>Probability of occurance</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Sumber: Harpco System (2006)

Setelah pada tiap komponen RPN diberikan rating, maka selanjutnya dilakukan perhitungan RPN sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \dots \dots \dots (2.1)$$

Semakin tinggi nilai RPN maka akan menunjukkan bahwa semakin bermasalah.

6) *Logic Tree Analysis (LTA)*

Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)* bertujuan untuk dapat memberikan prioritas terhadap tiap mode kerusakan. LTA akan mengklasifikasikan *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga akan ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan dari kategori yang diberikan. Proses LTA akan menggunakan beberapa pertanyaan yang setiap pertanyaannya akan dijawab “Ya” atau “Tidak”. Beberapa pertanyaan tersebut yaitu:

1. *Evident*: Apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi sebuah gangguan sistem?
2. *Safety*: Apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah pada keselamatan?
3. *Outage*: Apakah mode kerusakan ini menyebabkan seluruh atau beberapa bagian mesin berhenti?
4. *Category*: merupakan pembagian kategori yang dilakukan setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Komponen terbagi dalam 4 kategori, yaitu:
 - i. Kategori A (*Safety problem*) merupakan mode kegagalan yang konsekuensinya dapat mengancam jiwa seseorang.
 - ii. Kategori B (*Outage problem*) merupakan mode kegagalan yang dapat mengakibatkan sistem mati.
 - iii. Kategori C (*Economic problem*) merupakan mode kegagalan yang tidak memiliki dampak pada keamanan dan dampaknya tergolong kecil.
 - iv. Kategori D (*Hidden failure*): merupakan mode kegagalan yang tidak diketahui oleh operator.

7) Pemilihan tindakan

Langkah ini merupakan tahap terakhir dari proses RCM. Berdasarkan tiap mode kerusakan akan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan serta selanjutnya akan dilakukan pemilihan tindakan yang paling efektif untuk dilakukan. Pada proses ini dilakukan penentuan hubungan kegagalan, apakah kegagalan tersebut berhubungan dengan beberapa faktor yaitu:

1. *Condition Directed (CD)*

Tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan berdasarkan waktu atau umur komponen.

2. *Time Directed (TD)*

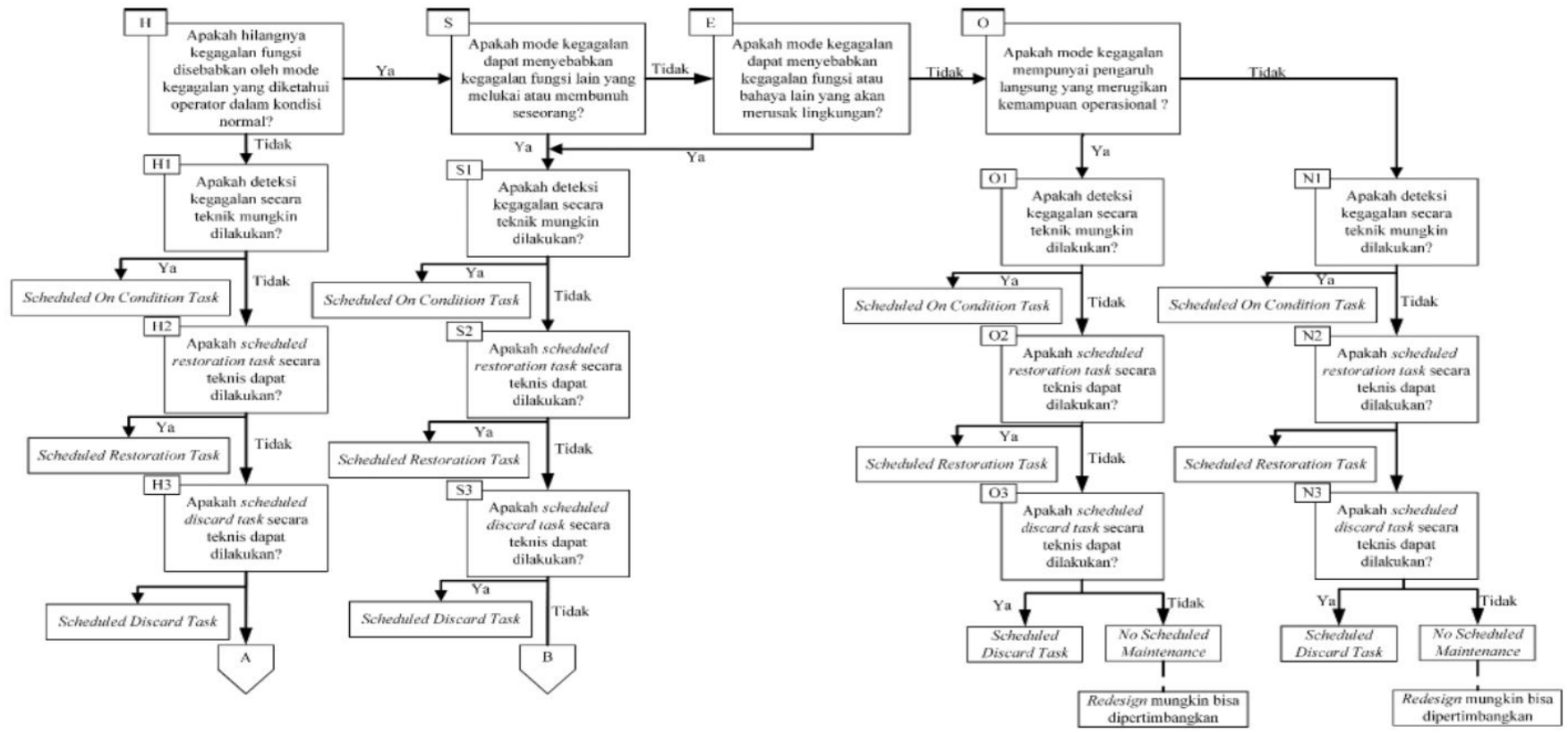
Tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara melakukan pemeriksaan terhadap alat. Jika ditemukan beberapa gejala kerusakan, maka akan dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.

3. *Finding Failure (FF)*

Tindakan yang bertujuan untuk menentukan kerusakan pada peralatan dengan pemeriksaan berkala.

4. *Run to Failure (RTF)*

Tindakan yang dilakukan dengan menggunakan peralatan hingga alat tersebut mengalami kerusakan. 10



Gambar 2.1 RCM Decision Diagram
 Sumber: Moubray (1997)

2.5 Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)

Time to failure (TTF) merupakan jarak waktu antar kerusakan yang diperoleh berdasarkan perhitungan selisih waktu antara mesin selesai diperbaiki hingga mesin mengalami kerusakan berikutnya. *Time to repair* (TTR) merupakan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan mesin hingga mesin tersebut siap untuk digunakan kembali.

2.6 Least Squares Curve Fitting

Least Squares Curve Fitting merupakan metode analisis yang digunakan untuk dapat menentukan *index of fit* untuk dapat mencari hubungan antara variabel bebas (x) dengan variabel terikat (y) dengan data yang berbentuk interval dan rasio. Rumus yang digunakan dalam *least squares curve fitting* yaitu:

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$r = \frac{n + \sum XiYi - \sum Xi * \sum Yi}{\sqrt{(n * \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)(n * \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Terdapat perhitungan khusus pada setiap distribusi yaitu sebagai berikut:

- 1. Distribusi Weibull

$$xi = lnti \dots\dots\dots(2.4)$$

$$yi = [ln(ln (\frac{1}{1-F(ti)}))] \dots\dots\dots(2.5)$$

- 2. Distribusi Eksponensial

$$xi = ti \dots\dots\dots(2.6)$$

$$yi = ln ((\frac{1}{1-F(ti)})) \dots\dots\dots(2.7)$$

- 3. Distribusi Normal

$$xi = ti \dots\dots\dots(2.8)$$

$$yi = zi = \Phi^{-1} [F(ti)] \dots\dots\dots(2.9)$$

- 4. Distribusi Lognormal

$$xi = lnti \dots\dots\dots(2.10)$$

$$yi = zi = \Phi^{-1} [F(ti)] \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

Nilai r tidak lebih dari rentang (-1 ≤ r ≤ 1)

- $r = -1$ memiliki arti bahwa korelasinya negatif sempurna
- $r = 0$ memiliki arti bahwa tidak ada korelasi
- $r = 1$ memiliki arti bahwa korelasi sempurna
- $F_{(ti)}$: *Ploting position*
- i : 1,2,3,.....n yaitu periode ke- i
- n : Jumlah pengamatan
- x_i : Waktu reparasi ke- i atau waktu operasional ke- i

2.7 Goodness Of Fit

Setelah dilakukannya uji *index of fit* maka selanjutnya akan dilakukan uji *goodness of fit* pada nilai *index of fit* yang paling besar. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hipotesa nol (H_0) yang memiliki arti bahwa kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesa alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi yang terpilih (Ebeling, 1997). Menurut Ebeling (1997), terdapat beberapa pengujian yang digunakan untuk masing-masing distribusi yaitu sebagai berikut:

a. *Mann's test*

Mann's test merupakan pengujian yang digunakan untuk distribusi kerusakan weibull dengan hipotesa sebagai berikut:

H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi weibull

H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi weibull

Pengujian statistiknya sebagai berikut:

$$k_1 = \left\lceil \frac{r}{2} \right\rceil \dots\dots\dots(2.12)$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Z_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots\dots(2.15)$$

$$M = \frac{K1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{K2 \sum_{i=1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} \dots\dots\dots(2.16)$$

Hipotesa H_0 akan dapat diterima apabila $M < Merit$ diperoleh dari tabel distribusi F.

Keterangan:

- M : Nilai dari *Mann's test*
- t_i : Waktu reparasi ke- i atau waktu operasional ke- i (X_i)
- r : Jumlah pengamatan (n)
- i : 1,2,3,..., n = periode ke- i

b. *Bartlett's test*

Bartlett's test digunakan untuk distribusi kerusakan eksponensial dengan penjelasan hipotesa sebagai berikut:

- H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial
- H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Pengujian statistiknya sebagai berikut:

$$B = \frac{2r \left[\ln\left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Hipotesa H_0 diterima apabila $\frac{\chi^2_{1-\alpha}}{2}, r - 1 < B < \frac{\chi^2_{\alpha}}{2}, r - 1$

Keterangan:

- t_i : Data waktu kerusakan ke- i
- r : Jumlah kerusakan
- B : Nilai uji statistik *barlett's test*

c. *Kolmogorov smirnov test*

Kolmogorov smirnov test merupakan pengujian yang digunakan untuk distribusi kerusakan normal dan lognormal dengan hipotesa sebagai berikut:

- H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi normal atau lognormal
- H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi normal atau lognormal

Pengujian statistiknya sebagai berikut:

$$D = \text{Max} \{D1, D2\} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$D_1 = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$D_2 = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} \dots\dots\dots(2.20)$$

Hipotesa H_0 diterima apabila $D_n < D_{crit}$, nilai D_{crit} didapatkan dari tabel *critical for kolmogorov smirnov test for normality*.

Keterangan:

- Tabel $\Phi(z)$: Menentukan peluang kumulatif

- α : Tingkat kepercayaan (0,05)
- x_i : t_i yaitu waktu reparasi ke- i atau waktu operasional ke- i
- μ : Rata waktu reparasi/operasional
- σ : Simpangan baku waktu reparasi/operasional
- i : 1,2,3..., n yaitu periode ke- i
- n : Jumlah pengamatan

2.8 Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan yang memiliki tujuan untuk menunjukkan rentang waktu dari saat komponen selesai diperbaiki hingga komponen rusak kembali.

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam perbaikan suatu komponen, subsistem atau sistem. MTTR termasuk nilai *maintainablity* yaitu usaha yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan pada suatu sistem. Perhitungan MTTF dan MTTR memiliki perumusan yang sama sehingga dalam menghitung MTTF dan MTTR menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Distribusi weibull

$$MTTF = MTTR = \theta\tau \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots \dots \dots (2.21)$$

b. Distribusi normal

$$MTTF = MTTR = \mu \dots \dots \dots (2.22)$$

c. Distribusi eksponensial

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

d. Distribusi lognormal

$$MTTF = MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots \dots \dots (2.24)$$

Keterangan:

- τ : Diperoleh dari tabel fungsi gamma
- λ : Laju kerusakan rata-rata
- β dan s : Parameter bentuk
- θ : Parameter skala

2.9 Fungsi Reliabilitas

Fungsi reliabilitas merupakan sebuah fungsi yang dapat menggambarkan bahwa komponen dapat berjalan dengan baik dalam suatu satuan waktu. Perhitungan Reliabilitas sebelum perawatan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Distribusi weibull

$$R_{(t)} = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.25)$$

- b. Distribusi normal

$$R_{(t)} = 1 - \theta \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.26)$$

- c. Distribusi eksponensial

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.27)$$

- d. Distribusi lognormal

$$R_{(t)} = \theta \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \dots\dots\dots(2.28)$$

Perhitungan Reliabilitas sesudah perawatan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Distribusi weibull

$$R_{(t)} = e^{-\left(\frac{t - nT}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2.29)$$

- b. Distribusi normal

$$R_{(t)} = 1 - \theta \left(\frac{(t - nT) - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.30)$$

- c. Distribusi eksponensial

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t (t - nT)} \dots\dots\dots(2.31)$$

- d. Distribusi lognormal

$$R_{(t)} = \theta \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t - nT}{t_{med}}\right) \dots\dots\dots(2.32)$$

2.10 Penentuan Interval Waktu Perawatan

Dengan menentukan interval waktu perawatan yang optimum dapat menetapkan waktu perawatan yang terbaik. Dengan terbentuknya waktu perawatan yang tepat akan mengakibatkan berkurangnya proses produksi yang terhenti akibat

kerusakan mesin yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Berikut ini merupakan beberapa tahap untuk menentukan interval waktu pemeriksaan komponen berdasarkan waktu produksi (Ramadhan M. A. Z (2018):

1. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ($1/\mu$)

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} \dots\dots\dots(2.34)$$
2. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan ($1/i$)

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = Σt_i / jumlah kerusakan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$i = \frac{1}{1/i} \dots\dots\dots(2.36)$$
3. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{n} \dots\dots\dots(2.37)$$
4. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \dots\dots\dots(2.38)$$
5. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} \dots\dots\dots(2.39)$$
6. Perhitungan *Downtime*

$$D_{(n)} = \frac{k}{u \times n} + \frac{1}{i} \dots\dots\dots(2.40)$$

Downtime = $D_{(n)}$ x jumlah bulan x hari kerja x jam kerja

2.11 Mesin Giling (*Sheeter Six in One*)

Proses pengolahan karet dilakukan menggunakan beberapa mesin salah satunya yaitu mesin giling (*sheeter six in one*). Mesin giling akan melakukan proses penggilingan dari berbentuk bekuan karet atau *slab* menjadi bentuk lembaran. Proses penggilingan dilakukan menggunakan dua buah *roll* yang ditempatkan atas bawah sebanyak 6 set dengan kecepatan putaran sesuai ketentuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Mesin giling (*sheeter six in one*) menggunakan energi listrik yang berasal dari tenaga listrik PLN sebagai sumber penggerak elektromotor

pada mesin giling. Energi dari listrik akan diubah menjadi tenaga gerak yang akan menggerakkan *roll* secara berputar pada mesin giling.

Proses penggilingan dilakukan setelah proses pembekuan selesai. Hasil dari proses pembekuan yaitu slab atau bekuan akan digiling untuk mengeluarkan kandungan air, membilas, dan membentuk lembaran tipis dan memberi garis batikan pada lembaran. Untuk memperoleh hasil lembaran, slab atau bekuan akan digiling dengan beberapa *roll* yaitu *roll* belimbing, alusan, dan batikan atau *finishing*. Kecepatan penggilingan berbeda antara satu *roll* dengan *roll* lainnya, semakin maju maka kecepatan *roll* berikutnya akan lebih besar. Kecepatan giling serta jarak antar celah dapat mempengaruhi hasil gilingan lembaran. Kapastias mesin giling (*sheeter six in one*) yaitu dapat memproduksi 250-300 kg karet kering per jam.

2.12 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian mengenai perawatan mesin menggunakan pendekatan RCM yang sudah dilakukan sebelumnya. Dalam beberapa penelitian tersebut, terdapat beberapa perbedaan yang dapat dijadikan sebagai sumber referensi dalam penulisan penelitian ini seperti perbedaan objek penelitian atau mesin yang diteliti, variabel yang diteliti, dan tujuan dari penelitian. Berikut ini merupakan data penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi dalam penulisan penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Objek	Metode	Hasil
1	Larasati (2021)	Mesin <i>Automatic Bottle Filling</i> pada PT. Sanbe Farma Unit I	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Dengan menggunakan Metode RCM (<i>Reliability Centered Maintenance</i>) dapat menentukan interval waktu perawatan pada beberapa komponen kritis seperti <i>roll</i> (198,32 jam), <i>Plate</i> (225,93 jam), dan <i>bearing</i> (150,04 jam). Berdasarkan interval waktu perawatan terjadi penurunan <i>downtime</i> pada komponen <i>roll</i> sebesar 21,56%, <i>plate</i> sebesar 13,72%, dan <i>bearing</i> sebesar 15,24%.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Peneliti (Tahun)	Objek	Metode	Hasil
2	Panjaitan (2017)	Pompa Sentrifugal di PDAM Tirtanadi Sunggal	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Hasil pemilihan tindakan perawatan pada bearing berdasarkan penyusunan pemilihan tindakan yang direncanakan adalah perawatan Conditional Direct (C.D). Nilai laju kegagalan tertinggi 0.000154 pada komponen <i>gland packing</i> pompa RWP IV No.11 dengan nilai kehandalan 2.03% serta nilai laju kegagalan terendah 0.0000482 pada komponen <i>gland packing, casing wearing ring</i> dan <i>impeller</i> pada pompa FWP Q1 No.4 dengan nilai kehandalan 36,85%
3	Suryanegara (2021)	Mesin CNC 3 Axis Double Coloumn PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	Data interval waktu preventive maintenance untuk mesin Hartford 3150 selama 20 hari Hartford 3210 selama 56 hari, dan Hartford 4210 selama 35 hari. Total biaya pemeliharaan untuk satu tahun, mesin Hartford 3150 senilai Rp. 61.466.925,00, Hartford 3210 senilai Rp. 42.526.191,00, Hartford 4210 senilai Rp. 35.288.601,00. Persediaan spare part dalam jangka waktu satu tahun untuk part flexible coupling sebanyak 24 pcs, bearing sebanyak 9 pcs, oil seal sebanyak 12 pcs, dan air hose pneumatic sepanjang 50 meter

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IX unit Kebun Getas yang berlokasi di Jl. Raya Beringin, Getas, Kauman Lor, Kec. Pabelan, Kota Salatiga, Jawa Tengah. Objek yang diteliti yaitu mesin Giling (*Sheeter Six in One*). Fungsi dari mesin giling tersebut yaitu melakukan penggilingan karet dari bentuk slab menjadi bentuk lembaran. Mesin ini terdiri atas 6 Mangel yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu:

- a) Mangel Belimbing (4 buah), berfungsi untuk menipiskan slab dan membentuk lembaran yang melebar.
- b) Mangel Alusan (1 buah), berfungsi untuk membentuk dasaran halus dan mengurangi kandungan kadar air dalam lateks.
- c) Mangel Batikan atau *Finishing* (1 buah), berfungsi untuk membentuk alur pada tiap lembaran karet.

Mesin ini menggunakan penggerak elektromotor yang memiliki sumber tenaga listrik dari PLN. Walaupun sumber tenaga listrik berasal dari PLN, namun perusahaan memiliki mesin genset yang dapat digunakan ketika terjadi pemadaman listrik oleh pihak PLN. Alur proses kerja mesin giling (*sheeter six in one*) yaitu adanya aliran listrik dari trafo PLN yang disambungkan dengan panel kontrol pada tiap mesin. Pada panel kontrol ini terdapat tombol *Power ON*, *Power OFF*, dan *Emergency*. Tombol *Power ON* memiliki fungsi untuk membuka aliran listrik sehingga mesin dapat menyala sedangkan tombol *Power OFF* memiliki fungsi untuk menutup atau memutus aliran listrik sehingga mesin akan mati. Tombol *Emergency* memiliki fungsi untuk menutup aliran listrik secara langsung yang berguna untuk mematikan mesin secara paksa ketika terjadi kerusakan atau adanya kesalahan. Panel kontrol akan mengalirkan listrik menuju mesin penggerak atau elektromotor yang akan menghasilkan energi gerak putar dan akan dialirkan ke mesin mangel dengan perantara kopel untuk menggerakkan salah satu mangel dan setelah itu gerakan putar akan dialirkan terhadap lima *mangel* lainnya dengan menggunakan rantai dan *gear* sebagai media penghubung.

Energi gerak putar akan menggerakkan *mangel* bagian atas dan bawah yang sudah diatur ketebalannya dan kemudian akan menipiskan *slab*. Terdapat selang pada tiap *mangel* yang berfungsi untuk mengaliri air untuk mencegah terjadinya karet yang lengket terhadap *mangel*. Hasil akhir gilingan yaitu berupa lembaran karet yang berpola dengan ketebalan sesuai standar perusahaan yaitu 2,5-3,5 mm. Mesin ini dapat menghasilkan satu lembar karet gilingan dalam waktu 15 – 17 Detik. Mesin ini memiliki standar menggiling per harinya yaitu sebanyak 30 bak dalam satu hari proses produksi atau lebih tepatnya selama 7 jam produksi. Jika melebihi 30 bak atau 7 jam maka akan ditetapkan sebagai jam lembur dan operator akan dikenakan biaya lembur. Kapastias mesin giling (*sheeter six in one*) yaitu dapat memproduksi 250-300 kg karet kering per jam. Berikut ini merupakan gambar dari Mesin Giling (*Sheeter Six in One*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin Giling (*Sheeter Six in One*)

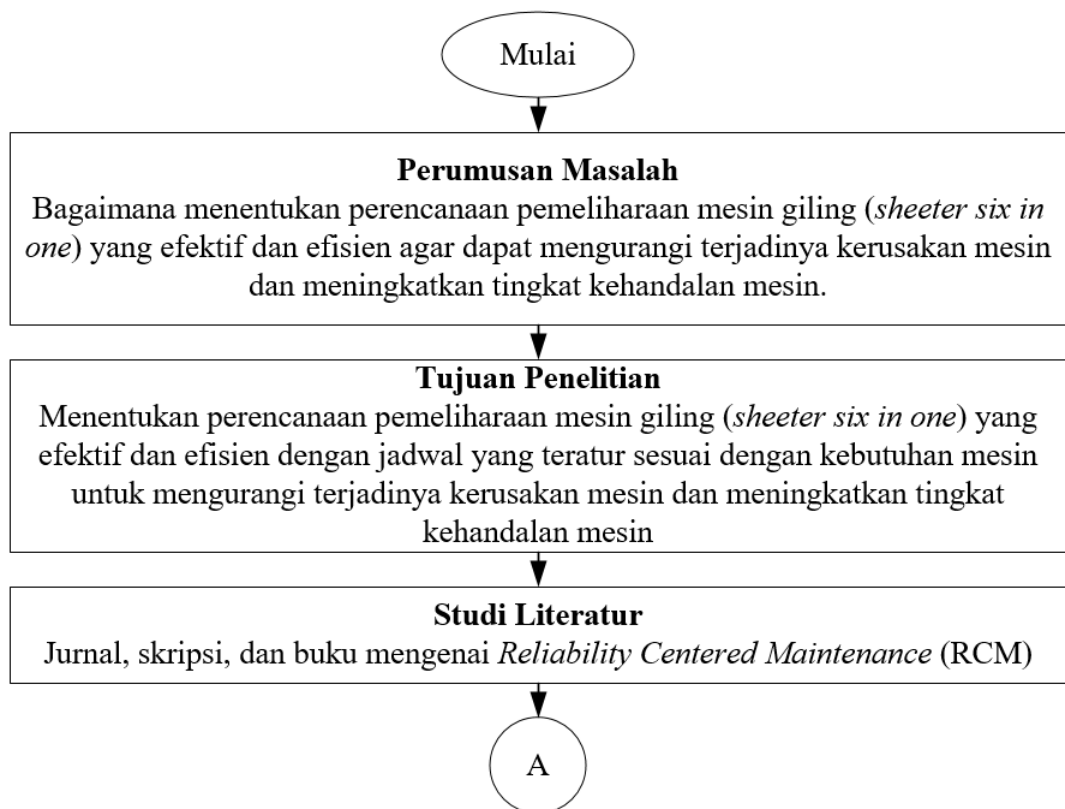
Penelitian ini berfokus pada perencanaan pemeliharaan mesin yang tepat agar dapat mengurangi terjadinya kerusakan mesin, meningkatkan tingkat kehandalan mesin dan juga meminimasi biaya pemeliharaan Mesin Giling (*Sheeter Six in One*).

3.2 Pengumpulan Data

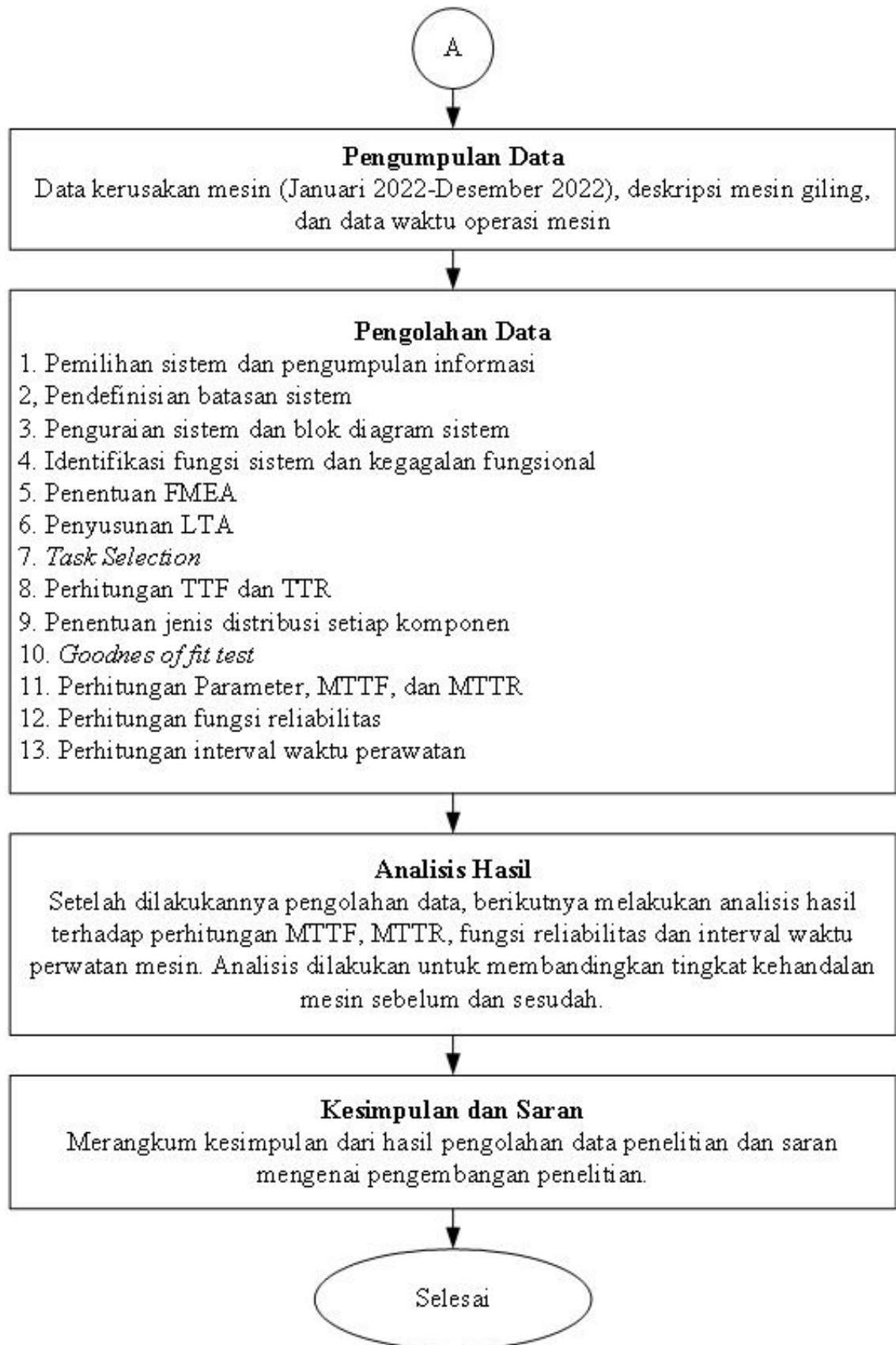
Proses pengambilan data yang dibutuhkan dilakukan dengan melakukan observasi, wawancara, dan juga dokumentasi. Data yang diambil yaitu data kerusakan mesin (periode Januari 2022- Desember 2022), Deskripsi mesin giling, Data jadwal perawatan mesin, dan data waktu operasi mesin. Selain data dari perusahaan, penelitian ini juga menggunakan teori-teori dari beberapa literatur seperti jurnal, skripsi dan buku.

3.3 Kerangka Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian (Lanjutan)

3.4 Diagram Alir Pengolahan Data

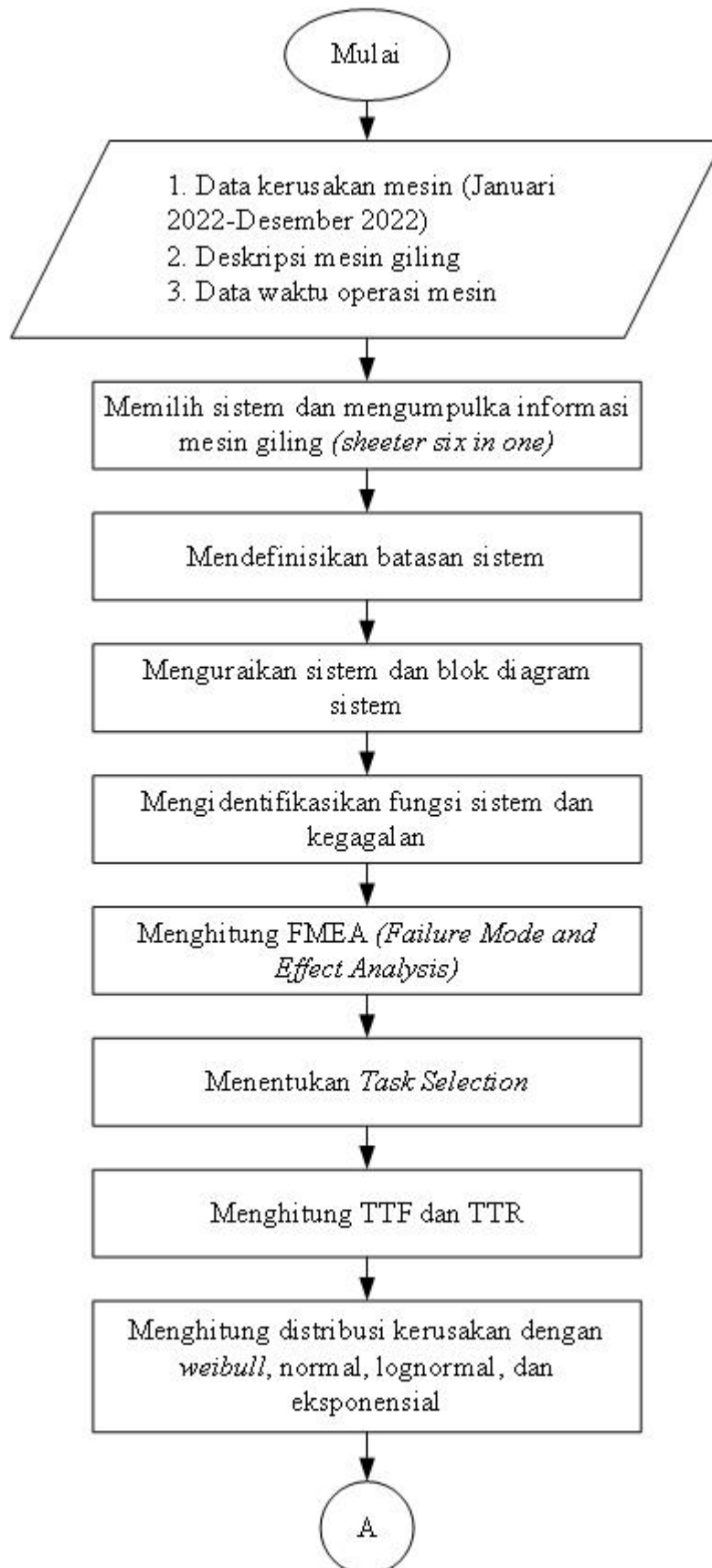
Tahap-tahap pengolahan data dalam penelitian ini yaitu:

1. Memilih sistem dan mengumpulkan informasi. Langkah ini merupakan langkah awal untuk menentukan sistem dan informasi mengenai sistem. Sistem dan informasi yang digunakan yaitu sistem kerja mesin giling (*sheeter six in one*).
2. Mendefinisikan batasan sistem dengan menjelaskan sistem dan sub sistem pada mesin giling (*sheeter six in one*).
3. Menguraikan sistem dan blok diagram sistem dengan mengidentifikasi fungsi apa saja yang perlu untuk dipertahankan oleh sistem kerja mesin giling (*sheeter six in one*).
4. Mengidentifikasi fungsi sistem dan kegagalan fungsional adalah kegiatan analisis kegagalan fungsi dari mesin giling (*sheeter six in one*).
5. Menghitung FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) pada mesin giling (*sheeter six in one*) dengan menulis proses atau komponen mesin yang menjelaskan potensi kegagalan dan efek kegagalan lalu membuat peringkat kegagalan dalam bentuk tabel dan identifikasi penyebab kegagalan dengan menggunakan Persamaan (2.1) kemudian menyortir nilai RPN dan menetapkan tindakan spesifik yang akan dilakukan.
6. Menyusun LTA (*Logic Tree Analysis*) pada mesin giling (*sheeter six in one*) dengan memberi prioritas setiap kerusakan dan meninjau fungsi dan kegagalan fungsi pada mesin giling (*sheeter six in one*).
7. Menentukan *Task Selection* pada mesin giling (*sheeter six in one*) dilakukan dengan melakukan identifikasi tindakan-tindakan pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan berdasarkan hasil LTA.
8. Menghitung TTF (*Time to Failure*) atau waktu kegagalan saat mesin mulai beroperasi hingga mengalami kegagalan dan menghitung TTR (*Time to Repair*) atau waktu perbaikan yang diperlukan terhadap komponen agar dapat berfungsi kembali normal pada mesin giling (*sheeter six in one*).
9. Menentukan jenis distribusi kerusakan dengan menggunakan *least squares curve fitting* untuk menentukan *index of fit* dari setiap distribusi. Nilai *index of fit* tertinggi dari distribusi tertentu akan dipilih sebagai jenis distribusi dari

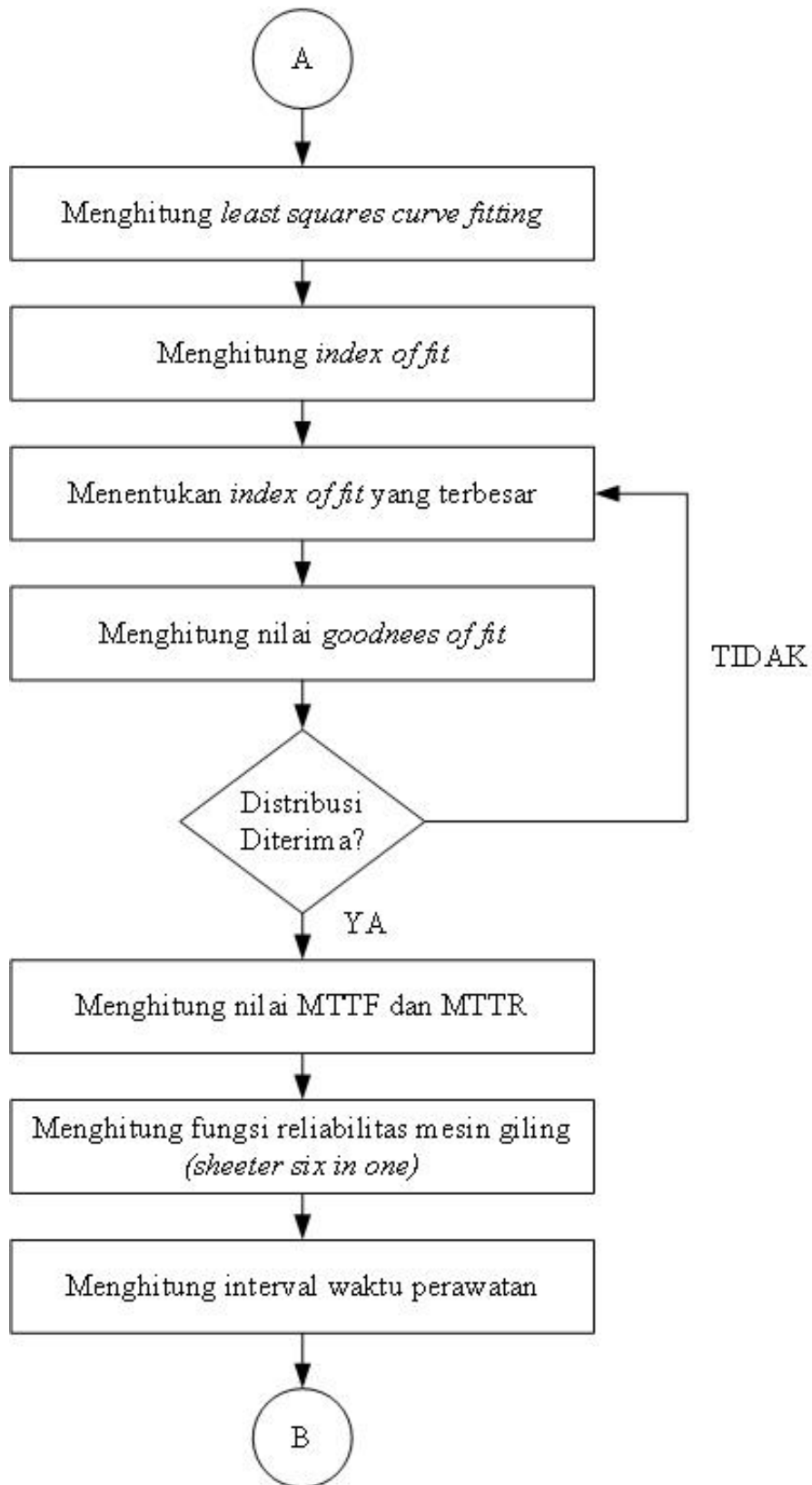
distribusi kerusakan komponen. Distribusi yang digunakan yaitu *Weibull*, normal, lognormal, dan eksponensial.

10. Menguji *Goodness of fit test* terhadap nilai *index of fit* yang terbesar dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. *Mann's test* persamaan yang digunakan yaitu Persamaan (2.12) hingga (2.16) untuk distribusi *Weibull*.
 - b. *Bartlett's test* persamaan yang digunakan yaitu Persamaan (2.17) untuk distribusi eksponensial.
 - c. *Kolmogorov smirnov test* persamaan yang digunakan yaitu Persamaan (2.18) hingga (2.20) untuk distribusi normal dan lognormal.
11. MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*) dalam komponen kritis berdasarkan distribusi yang telah ditentukan. Perhitungan MTTF dan MTTR menggunakan Persamaan (2.21) hingga (2.24).
12. Menghitung fungsi tingkat kehandalan mesin pada mesin giling (*sheeter six in one*) menggunakan Persamaan (2.25) hingga (2.32).
13. Menghitung interval waktu perawatan menggunakan Persamaan (2.33) hingga (2.36).

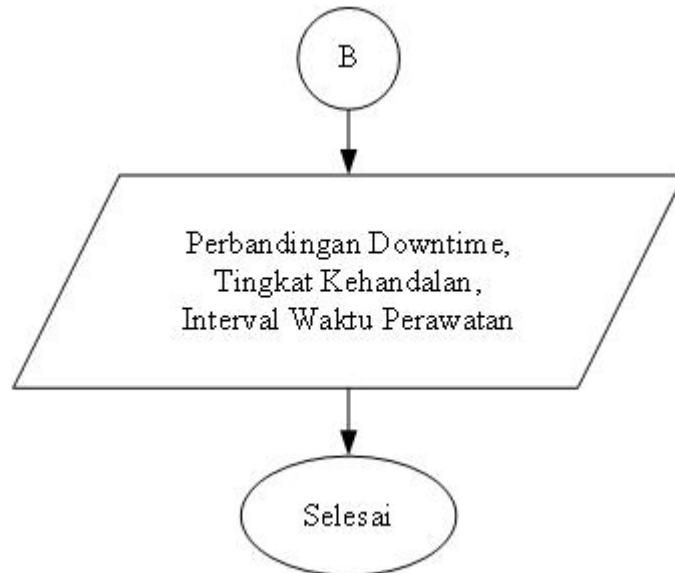
Berikut ini merupakan kerangka pengolahan data dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka Pengolahan Data



Gambar 3.2 Kerangka Pengolahan Data (Lanjutan)



Gambar 3.2 Kerangka Pengolahan Data (Lanjutan)

3.5 Tahap Analisis Hasil

Setelah dilakukan pengolahan data, maka berikutnya yaitu melakukan analisa terhadap hasil perhitungan MTTF, MTTR, availabilitas, fungsi reliabilitas dan interval waktu perawatan mesin. Kegiatan analisa ini dilakukan sebagai bentuk perbandingan tingkat keandalan mesin giling (*sheeter six in one*) saat sebelum dan sesudah menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu merangkum hasil penelitian dan memberikan saran mengenai hasil penelitian agar selanjutnya dapat dikembangkan oleh peneliti berikutnya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Waktu Operasi Mesin

Waktu proses produksi karet pada Kebun Getas PTPN IX memiliki waktu yang berbeda-beda tiap departemen produksinya. Waktu produksi dimulai pukul 08.00 WIB yaitu proses pembekuan lateks hingga pukul 23.00 WIB yaitu berakhirnya proses penggilingan karet. Waktu operasi proses penggilingan karet yaitu setiap hari sebanyak 1 *shift* dengan waktu operasi mulai dari pukul 16.00 WIB hingga pukul 23.00 WIB (7 jam). Dalam 1 *shift* mesin Giling (*sheeter six in one*) dapat memproduksi lembaran karet sebanyak 4700 kg.

4.1.2 Data Perawatan Mesin

Berikut ini merupakan data perawatan mesin giling (*sheeter six in one*) periode Januari 2022-Desember 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Data perawatan mesin giling I

No	Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	Waktu Perbaikan
1	Roll Mangel Finishing	7 Maret 2022	19:00	8 Maret 2022	19:30	1:00	5,5
2	Bearing 1209	7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00	1,5
3	Kopel	7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00	1,5
4	Roll Mangel Finishing	22 Juni 2022	21:00	23 Juni 2022	21:30	2:30	5
5	Bearing 1209	22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	1,5
6	Kopel	22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	1,5
7	Gear Kopel	28 Juni 2022	16:30	28 Juni 2022	17:00	19:00	2
<i>Total Downtime</i>							18,5

Tabel 4.2 Data perawatan mesin giling II

No	Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	Waktu Perbaikan
1	Roll Mangel Alusan (3 dan 4)	15 Maret 2022	20:00	16 Maret 2022	20:30	1:30	5
2	Bearing 1209	15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00	2,5
3	Kopel	15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00	2,5
4	Roll Mangel Finishing	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	13:00	5,5
5	Bearing 1209	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	2
6	Kopel	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	2
7	Roll Mangel Finishing	14 Juli 2022	18:30	15 Juli 2022	19:00	1:00	6
8	Bearing 1209	14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	2
9	Kopel	14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	2
10	Bearing 1209	30 Juli 2022	21:00	30 Juli 2022	21:30	23:00	1,5
11	Bearing 1209	21 September 2022	21:30	21-Sep-22	22:00	23:30	1,5
12	As Roll Mangel	7 November 2022	19:30	7 November 2022	20:00	23:30	3,5
13	Bearing 1209	7 November 2022	19:30	7 November 2022	20:00	22:00	2
14	Seal As	7 November 2022	19:30	7 November 2022	20:00	22:00	2
15	Roll Mangel Blimbingan	21 November 2022	20:00	22 November 2022	20:30	1:30	5
16	Bearing 1209	21 November 2022	20:00	21 November 2022	20:30	23:30	3
17	Kopel	21 November 2022	20:00	21 November 2022	20:30	23:30	3
18	Roll Mangel Alusan	21 November 2022	21:00	22 November 2022	8:00	13:00	5
<i>Total Downtime</i>						56	

Tabel 4.3 Data perawatan mesin giling III

No	Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	Waktu Perbaikan
1	Bearing 1209	21 Februari 2022	20:00	21 Februari 2022	20:30	22:30	2
2	As Roll Mangel	4 Agustus 2022	19:00	4 Agustus 2022	19:30	23:30	4
3	Bearing 1209	4 Agustus 2022	19:00	4 Agustus 2022	19:30	21:00	1,5
4	As Roll Mangel	5 September 2022	18:30	5 September 2022	19:00	23:00	4
5	Bearing 1209	5 September 2022	18:30	5 September 2022	19:00	21:30	2,5
6	Roll Mangel Finishing	13 September 2022	20:30	14 September 2022	21:00	4:00	7
7	Bearing 1209	13 September 2022	20:30	13 September 2022	21:00	23:30	2,5
8	Kopel	13 September 2022	20:30	13 September 2022	21:00	23:30	2,5

Tabel 4.3 Data perawatan mesin giling III (Lanjutan)

No	Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	Waktu Perbaikan
10	Bearing 1209	26 September 2022	19:30	26 September 2022	20:00	22:00	2
11	Seal As	26 September 2022	19:30	26 September 2022	20:00	22:00	2
12	Bearing 1209	2 November 2022	22:00	2 November 2022	22:30	1:00	2,5
13	Seal As	2 November 2022	22:00	2 November 2022	22:30	1:00	2,5
<i>Total Downtime</i>						37,5	

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Data Downtime Mesin

Unit kebun getas PTPN IX memiliki 3 mesin giling (*sheeter six in one*) yang beroperasi dalam melakukan proses penggilingan karet. Karena setiap mesin giling memiliki karakteristik dan kapasitas yang sama maka dalam perhitungan perencanaan pemeliharaan mesin data kerusakan tiap mesin giling dijadikan satu menjadi satu data. *Downtime* pada mesin giling unit kebun getas PTPN IX dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data *downtime* mesin giling

Nama Mesin	<i>Downtime</i> (Jam)	% <i>Downtime</i>
Mesin Giling I	18,5	16,52
Mesin Giling II	56	50
Mesin Giling III	37,5	33,48
Jumlah	112	100

Perhitungan persentase *downtime* mesin giling yaitu sebagai berikut:

$$\text{Jumlah} = 18,5 + 56 + 37,5 = 112 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Downtime} &= \frac{\text{Downtime mesin giling}}{\text{Jumlah Downtime}} \times 100\% \\ &= \frac{56}{112} \times 100\% = 50\% \end{aligned}$$

4.2.2 Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi

Sistem mesin giling (*sheeter six in one*) memiliki fungsi untuk melakukan penggilingan atau penipisan lapisan bekuan atau slab menjadi bentuk lembaran karet yang memiliki pola atau alur. Sistem mesin giling ini terbagi menjadi 4 sub sistem seperti berikut ini:

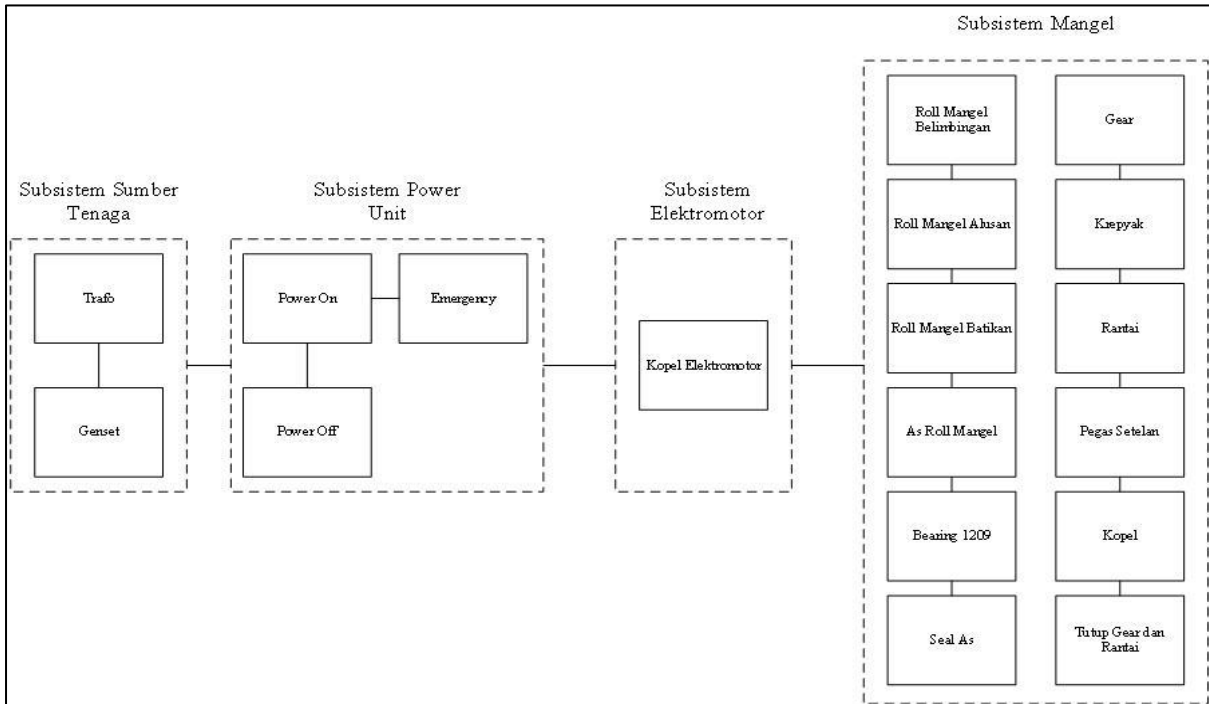
- a. Sub sistem Sumber Tenaga
- b. Sub sistem *Power Unit*
- c. Sub sistem Elektromotor
- d. Sub sistem *Mangel*

4.2.3 Pendefinisian Batasan Sistem

Batasan sistem memiliki fungsi untuk menentukan hierarki fungsional dari sistem dan sub sistem untuk mengetahui fungsi utama dari sistem yang sering mengalami kegagalan. Batasan sistem mesin giling dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Batasan sistem mesin giling

Sub Sistem	Komponen
Sumber Tenaga	Trafo Genset
<i>Power Unit</i>	<i>Power ON</i> <i>Power OFF</i> <i>Emergency</i>
Elektromotor	Kopel Elektromotor <i>Roll Mangel</i> Belimbingan <i>Roll Mangel</i> Alusan <i>Roll Mangel</i> Batikan As <i>Roll Mangel</i> Bearing 1209
<i>Mangel</i>	Seal As <i>Gear</i> Krepyak atau alas Rantai/Belt Pegas Setelan Kopel Tutup <i>Gear</i> dan Rantai



Gambar 4.1 Batasan sistem mesin Giling

Keterangan:

- = hubungan antar sub sistem
- - - - - = lingkup sub sistem
- = lingkup sistem

4.2.4 Penguraian Sistem Dan Blok Diagram Sistem

a. Uraian Sistem

Dalam menjalankan proses produksi mesin giling (*Sheeter Six in One*) memiliki sistem mesin yang terdiri dari beberapa sub sistem yang bekerja sebagai satu kesatuan. Berikut merupakan uraian sub sistem mesin giling (*Sheeter Six in One*), yaitu:

1) Sub Sistem Sumber Tenaga

Sub sistem sumber tenaga merupakan beberapa komponen yang bekerja untuk dapat menghasilkan energi listrik yang digunakan sebagai sumber penggerak mesin. Komponen yang terdapat dalam sub sistem sumber tenaga yaitu Trafo yang berasal dari PLN. Selain

menggunakan Trafo, perusahaan memiliki genset yang berfungsi sebagai cadangan jika terjadi masalah terhadap trafo PLN. Genset digunakan ketika listrik dari trafo PLN mengalami kerusakan atau perbaikan rutin yang dilakukan oleh pihak PLN. Pihak PLN akan memberikan surat edaran terlebih dahulu jika akan memadamkan listrik di daerah tersebut sehingga pihak perusahaan dapat mempersiapkan genset terlebih dahulu.

2) Sub Sistem *Power Unit*

Sub sistem *power unit* merupakan beberapa komponen yang mengatur keseluruhan mesin. Pada sub sistem ini terdapat sebuah panel kontrol yang dapat mengontrol mesin giling dengan beberapa tombol seperti tombol *Power On* untuk menghidupkan mesin, *Power Off* untuk mematikan mesin dan *emergency* untuk menghentikan secara langsung jika terjadi kesalahan atau kerusakan dalam proses produksi.

3) Sub Sistem Elektromotor

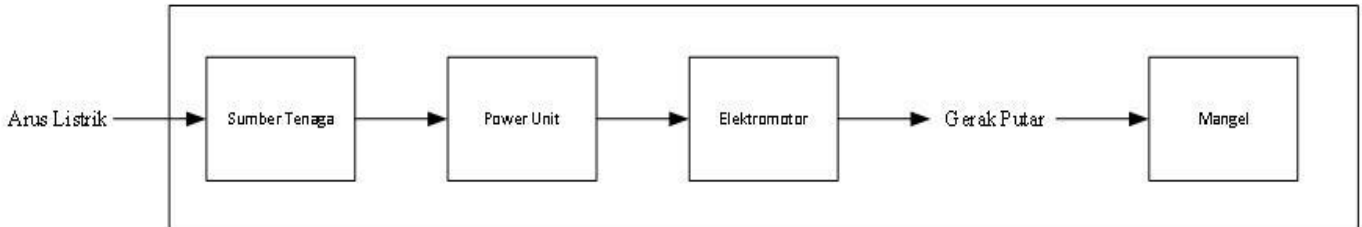
Sub sistem elektromotor merupakan motor penggerak yang menjadi sumber penggerak dari mesin giling. Elektromotor akan berputar yang akan menggerakkan komponen-komponen pada mesin giling.

4) Sub Sistem Mangel

Sub sistem mangel merupakan subsistem mesin utama atau beberapa komponen yang terdapat pada bagian penting pada mesin giling. Elektromotor akan menggerakkan rantai pada bagian samping mesin giling. Kemudian bagian rantai yang terhubung dengan gear akan menggerakkan as mangel dan menggerakkan mangel secara berputar.

b. Blok Diagram Sistem (FBD)

Blok Diagram Sistem atau FBD merupakan sistem yang digunakan untuk menggambarkan adanya hubungan antara sub sistem yang satu dengan sub sistem yang lainnya. Selain itu blok diagram juga dapat memberikan informasi seperti masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Blok diagram sistem

c. *Input dan Output*

Pada sistem yang terdapat pada mesin giling terdapat *input* berupa arus listrik yang berasal dari sumber PLN sedangkan *output* yaitu berupa gerak putar yang terjadi pada komponen *gear*, *bearing*, rantai, *as mangel*, dan *mangel*. Selain gerak putar mesin ini juga menghasilkan *output* berupa kalor atau panas.

d. *System Work Breakdown Structure (SWBS)*

SWBS merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menggambarkan himpunan peralatan dan merupakan level komponen dari *assembling*. SWBS mesin Giling (*Sheeter Six In One*) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 SWBS mesin giling (*sheeter six in one*)

Komponen	Part
<i>Roll Mangel</i>	<i>As Roll Mangel</i>
	<i>Bearing 1209</i>
	<i>Seal As</i>
	<i>Pegas Setelan</i>
	<i>Pipa talang air</i>
	<i>Tuas talang air</i>
<i>Penggerak Mangel</i>	<i>Krepyak</i>
	<i>Kopel</i>
	<i>Gear</i>
	<i>Rantai</i>
	<i>Penutup rantai</i>

4.2.5 Identifikasi Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsional

Identifikasi fungsi sistem dan kegagalan dilakukan untuk mengetahui pengaruh jika terjadi kerusakan atau kegagalan pada tiap-tiap sub sistem pada mesin giling. Uraian fungsi sistem dan kegagalan fungsional mesin Giling (*Sheeter Six In One*) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Fungsi sistem dan kegagalan fungsional mesin giling

Sub Sistem	Kode Fungsi	Uraian Fungsi	Kode Kegagalan	Uraian Kegagalan
Sumber Tenaga	1	Sumber tenaga listrik yang digunakan sebagai sumber tenaga penggerak mesin	1.1	Terjadi pemadaman listrik oleh PLN
			2.1	Tombol <i>ON</i> , <i>OFF</i> , dan <i>Emergency</i> mengalami kendala
<i>Powe Unit</i>	2	Pengontrol kelistrikan mesin	2.2	Kelistrikan pada panel mengalami kerusakan tidak mau menyala
			3.1	Kopel Elektromotor mengalami kerusakan atau aus.
<i>Elektromotor</i>	3	Motor penggerak yang menggerakkan komponen bagian <i>mangel</i>	4.1	<i>As roll mangel</i> patah
			4.2	<i>Roll Mangel</i> blimbingan, alusan, dan <i>finishing</i> mengalami aus
<i>Mangel</i>	4	Menggiling karet	4.3	Rantai pada bagian <i>gearbox</i> putus
			4.4	<i>Bearing</i> mengalami kerusakan
			4.5	Pegas setelan mengalami aus
			4.6	Pisau <i>Mangel</i> mengalami kerusakan
			4.7	Krepyak mengalami kerusakan atau patah
			4.8	<i>Seal As</i> mengalami kebocoran
			4.9	Kopel pada <i>mangel</i> mengalami aus
			4.10	Tutup <i>gear</i> dan rantai mengalami patah

4.2.6 Penentuan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Failure Mode and Effect Analysis merupakan analisis yang dilakukan dengan melakukan penulisan kondisi proses atau komponen pada mesin Giling (*Sheeter Six In One*) menggunakan tabel yang menunjukkan tingkat keparahan kerusakan atau *severity* (S), tingkat terjadinya kerusakan atau *occurrence* (O), dan tingkat kesulitan dalam mendeteksi kerusakan atau *detection* (D), potensi kegagalan dan egek kegagalan. Berdasarkan penentuan nilai pada tabel maka selanjutnya membuat peringkat kegagalan serta mengidentifikasi penyebab kegagalan lalu menyortir nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan menetapkan tindakan yang akan dilakukan. Tabel FMEA mesin Giling dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 FMEA mesin Giling

Sub Sistem	No	Komponen/Proses	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	RPN	
Sumber Tenaga	1	Genset	Terjadi korsleting	Mesin tidak dapat beroperasi	Proses produksi berhenti	3	3	1	9	
									Total RPN	9
Power Unit	2	<i>Power ON</i>	Tombol rusak	Arus pendek listrik	Mesin tidak dapat menyala	6	3	1	18	
	3	<i>Emergency</i>	Tombol rusak	Arus pendek listrik	Mesin tidak dapat dihentikan secara tiba-tiba	5	3	1	15	
									Total RPN	33
Elektromotor	4	Kopel Elektromotor	Kopel rusak	Kopel mengalami aus	<i>Mangel</i> tidak berputar	5	4	1	20	
									Total RPN	20
Mangel	5	<i>Roll Mangel Blimbingan</i>	<i>Mangel</i> blimbingan rusak	Lapisan <i>mangel</i> mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	7	3	1	21	
									Total RPN	21
	6	<i>Roll Mangel Alusan</i>	<i>Mangel</i> alusan rusak	Lapisan <i>mangel</i> mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	7	3	1	21	
								Total RPN	21	

Tabel 4.8 FMEA mesin Giling (Lanjutan)

Sub Sistem	No	Komponen/Proses	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	RPN
Mangel	7	Roll Mangel Finishing	Mangel finishing rusak	Lapisan mangel mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	7	5	1	35
								Total RPN	35
	8	As Roll Mangel	Batang as mangel patah	Pemasangan kurang presisi	Gerakan putar mangel menjadi tidak teratur bahkan berhenti	6	5	1	30
								Total RPN	30
	9	Bearing	Ball bearing aus	Kurang Pelumas	Putaran mangel menjadi tidak stabil	4	6	1	24
			Ball bearing pecah	Pemasangan kurang presisi	Mangel tidak dapat berputar	6	5	1	30
								Total RPN	54
	10	Seal As	Seal oil bocor	Seal oil pecah	Terjadi kebocoran oli pelumas	4	2	2	16
								Total RPN	16

Tabel 4.8 FMEA mesin Giling (Lanjutan)

Sub Sistem	No	Komponen/Proses	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	RPN
<i>Mangel</i>	11	<i>Gear</i>	Roda gigi mengalami aus	Kurang pelumas	Rantai tidak dapat berputar	8	3	1	24
								Total RPN	24
	12	Rantai	Rantai longgar	Rantai mulai mengalami aus	Gerak putar <i>mangel</i> menjadi tidak teratur	3	2	2	12
			Rantai putus	Kondisi rantai sudah tidak baik	Proses produksi menjadi berhenti	8	2	1	16
								Total RPN	28
	13	Krepyak	Krepyak patah	Lembaran karet tersangkut	Lembaran karet hasil gilingan menjadi rusak	5	3	1	15
								Total RPN	15
	14	Pegas Setelan	Pegas Setelan	Per pegas setelan rusak	Per pegas setelan tidak mengembang	5	6	1	30
								Total RPN	30

Tabel 4.8 FMEA mesin Giling (Lanjutan)

Sub Sistem	No	Komponen/Proses	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	RPN
<i>Mangel</i>	15	Kopel	Kopel rusak	Kopel mengalami aus	Proses produksi berhenti	6	6	1	36
	Total RPN								
	16	Tutup Gear dan Rantai	Penutup gear dan rantai patah	Rantai longgar	Hasil gilingan menjadi tidak rapi	2	2	1	4
Total RPN									4

Berdasarkan tabel FMEA, ditetapkan bahwa nilai total RPN yang paling tinggi terdapat pada *Bearing 1209* dengan nilai RPN sebesar 54, Kopel dengan nilai RPN sebesar 36, dan *Roll Mangel Finishing* dengan nilai sebesar 35.

4.2.7 Penyusunan LTA (*Logic Tree Analysis*)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) pada mesin Giling (*Sheeter Six In One*) dilakukan dengan cara memberikan prioritas pada setiap kerusakan dan melakukan peninjauan terhadap fungsi dan kegagalan fungsi pada mesin. Tabel LTA mesin Giling (*Sheeter Six In One*) dapat dilihat pada Tabel 4.9.

4.2.8 Task Selection

Task Selection merupakan tahap pemilihan tindakan berdasarkan tabel FMEA dan LTA. Pemilihan tindakan dibagi menjadi 2 yaitu *proactive task* dan *default action*. Pemilihan tindakan ditentukan dengan menggunakan *decision worksheet*. *Decision worksheet* mesin Giling 3 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 LTA mesin giling

Sub Sistem	Komponen	No	Function	No	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	E	S	O	C
Sumber Tenaga	Genset	1	Sumber tenaga listrik yang digunakan sebagai sumber tenaga penggerak mesin	1.1	Terjadi korsleting	Mesin tidak dapat beroperasi	Proses produksi berhenti	Y	Y	Y	B
Power Unit	Power ON	2	Penghubung arus listrik	2.1	Tombol rusak	Mesin tidak dapat menyala	Proses produksi berhenti	Y	N	Y	B
	Emergency	3	Menghentikan mesin secara tiba-tiba	3.1	Tombol rusak	Mesin tidak dapat dihentikan	Mesin menjadi lebih rusak	Y	Y	N	A
Elektromotor	Kopel	4	Penghubung gerak putar ke mesin <i>mangel</i>	4.1	Kopel aus	<i>Mangel</i> tidak berputar	Proses produksi berhenti	Y	N	Y	B
Mangel	Mangel Blimbingan	5	Menggiling <i>slab</i> menjadi bentuk lembaran karet	5.1	Lapisan <i>mangel</i> mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	Presentase produk cacat meningkat	Y	Y	Y	A
		6	Menipiskan dan menghaluskan lembaran karet	6.1	Lapisan <i>mangel</i> mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	Presentase produk cacat meningkat	Y	Y	Y	A
	Mangel Finishing	7	Menipiskan dan membentuk alur pada lembaran karet	7.1	Lapisan <i>mangel</i> mengalami aus	Hasil gilingan karet tidak sesuai standar	Presentase produk cacat meningkat	Y	Y	Y	A

abel 4.9 LTA mesin giling (Lanjutan)

Sub Sistem	Komponen	No	Function	No	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	E	S	O	C
Mangel	As Roll Mangel	8	Menciptakan gerak putar terhadap mangel	8.1	Batang as mangel patah	Gerakan putar mangel menjadi tidak teratur	Lembaran karet hasil gilingan menjadi rusak	N	N	Y	B
	Bearing	9	Menumpu agar tidak terjadi gesekan yang berlebihan	9.1	Ball bearing aus	Putaran menjadi langsung berhenti	Lembaran karet hasil gilingan menjadi rusak	Y	N	Y	B
				9.2	Ball bearing pecah	Pemasangan kurang presisi	Mangel tidak dapat berputar				
	Seal As	10	Mencegah oli atau pelumas mengalami kebocoran	10.1	Seal oil bocor	Oli pelumas habis	Terjadi gesekan kasar dalam putaran	N	N	N	C
	Gear	11	Penghantar gerak putar terhadap as mangel	11.1	Gear mengalami patah atau aus	Rantai tidak dapat berputar	Mangel tidak dapat berputar	Y	N	Y	B
	Rantai	12	Meneruskan gerak putar antar gear	12.1	Rantai longgar	Gerak putar rantai menjadi tidak teratur	Gerak putar mangel menjadi tidak teratur	N	N	N	D
				12.2	Rantai putus	Mangel tidak dapat berputar	Proses produksi menjadi berhenti	Y	N	Y	B

Tabel 4.9 LTA mesin giling (Lanjutan)

Sub Sistem	Komponen	No	Function	No	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	E	S	O	C
<i>Mangel</i>	Krepyak	13	Jalur penghubung penggilingan	13.1	Krepyak patah	Lembaran karet sulit untuk melewati <i>mangel</i>	Lembaran karet hasil gilingan menjadi rusak	Y	N	N	C
	Pegas Setelan	14	Mengatur ketinggian <i>mangel</i>	141	Per pegas setelan patah	Setelan ketinggian <i>mangel</i> menjadi berubah-ubah	Presentase produk cacat meningkat	N	N	Y	B
	Kopel	15	Penghantar gerak putar dari elektromotor	15.1	Kopel aus	<i>Mangel</i> tidak berputar	Proses produksi berhenti	Y	N	Y	B
	Tutup <i>gear</i> dan rantai	16	Melindungi <i>gear</i> dan rantai	16.1	Penutup <i>gear</i> dan rantai patah	Menagganggu perputaran rantai	Hasil gilingan menjadi tidak rapi	N	N	N	C

Keterangan: Y = Yes, N = No

Tabel 4.10 *Decision worksheet* mesin giling

Sub Sistem	Komponen	Information Refrence			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
									S1	S2	S3				
									O1	O2	O3				
									N1	N2	N3	H4	H5	S4	
50	Sumber Tenaga	Genset	1	1.1	1.1				Y	Y					<i>Scheduled On Condition Task</i>
	Power Unit	Power On	2	2.1	2.1				Y		Y				<i>Scheduled Restoration</i>
		Emergency	3	3.1	3.1		Y				Y				<i>Scheduled Restoration</i>
	Elektromotor	Kopel Elektromotor	4	4.1	4.1				Y			Y			<i>Scheduled Discard Task</i>
		Roll Mangel Belimbingan	5	5.1	5.1				Y	Y					<i>Scheduled On Condition Task</i>
	Mangel	Roll Mangel Alusan	6	6.1	6.1				Y	Y					<i>Scheduled On Condition Task</i>
		Roll Mangel Finishing	7	7.1	7.1				Y	Y					<i>Scheduled On Condition Task</i>
		As Roll Mangel	8	8.1	8.1				Y	Y					<i>Scheduled On Condition Task</i>

Tabel 4.10 *Decision worksheet* mesin giling (Lanjutan)

Sub Sistem	Komponen	Information Refrence			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	
		F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4		
									O1	O2	O3					
									N1	N2	N3					
51	Mangel	Bearing 1209	9	9.1	9.1				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
			9	9.2	9.2				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
		Seal As	10	10.1	10.1	Y						Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
		Gear	11	11.1	11.1				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
		Rantai	12	12.1	12.1	Y					Y					<i>Scheduled Restoration Task</i>
			12	12.2	12.2				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
		Krepyak	13	13.1	13.1				Y		Y					<i>Scheduled Restoration Task</i>
		Pegas Setelan	14	14.1	14.1				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
		Kopel	15	15.1	15.1				Y			Y				<i>Scheduled Discard Task</i>
	Tutup Gear dan Rantai	16	16.1	16.1	Y				Y						<i>Scheduled On Condition Task</i>	

4.2.9 Perhitungan TTF dan TTR

Pada langkah ini dilakukan perhitungan waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*). Berikut ini merupakan perhitungan TTF dan TTR pada mesin giling.

1) Mesin Giling

Perusahaan melakukan proses penggilingan hanya memiliki 1 *shift* saja yaitu mulai pukul 16:00 WIB hingga pukul 23:00 WIB setiap harinya.

- a. Contoh perhitungan TTF pada kerusakan tanggal 21 Februari 2022 hingga tanggal 7 Maret 2022 yaitu sebagai berikut

$$\begin{aligned} TTF_1 &= (\text{Selisih hari kerja} \times \text{total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama} \\ &\text{selesai} - \text{Jam selesai perbaikan tanggal 7 Maret 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan} \\ &\text{tanggal 22 Juni 2022} - \text{Jam shift} \\ &\text{dimulai}) \\ &= (105 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (19:00-16:00) \\ &= 735 \text{ jam} \end{aligned}$$

- b. Contoh perhitungan TTR pada kerusakan tanggal 7 Maret 2022 pada pukul 20:00 WIB hingga pukul 22:30 WIB yaitu sebagai berikut

$$\begin{aligned} TTR_1 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 8 Maret 2022} - \text{Jam mulai} \\ &\text{perbaikan tanggal 7 Maret 2022} \\ &= 01:00 - 19:30 \text{ WIB} \\ &= 5,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitunga TTF dan TTR pada kerusakan mesin giling dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 TTF dan TTR mesin giling

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	TTF (Jam)	TTR (Jam)
Mesin Giling I							
Roll Mangel Finishing	7 Maret 2022	19:00	8 Maret 2022	19:30	1:00		5,5
Bearing 1209	7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00	-	1,5
Kopel	7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00	-	1,5
Roll Mangel Finishing	22 Juni 2022	21:00	23 Juni 2022	21:30	2:30	735	5
Bearing 1209	22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	-	1,5
Kopel	22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	-	1,5
Gear Kopel	28 Juni 2022	16:30	28 Juni 2022	17:00	19:00	39	2
Mesin Giling II							
Roll Mangel Alusan (3 dan 4)	15 Maret 2022	20:00	16 Maret 2022	20:30	1:30	-	5
Bearing 1209	15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00	-	2,5
Kopel	15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00	-	2,5
Roll Mangel Finishing	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	13:00	666,5	5,5
Bearing 1209	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	-	2
Kopel	20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	-	2
Roll Mangel Finishing	14 Juli 2022	18:30	15 Juli 2022	19:00	1:00	173,5	6
Bearing 1209	14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	-	2
Kopel	14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	-	2
Bearing 1209	30 Juli 2022	21:00	30 Juli 2022	21:30	23:00	112	1,5
Bearing 1209	21-Sep-22	21:30	21-Sep-22	22:00	23:30	488,5	1,5
As Roll Mangel	7-Nov-22	19:30	7-Nov-22	20:00	23:30	326	3,5
Bearing 1209	7-Nov-22	19:30	7-Nov-22	20:00	22:00	-	2
Seal As	7-Nov-22	19:30	7-Nov-22	20:00	22:00	-	2
Roll Mangel Blimbingan	21-Nov-22	20:00	22-Nov-22	20:30	1:30	102,5	5
Bearing 1209	21-Nov-22	20:00	21-Nov-22	20:30	23:30	-	3
Kopel	21-Nov-22	20:00	21-Nov-22	20:30	23:30	-	3
Roll Mangel Alusan	21-Nov-22	21:00	22-Nov-22	8:00	13:00	-	5

Tabel 4.11 TTF dan TTR mesin giling (Lanjutan)

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	TTF (Jam)	TTR (Jam)
Mesin Giling III							
Bearing 1209	21 Februari 2022	20:00	21 Februari 2022	20:30	22:30		2
As Roll Mangel	4 Agustus 2022	19:00	4 Agustus 2022	19:30	23:30	1144,5	4
Bearing 1209	4 Agustus 2022	19:00	4 Agustus 2022	19:30	21:00	-	1,5
As Roll Mangel	5-Sep-22	18:30	5-Sep-22	19:00	23:00	221,5	4
Bearing 1209	5-Sep-22	18:30	5-Sep-22	19:00	21:30	-	2,5
Roll Mangel Finishing	13-Sep-22	20:30	14-Sep-22	21:00	4:00	62	7
Bearing 1209	13-Sep-22	20:30	13-Sep-22	21:00	23:30	-	2,5
Kopel	13-Sep-22	20:30	13-Sep-22	21:00	23:30	-	2,5
Bearing 1209	21-Sep-22	17:30	21-Sep-22	18:30	21:00	55,5	2,5
Bearing 1209	26-Sep-22	19:30	26-Sep-22	20:00	22:00	40,5	2
Seal As	26-Sep-22	19:30	26-Sep-22	20:00	22:00	-	2
Bearing 1209	2-Nov-22	22:00	3-Nov-22	22:30	1:00	49	2,5
Seal As	2-Nov-22	22:00	3-Nov-22	22:30	1:00	-	2,5

Perhitungan TTF dan TTR komponen kritis mesin giling yaitu *bearing 1209*, *kopel*, dan *roll mangel finishing* dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.10 Penentuan Jenis Distribusi Setiap Komponen

Tahap penentuan jenis distribusi kerusakan dilakukan dengan menggunakan metode *least squares curve fitting* untuk dapat menentukan *index of fit* dari tiap distribusi. Setelah dilakukan perhitungan, nilai *index of fit* terbesar akan dipilih sebagai jenis distribusi. Jenis distribusi yang digunakan adalah eksponensial, lognormal, normal, dan weibull.

1) Perhitungan *index of fit* pada mesin giling (TTF)

a. Distribusi Eksponensial

Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTF mesin giling

i	ti (jam)	xi = ti	Mesin giling				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	39	39	0,05	0,05	1,94	1521,00	0,00
2	40,5	40,5	0,12	0,13	5,09	1640,25	0,02
3	49	49	0,19	0,21	10,17	2401,00	0,04
4	55,5	55,5	0,26	0,30	16,48	3080,25	0,09
5	62	62	0,33	0,40	24,50	3844,00	0,16
6	102,5	102,5	0,40	0,50	51,65	10506,25	0,25
7	112	112	0,47	0,63	70,11	12544,00	0,39
8	173,5	173,5	0,53	0,77	132,75	30102,25	0,59
9	221,5	221,5	0,60	0,93	205,28	49062,25	0,86
10	326	326	0,67	1,12	365,01	106276,00	1,25
11	488,5	488,5	0,74	1,36	663,82	238632,25	1,85
12	666,5	666,5	0,81	1,67	1115,71	444222,25	2,80
13	735	735	0,88	2,14	1570,40	540225,00	4,57
14	1144,5	1144,5	0,95	3,02	3460,86	1309880,25	9,14
Total	4216	4216	7	13,21	7693,77	2753937,00	22,01
Index of fit	0,9873						

b. Distribusi Lognormal

Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTF mesin giling

i	ti (jam)	xi = ln ti	Mesin giling				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	39	3,66	0,05	-1,66	-6,08	13,42	2,75
2	40,5	3,70	0,12	-1,18	-4,39	13,70	1,40
3	49	3,89	0,19	-0,89	-3,45	15,15	0,79
4	55,5	4,02	0,26	-0,65	-2,62	16,13	0,43
5	62	4,13	0,33	-0,45	-1,86	17,03	0,20
6	102,5	4,63	0,40	-0,26	-1,22	21,44	0,07
7	112	4,72	0,47	-0,09	-0,41	22,26	0,01
8	173,5	5,16	0,53	0,09	0,45	26,59	0,01
9	221,5	5,40	0,60	0,26	1,43	29,16	0,07
10	326	5,79	0,67	0,45	2,60	33,49	0,20
11	488,5	6,19	0,74	0,65	4,04	38,33	0,43
12	666,5	6,50	0,81	0,89	5,77	42,28	0,79
13	735	6,60	0,88	1,18	7,82	43,56	1,40
14	1144,5	7,04	0,95	1,66	11,68	49,60	2,75
Total	4216	71,42803	7	0,00	13,76	382,14	11,29
Index of fit	0,9730						

c. Distribusi Normal

Perhitungan *index of fit* distribusi normal mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTF mesin giling

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	39	39	0,049	-1,66	-64,7	1521,00	2,75
2	40,5	40,5	0,118	-1,18	-48,0	1640,25	1,40
3	49	49	0,188	-0,89	-43,5	2401,00	0,787029017
4	55,5	55,5	0,257	-0,65	-36,2	3080,25	0,43
5	62	62	0,326	-0,45	-27,9	3844,00	0,20
6	102,5	102,5	0,396	-0,26	-27,1	10506,25	0,07
7	112	112	0,465	-0,09	-9,8	12544,00	0,01
8	173,5	173,5	0,535	0,09	15,1	30102,25	0,01
9	221,5	221,5	0,604	0,26	58,5	49062,25	0,07
10	326	326	0,674	0,45	146,7	106276,00	0,20
11	488,5	488,5	0,743	0,65	318,9	238632,25	0,43
12	666,5	666,5	0,813	0,89	591,3	444222,25	0,79
13	735	735	0,882	1,18	870,8	540225,00	1,40
14	1144,5	1144,5	0,951	1,66	1898,1	1309880,25	2,75
Total	4216	4216	7	0,00	3642,30	2753937,00	11,29
Index of fit	0,8896						

d. Distribusi Weibull

Perhitungan *index of fit* distribusi weibull mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTF mesin giling

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	39	3,66	0,05	-3,00	-10,99	13,42	8,99
2	40,5	3,70	0,12	-2,07	-7,68	13,70	4,30
3	49	3,89	0,19	-1,57	-6,12	15,15	2,47
4	55,5	4,02	0,26	-1,21	-4,88	16,13	1,47
5	62	4,13	0,33	-0,93	-3,83	17,03	0,86
6	102,5	4,63	0,40	-0,69	-3,17	21,44	0,47
7	112	4,72	0,47	-0,47	-2,21	22,26	0,22
8	173,5	5,16	0,53	-0,27	-1,38	26,59	0,07
9	221,5	5,40	0,60	-0,08	-0,41	29,16	0,01
10	326	5,79	0,67	0,11	0,65	33,49	0,01
11	488,5	6,19	0,74	0,31	1,90	38,33	0,09
12	666,5	6,50	0,81	0,52	3,35	42,28	0,27
13	735	6,60	0,88	0,76	5,01	43,56	0,58
14	1144,5	7,04	0,95	1,11	7,79	49,60	1,22
Total	4216	71,43	7,00	-7,49	-21,96	382,14	21,04
Index of fit	0,9341						

2) Perhitungan *index of fit* pada mesin giling (TTR)

a. Distribusi Eksponensial

Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR mesin giling

i	Mesin giling						
	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	1,5	0,02	0,02	0,03	2,25	0,00
2	1,5	1,5	0,04	0,05	0,07	2,25	0,00
3	1,5	1,5	0,07	0,07	0,11	2,25	0,01
4	1,5	1,5	0,10	0,10	0,15	2,25	0,01
5	1,5	1,5	0,12	0,13	0,20	2,25	0,02
6	1,5	1,5	0,15	0,16	0,24	2,25	0,03
7	1,5	1,5	0,17	0,19	0,29	2,25	0,04
8	2	2	0,20	0,22	0,45	4,00	0,05
9	2	2	0,23	0,26	0,51	4,00	0,07
10	2	2	0,25	0,29	0,58	4,00	0,08
11	2	2	0,28	0,33	0,65	4,00	0,11
12	2	2	0,30	0,36	0,73	4,00	0,13
13	2	2	0,33	0,40	0,80	4,00	0,16
14	2	2	0,36	0,44	0,88	4,00	0,19
15	2	2	0,38	0,48	0,97	4,00	0,23
16	2	2	0,41	0,53	1,05	4,00	0,28
17	2	2	0,43	0,57	1,14	4,00	0,33
18	2,5	2,5	0,46	0,62	1,54	6,25	0,38
19	2,5	2,5	0,49	0,67	1,67	6,25	0,45
20	2,5	2,5	0,51	0,72	1,80	6,25	0,52
21	2,5	2,5	0,54	0,77	1,94	6,25	0,60
22	2,5	2,5	0,57	0,83	2,08	6,25	0,69
23	2,5	2,5	0,59	0,89	2,24	6,25	0,80
24	2,5	2,5	0,62	0,96	2,40	6,25	0,92
25	2,5	2,5	0,64	1,03	2,58	6,25	1,06
26	3	3	0,67	1,11	3,32	9,00	1,22
27	3	3	0,70	1,19	3,57	9,00	1,41
28	3,5	3,5	0,72	1,28	4,47	12,25	1,63
29	4	4	0,75	1,38	5,50	16,00	1,89
30	4	4	0,77	1,48	5,94	16,00	2,20
31	5	5	0,80	1,61	8,03	25,00	2,58
32	5	5	0,83	1,75	8,73	25,00	3,05

Tabel 4.16 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR mesin giling (Lanjutan)

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
33	5	5	0,85	1,91	9,54	25,00	3,64
34	5	5	0,88	2,10	10,50	25,00	4,41
35	5,5	5,5	0,90	2,34	12,87	30,25	5,47
36	5,5	5,5	0,93	2,65	14,60	30,25	7,05
37	6	6	0,96	3,12	18,70	36,00	9,72
38	7	7	0,98	4,00	28,03	49,00	16,04
Total	112,00	112,00	19,00	37,01	158,90	413,50	67,48
Index of fit	0,9730						

b. Distribusi Lognormal

Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR mesin giling

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	0,41	0,02	-2,09	-0,85	0,16	4,38
2	1,5	0,41	0,04	-1,70	-0,69	0,16	2,90
3	1,5	0,41	0,07	-1,47	-0,60	0,16	2,17
4	1,5	0,41	0,10	-1,30	-0,53	0,16	1,70
5	1,5	0,41	0,12	-1,16	-0,47	0,16	1,35
6	1,5	0,41	0,15	-1,04	-0,42	0,16	1,09
7	1,5	0,41	0,17	-0,94	-0,38	0,16	0,88
8	2	0,69	0,20	-0,84	-0,58	0,48	0,71
9	2	0,69	0,23	-0,75	-0,52	0,48	0,56
10	2	0,69	0,25	-0,67	-0,46	0,48	0,44
11	2	0,69	0,28	-0,59	-0,41	0,48	0,34
12	2	0,69	0,30	-0,51	-0,35	0,48	0,26
13	2	0,69	0,33	-0,44	-0,30	0,48	0,19
14	2	0,69	0,36	-0,37	-0,25	0,48	0,13
15	2	0,69	0,38	-0,30	-0,21	0,48	0,09
16	2	0,69	0,41	-0,23	-0,16	0,48	0,05
17	2	0,69	0,43	-0,16	-0,11	0,48	0,03
18	2,5	0,92	0,46	-0,10	-0,09	0,84	0,01
19	2,5	0,92	0,49	-0,03	-0,03	0,84	0,00
20	2,5	0,92	0,51	0,03	0,03	0,84	0,00
21	2,5	0,92	0,54	0,10	0,09	0,84	0,01
22	2,5	0,92	0,57	0,16	0,15	0,84	0,03
23	2,5	0,92	0,59	0,23	0,21	0,84	0,05
24	2,5	0,92	0,62	0,30	0,27	0,84	0,09
25	2,5	0,92	0,64	0,37	0,34	0,84	0,13
26	3	1,10	0,67	0,44	0,48	1,21	0,19
27	3	1,10	0,70	0,51	0,56	1,21	0,26
28	3,5	1,25	0,72	0,59	0,74	1,57	0,34

Tabel 4.17 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR mesin giling (Lanjutan)

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
29	4	1,39	0,75	0,67	0,92	1,92	0,44
30	4	1,39	0,77	0,75	1,04	1,92	0,56
31	5	1,61	0,80	0,84	1,35	2,59	0,71
32	5	1,61	0,83	0,94	1,51	2,59	0,88
33	5	1,61	0,85	1,04	1,68	2,59	1,09
34	5	1,61	0,88	1,16	1,87	2,59	1,35
35	5,5	1,70	0,90	1,30	2,22	2,91	1,70
36	5,5	1,70	0,93	1,47	2,51	2,91	2,17
37	6	1,79	0,96	1,70	3,05	3,21	2,90
38	7	1,95	0,98	2,09	4,07	3,79	4,38
Total	112,00	36,91	19,00	0,00	15,68	43,67	34,57
Index of fit	0,9532						

c. Distribusi Normal

Perhitungan *index of fit* distribusi normal mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR mesin giling

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	1,5	0,02	-2,09	-3,1	2,25	4,38
2	1,5	1,5	0,04	-1,70	-2,6	2,25	2,90
3	1,5	1,5	0,07	-1,47	-2,2	2,25	2,17
4	1,5	1,5	0,10	-1,30	-2,0	2,25	1,70
5	1,5	1,5	0,12	-1,16	-1,7	2,25	1,35
6	1,5	1,5	0,15	-1,04	-1,6	2,25	1,09
7	1,5	1,5	0,17	-0,94	-1,4	2,25	0,88
8	2	2	0,20	-0,84	-1,7	4	0,71
9	2	2	0,23	-0,75	-1,5	4	0,56
10	2	2	0,25	-0,67	-1,3	4	0,44
11	2	2	0,28	-0,59	-1,2	4	0,34
12	2	2	0,30	-0,51	-1,0	4	0,26
13	2	2	0,33	-0,44	-0,9	4	0,19
14	2	2	0,36	-0,37	-0,7	4	0,13
15	2	2	0,38	-0,30	-0,6	4	0,09
16	2	2	0,41	-0,23	-0,5	4	0,05
17	2	2	0,43	-0,16	-0,3	4	0,03
18	2,5	2,5	0,46	-0,10	-0,2	6,25	0,01
19	2,5	2,5	0,49	-0,03	-0,1	6,25	0,00
20	2,5	2,5	0,51	0,03	0,1	6,25	0,00
21	2,5	2,5	0,54	0,10	0,2	6,25	0,01
22	2,5	2,5	0,57	0,16	0,4	6,25	0,03
23	2,5	2,5	0,59	0,23	0,6	6,25	0,05
24	2,5	2,5	0,62	0,30	0,7	6,25	0,09

Tabel 4.18 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR mesin giling (Lanjutan)

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
25	2,5	2,5	0,64	0,37	0,9	6,25	0,13
26	3	3	0,67	0,44	1,3	9	0,19
27	3	3	0,70	0,51	1,5	9	0,26
28	3,5	3,5	0,72	0,59	2,1	12,25	0,34
29	4	4	0,75	0,67	2,7	16	0,44
30	4	4	0,77	0,75	3,0	16	0,56
31	5	5	0,80	0,84	4,2	25	0,71
32	5	5	0,83	0,94	4,7	25	0,88
33	5	5	0,85	1,04	5,2	25	1,09
34	5	5	0,88	1,16	5,8	25	1,35
35	5,5	5,5	0,90	1,30	7,2	30,25	1,70
36	5,5	5,5	0,93	1,47	8,1	30,25	2,17
37	6	6	0,96	1,70	10,2	36	2,90
38	7	7	0,98	2,09	14,6	49	4,38
Total	112,00	112,00	19,00	0,00	48,98	413,50	34,57
Index of fit	0,9123						

d. Distribusi Weibull

Perhitungan *index of fit* distribusi weibull mesin giling menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTR mesin giling

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	0,41	0,02	-4,00	-1,62	0,16	15,96
2	1,5	0,41	0,04	-3,09	-1,25	0,16	9,58
3	1,5	0,41	0,07	-2,62	-1,06	0,16	6,86
4	1,5	0,41	0,10	-2,29	-0,93	0,16	5,24
5	1,5	0,41	0,12	-2,04	-0,83	0,16	4,14
6	1,5	0,41	0,15	-1,83	-0,74	0,16	3,34
7	1,5	0,41	0,17	-1,65	-0,67	0,16	2,73
8	2	0,69	0,20	-1,50	-1,04	0,48	2,24
9	2	0,69	0,23	-1,36	-0,94	0,48	1,85
10	2	0,69	0,25	-1,23	-0,86	0,48	1,52
11	2	0,69	0,28	-1,12	-0,78	0,48	1,25
12	2	0,69	0,30	-1,01	-0,70	0,48	1,02
13	2	0,69	0,33	-0,91	-0,63	0,48	0,83
14	2	0,69	0,36	-0,82	-0,57	0,48	0,67
15	2	0,69	0,38	-0,73	-0,51	0,48	0,53
16	2	0,69	0,41	-0,64	-0,45	0,48	0,41
17	2	0,69	0,43	-0,56	-0,39	0,48	0,31
18	2,5	0,92	0,46	-0,48	-0,44	0,84	0,23
19	2,5	0,92	0,49	-0,40	-0,37	0,84	0,16
20	2,5	0,92	0,51	-0,33	-0,30	0,84	0,11

Tabel 4.19 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTR mesin giling (Lanjutan)

Mesin giling							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
21	2,5	0,92	0,54	-0,26	-0,23	0,84	0,07
22	2,5	0,92	0,57	-0,18	-0,17	0,84	0,03
23	2,5	0,92	0,59	-0,11	-0,10	0,84	0,01
24	2,5	0,92	0,62	-0,04	-0,04	0,84	0,00
25	2,5	0,92	0,64	0,03	0,03	0,84	0,00
26	3	1,10	0,67	0,10	0,11	1,21	0,01
27	3	1,10	0,70	0,17	0,19	1,21	0,03
28	3,5	1,25	0,72	0,25	0,31	1,57	0,06
29	4	1,39	0,75	0,32	0,44	1,92	0,10
30	4	1,39	0,77	0,40	0,55	1,92	0,16
31	5	1,61	0,80	0,47	0,76	2,59	0,22
32	5	1,61	0,83	0,56	0,90	2,59	0,31
33	5	1,61	0,85	0,65	1,04	2,59	0,42
34	5	1,61	0,88	0,74	1,19	2,59	0,55
35	5,5	1,70	0,90	0,85	1,45	2,91	0,72
36	5,5	1,70	0,93	0,98	1,66	2,91	0,95
37	6	1,79	0,96	1,14	2,04	3,21	1,29
38	7	1,95	0,98	1,39	2,70	3,79	1,93
Total	112,00	36,91	19,00	-21,17	-2,24	43,67	65,88
Index of fit	0,8909						

Perhitungan *index of fit* pada TTF dan TTR komponen kritis *bearing 1209*, kopel dan *roll mangel finishing* dapat dilihat pada Lampiran.

Berikut ini merupakan rangkuman perhitungan *index of fit* pada TTF dan TTR *Bearing 1209*, Kopel, dan *Roll Mangel Finishing* mesin giling yang dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rangkuman TTF dan TTR komponen mesin giling

No	Komponen	Data	Ekspensial	Lognormal	Normal	Weibull
1	<i>Bearing 1209</i>	TTF	0,9899	0,9902	0,9048	0,9726
		TTR	0,9112	0,9369	0,9397	0,9120
2	Kopel	TTF	0,8367	0,8725	0,9321	0,9170
		TTR	0,95	0,96	0,97	0,95
3	<i>Roll Mangel Finishing</i>	TTF	1	1	1	1
		TTR	0,99	0,96	0,95	0,93

Berikut ini merupakan rangkuman perhitungan *index of fit* pada TTF dan TTR pada Mesin Giling yang dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rangkuman TTF dan TTR mesin giling

No	Distribusi	Data	Index Of Fit
1	Eksponensial	TTF	0,9873
		TTR	0,9730
2	Lognormal	TTF	0,9730
		TTR	0,9532
3	Normal	TTF	0,8896
		TTR	0,9123
4	Weibull	TTF	0,9341
		TTR	0,8909

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa nilai *index of fit* TTF terbesar pada komponen *bearing 1209* yaitu Distribusi Lognormal dengan nilai sebesar 0,9902 dan TTR yaitu Distribusi Normal dengan nilai sebesar 0,9397, TTF komponen kopel yaitu Distribusi Normal dengan nilai sebesar 0,9321 dan TTR yaitu Distribusi Normal dengan nilai sebesar 0,97 , dan TTF komponen *Roll Mangel Finishing* yaitu Distribusi Eksponensial dengan nilai sebesar 1 dan TTR yaitu Distribusi Eksponensial dengan nilai sebesar 0,99. Nilai *index of fit* TTF terbesar pada Mesin Giling yaitu Distribusi Eksponensial dengan nilai sebesar 0,9873 dan TTR yaitu Distribusi Eksponensial dengan nilai sebesar 0,9730.

4.2.11 Goodness of Fit Test

Setelah melakukan perhitungan *index of fit* dilakukan pengujian *goodness of fit* terhadap nilai *index of fit* terbesar. Pengujian *goodness of fit* dilakukan untuk memvalidasi apakah distribusi yang terpilih pada pengujian *index of fit* sudah sesuai.

1) Goodness of fit test TTF Bearing 1209

Pengujian *goodness of fit* pada TTF *bearing 1209* menggunakan *kolmogorov-smirnov test* karena berdistribusi lognormal.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H0 : Data berdistribusi lognormal

H1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 13$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,361$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{3,7 - 328,92}{323,62} \right) = -1,00$$

$\Phi(Z_i) = 0,1587$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 323,62$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = -0,05$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} = 0,13$$

$$D = \max \{D_1, D_2\} = 0,38$$

Karena $D_n (0,38) > D_{crit} (0,361)$ maka hipotesa H_0 ditolak

Tabel 4.22 *kolmogorov-smirnov* pada *bearing 1209*

Bearing 1209										
i	ti(jam)	xi=ln ti	xi-μ	(xi - μ) ²	Zi	ΦZi	i/n	i-1/n	D1	D2
1	40,5	3,70	-325,22	105769,20	-1,00	0,1587	0,28	0,21	-0,05	0,13
2	44	3,78	-325,1389	105715,30	-1,00	0,1587	0,29	0,21	-0,06	0,13
3	62	4,13	-324,7959	105492,40	-1,00	0,1587	0,32	0,24	-0,08	0,16
4	103	4,63	-324,2883	105162,9326	-1,00	0,1587	0,36	0,28	-0,12	0,20
5	119	4,78	-324,14	105069,3025	-1,00	0,1587	0,37	0,29	-0,13	0,21
6	174	5,16	-323,764	104823,14	-1,00	0,1587	0,40	0,32	-0,16	0,24
7	221,5	5,40	-323,5227	104666,91	-1,00	0,1587	0,42	0,34	-0,18	0,26
8	266	5,58	-323,3396	104548,48	-1,00	0,1587	0,43	0,35	-0,19	0,27
9	326	5,79	-323,14	104416,99	-1,00	0,1587	0,45	0,37	-0,21	0,29
10	362,5	5,89	-323,03	104348,41	-1,00	0,1587	0,45	0,38	-0,22	0,29
11	671	6,51	-322,41	103950,99	-1,00	0,1587	0,50	0,42	-0,27	0,34
12	742	6,61	-322,31	103886,14	-1,00	0,1587	0,51	0,43	-0,27	0,35
13	1144,5	7,04	-321,88	103606,96	-0,99	0,1611	0,54	0,46	-0,30	0,38
Total	4276			1361457,16						
Rata-rata (μ)	328,92									
St. Deviasi (S)	323,62									
Dmax	0,38									

Karena hipotesa H_0 ditolak maka menggunakan nilai *index of fit* terbesar kedua yaitu distribusi eksponensial menggunakan *barlett's test*.

Hipotesis untuk *barlett's test* adalah:

H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial

H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$n = r, n = 13$

Hipotesa H0 diterima apabila $X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1}$

$$X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 12} = X^2_{0,975, 12} = 4,4038$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 12} = X^2_{0,025, 12} = 23,3367$$

Uji *barlett's* sebagai berikut:

$$B = \frac{2r [\ln(\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r t_i - (\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r \ln t_i]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} = \frac{2(13) [\ln(\frac{1}{13}) (4267) - (\frac{1}{13})(69,01)]}{1 + \frac{(13+1)}{6(13)}} = 10,7428$$

Diperoleh nilai $X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 12} = X^2_{0,975, 3} = 4,4038$, $X^2_{\frac{0,05}{2}, 12} = X^2_{0,025, 3} = 23,3367$ dan $B = 10,7428$ maka hipotesa H0 diterima dan data berdistribusi eksponensial.

2) *Goodness of fit test* TTF Kopel

Pengujian *goodness of fit* pada TTF kopel menggunakan *kolmogorov-smirnov test* karena berdistribusi normal.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H0 : Data berdistribusi normal

H1 : Data tidak berdistribusi normal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 4$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,624$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{5,16 - 620,5}{614,23} \right) = -1,00$$

$\Phi(Z_i) = 0,1587$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 614,23$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = -0,88$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} = 1,13$$

$$D = \max \{ D_1, D_2 \} = 1,54$$

Karena $D_n (1,54) > D_{crit} (0,624)$ maka hipotesa H0 ditolak

Tabel 4.23 *kolmogorov-smirnov* pada kopel

i	ti(jam)	Kopel								
		xi=ln ti	xi-μ	(xi - μ) ²	Zi	φZi	i/n	i-1/n	D1	D2
1	174	5,16	-615,34	378644,48	-1,00	0,1587	1,29	1,04	-0,88	1,13
2	671	6,51	-613,99	376985,23	-1,00	0,1587	1,63	1,38	-1,22	1,47
3	742	6,61	-613,89	376861,73	-1,00	0,1587	1,65	1,40	-1,24	1,49
4	895	6,80	-613,70	376631,59	-1,00	0,1587	1,70	1,45	-1,29	1,54
Total	2482			1509123,03						
Rata-rata (μ)	620,50									
St. Deviasi (S)	614,23									
Dmax	1,54									

Karena hipotesa H0 ditolak maka menggunakan nilai *index of fit* terbesar kedua yaitu distribusi weibull menggunakan *mann's test*.

Hipotesis untuk *mann's test* adalah:

H0: Waktu kerusakan berdistribusi weibull

H1: Waktu kerusakan tidak berdistribusi weibull

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$n=r, n=4$

Hipotesa H0 diterima apabila $M < Mcrit$

$$V1 = 2k1 = 2(2) = 4$$

$$V2 = 2k2 = 2(1,5) = 3$$

Dengan menggunakan tabel distribusi F, untuk $V1= 4, V2=3$ maka $Mcrit = 8,5387$

$$k1 = \left\lfloor \frac{4}{2} \right\rfloor = \frac{4}{2} = 2$$

$$k1 = \frac{4-1}{2} = \frac{4-1}{2} = 1,5$$

$$F(ti) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{4+0,4} = 0,16$$

$$Zi = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-0,16} \right) \right] = -1,75$$

$$Mi = Zi_{i+1} - Zi = -0,72 - (-1,75) = 1,04$$

$$M = \frac{K1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left[\frac{\ln ti_{i+1} - \ln ti}{Mi} \right]}{K2 \sum_{i=1}^{r-1} \left[\frac{\ln ti_{i+1} - \ln ti}{Mi} \right]} = \frac{2 \times (-3,17)}{1,5 \times (-3,17)} = 1,3$$

Karena $M (1,3) < Mcrit (8,5387)$ maka hipotesa H0 diterima dan data berdistribusi weibull.

Tabel 4.24 *Mann's test* pada *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti	xi=ln ti	F(ti)	Zi	Mi	ln(ti-1)-ln(ti)	ln (ti+1)-ln(ti)/Mi
1	174	5,16	0,16	-1,75	1,04	-3,29	-3,17
2	671	6,51	0,39	-0,72	0,67	-4,62	-6,93
3	742	6,61	0,61	-0,05	0,66	-4,69	-7,12
4	895	6,80	0,84	0,61			
Total	2482	25,074	2	-1,91	2,36	-12,60	-17,22

3) *Goodness of fit test TTF Roll Mangel Finishing*

Pengujian *goodness of fit* pada *TTF Roll Mangel Finishing* menggunakan *barlett's test* karena berdistribusi eksponensial.

Hipotesis untuk *barlett's test* adalah:

H0: Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial

H1: Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$n = r, n = 2$

Hipotesa H0 diterima apabila $X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1}$

$X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 1} = X^2_{0,975,1} = 0,001$

$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 1} = X^2_{0,025,1} = 5,0239$

Uji *barlett's* sebagai berikut:

$$B = \frac{2r [\ln(\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r ti - (\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r lnt_i]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} = \frac{2(2) [\ln(\frac{1}{2}) (1341,5) - (\frac{1}{2})(21,20)]}{1 + \frac{(2+1)}{6(2)}} = 0,7193$$

Diperoleh nilai $X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 1} = X^2_{0,975,1} = 0,001$, $X^2_{\frac{0,05}{2}, 1} = X^2_{0,025,1} = 5,0239$ dan $B = 0,7193$ maka hipotesa H0 diterima dan data berdistribusi eksponensial.

4) *Goodness of fit test TTR Bearing 1209*

Pengujian *goodness of fit* pada *TTR bearing 1209* menggunakan *kolmogorov-smirnov test* karena berdistribusi normal.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H0 : Data berdistribusi normal

H1 : Data tidak berdistribusi normal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 16$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,327$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{0,41 - 2,06}{1,38} \right) = -1,20$$

$\Phi(Z_i) = 0,1151$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 1,38$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = 0,15$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} = -0,09$$

$$D = \max \{ D_1, D_2 \} = 0,24$$

Karena $D_n (0,24) < D_{crit} (0,327)$ maka hipotesa H0 diterima dan data berdistribusi normal.

Tabel 4.25 *kolmogorov-smirnov* pada *bearing 1209*

Bearing 1209										
i	ti(jam)	xi=ln ti	xi-μ	(xi - μ)²	Zi	φZi	i/n	i-1/n	D1	D2
1	1,5	0,41	-1,66	2,75	-1,20	0,1151	0,03	-0,04	0,15	-0,09
2	1,5	0,41	-1,66	2,75	-1,20	0,1151	0,03	-0,04	0,15	-0,09
3	1,5	0,41	-1,66	2,75	-1,20	0,1151	0,03	-0,04	0,15	-0,09
4	1,5	0,41	-1,66	2,745764633	-1,20	0,1151	0,03	-0,04	0,15	-0,09
5	1,5	0,41	-1,66	2,745764633	-1,20	0,1151	0,03	-0,04	0,15	-0,09
6	2	0,69	-1,37	1,88	-0,99	0,1611	0,04	-0,02	0,18	-0,12
7	2	0,69	-1,37	1,88	-0,99	0,1611	0,04	-0,02	0,18	-0,12
8	2	0,69	-1,37	1,88	-0,99	0,1611	0,04	-0,02	0,18	-0,12
9	2	0,69	-1,37	1,88	-0,99	0,1611	0,04	-0,02	0,18	-0,12
10	2	0,69	-1,37	1,88	-0,99	0,1611	0,04	-0,02	0,18	-0,12
11	2,5	0,92	-1,15	1,31	-0,83	0,2033	0,06	-0,01	0,21	-0,15
12	2,5	0,92	-1,15	1,31	-0,83	0,2033	0,06	-0,01	0,21	-0,15
13	2,5	0,92	-1,15	1,31	-0,83	0,2033	0,06	-0,01	0,21	-0,15
14	2,5	0,92	-1,15	1,31	-0,83	0,2033	0,06	-0,01	0,21	-0,15
15	2,5	0,92	-1,15	1,31	-0,83	0,2033	0,06	-0,01	0,21	-0,15
16	3	1,10	-0,96	0,93	-0,70	0,2420	0,07	0,01	0,24	-0,17
Total	33			30,60						
Rata-rata (μ)	2,06									
St. Deviasi (S)	1,38									
Dmax	0,24									

5) *Goodness of fit test* TTR Kopel

Pengujian *goodness of fit* pada TTR kopel menggunakan *kolmogorov-smirnov test* karena data berdistribusi normal.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H0 : Data berdistribusi normal

H1 : Data tidak berdistribusi normal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 7$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,483$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{0,41 - 2,14}{1,43} \right) = -1,21$$

$\Phi(Z_i) = 0,1131$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 1,43$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = 0,20$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} = -0,06$$

$$D = \max \{ D_1, D_2 \} = 0,20$$

Karena $D_n (0,20) < D_{crit} (0,483)$ maka hipotesa H0 diterima dan data berdistribusi normal.

Tabel 4.26 *kolmogorov-smirnov* pada kopel

i	ti(jam)	Kopel									
		xi=ln ti	xi-μ	(xi - μ) ²	Zi	φZi	i/n	i-1/n	D1	D2	
1	1,5	0,41	-1,74	3,02	-1,21	0,1131	0,06	-0,08	0,20	-0,06	
2	1,5	0,41	-1,74	3,02	-1,21	0,1131	0,06	-0,08	0,20	-0,06	
3	2	0,69	-1,45	2,10	-1,01	0,1562	0,10	-0,04	0,20	-0,06	
4	2	0,69	-1,45	2,10	-1,01	0,1562	0,10	-0,04	0,20	-0,06	
5	2,5	0,92	-1,23	1,50	-0,86	0,1949	0,13	-0,01	0,21	-0,06	
6	2,5	0,92	-1,23	1,50	-0,86	0,1949	0,13	-0,01	0,21	-0,06	
7	3	1,10	-1,04	1,09	-0,73	0,2327	0,16	0,01	0,22	-0,08	
Total	15			14,34							
Rata-rata (μ)	2,14										
St. Deviasi (S)	1,43										
Dmax	0,20										

6) *Goodness of fit test TTR Roll Mangel Finishing*

Pengujian *goodness of fit* pada *TTR roll mangel finishing* menggunakan *barlett's test* karena berdistribusi eksponensial.

Hipotesis untuk *barlett's test* adalah:

H0: Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial

H1: Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$n = r, n = 5$

Hipotesa H0 diterima apabila $X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1}$

$$X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 4} = X^2_{0,975,4} = 0,4844$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 4} = X^2_{0,025,4} = 11,1433$$

Uji *barlett's* sebagai berikut:

$$B = \frac{2r [\ln(\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r t_i - (\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r \ln t_i]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} = \frac{2(5) [\ln(\frac{1}{5}) (29) - (\frac{1}{5})(8,76)]}{1 + \frac{(5+1)}{6(5)}} = 0,0545$$

Diperoleh nilai $X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 4} = X^2_{0,975,4} = 0,4844, X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 4} = X^2_{0,025,4} = 11,1433$ dan $B = 0,0545$ maka hipotesa H0 ditolak.

Karena hipotesa H0 ditolak maka menggunakan nilai *index of fit* terbesar kedua yaitu distribusi lognormal menggunakan *kolmogorov-smirnov test*.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H0 : Data berdistribusi lognormal

H1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 5$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,563$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{5 - 5,80}{4,05} \right) = -1,03$$

$\Phi(Z_i) = 0,2358$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 4,05$$

$$D_1 = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{xi - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = 0,03$$

$$D_2 = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{xi - \mu}{\sigma} \right) \right\} = 0,17$$

$$D = \text{Max} \{D1, D2\} = 0,18$$

Karena $D_n (0,18) > D_{crit} (0,563)$ maka hipotesa H_0 diterima dan data berdistribusi lognormal

Tabel 4.27 *kolmogorov-smirnov* pada *roll mangel finishing*

Roll Mangel Finishing										
i	ti(jam)	xi=ti	xi-μ	(xi - μ)²	Zi	ΦZi	i/n	i-1/n	D1	D2
1	5	1,61	-4,19	17,56	-1,03	0,1515	0,32	0,12	0,03	0,17
2	5,5	1,70	-4,10	16,77	-1,01	0,1562	0,34	0,14	0,02	0,18
3	5,5	1,70	-4,10	16,77	-1,01	0,1562	0,34	0,14	0,02	0,18
4	6	1,79	-4,01	16,07	-0,99	0,1611	0,36	0,16	0,00	0,20
5	7	1,95	-3,85	14,85	-0,95	0,1711	0,39	0,19	-0,02	0,22
Total	29			82,02						
Rata-rata (μ)	5,80									
St. Deviasi (S)	4,05									
Dmax	0,18									

7) *Goodness of fit test* TTF Mesin Giling

Pengujian *goodness of fit* pada TTF Mesin Giling menggunakan *barlett's test* karena berdistribusi Eksponensial.

Hipotesis untuk *barlett's test* adalah:

H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial

H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$$n = r, n = 14$$

Hipotesa H_0 diterima apabila $X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1}$

$$X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 13} = X^2_{0,975,13} = 5,0088$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 13} = X^2_{0,025,13} = 24,7356$$

Uji *barlett's* sebagai berikut:

$$B = \frac{2r \left[\ln\left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r ti - \left(\frac{1}{r}\right) \sum_{i=1}^r \ln ti \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} = \frac{2(14) \left[\ln\left(\frac{1}{14}\right) (4216) - \left(\frac{1}{14}\right) (71,43) \right]}{1 + \frac{(14+1)}{6(14)}} = 14,3872$$

Diperoleh nilai $X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 13} = X^2_{0,975,13} = 5,0088$, $X^2_{\frac{0,05}{2}, 13} = X^2_{0,025,13} = 24,7356$ dan $B = 14,3872$ maka hipotesa H_0 diterima dan data berdistribusi eksponensial.

8) *Goodness of fit test* TTR Mesin Giling

Pengujian *goodness of fit* pada TTR Mesin Giling menggunakan *barlett's test* karena berdistribusi eksponensial.

Hipotesis untuk *barlett's test* adalah:

H_0 : Waktu kerusakan berdistribusi eksponensial

H_1 : Waktu kerusakan tidak berdistribusi eksponensial

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

$n = r$, $n = 38$

Hipotesa H_0 diterima apabila $X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1}$

$X^2_{1 - \frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 37} = X^2_{0,975,37} = 22,1056$

$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r - 1} = X^2_{\frac{0,05}{2}, 37} = X^2_{0,025,37} = 55,668$

Uji *barlett's* sebagai berikut:

$$B = \frac{2r [\ln(\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r t_i - (\frac{1}{r}) \sum_{i=1}^r \ln t_i]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} = \frac{2(38) [\ln(\frac{1}{38}) (112) - (\frac{1}{38})(36,91)]}{1 + \frac{(38+1)}{6(38)}} = 7,1169$$

Diperoleh nilai $X^2_{1 - \frac{0,05}{2}, 37} = X^2_{0,975,37} = 22,1056$, $X^2_{\frac{0,05}{2}, 37} = X^2_{0,025,37} = 55,668$ dan $B = 7,1169$ maka hipotesa H_0 ditolak karena $H_0 < X^2_{\frac{0,05}{2}, 37}$

Karena hipotesa H_0 ditolak maka menggunakan nilai *index of fit* terbesar kedua yaitu distribusi lognormal. Berikut merupakan perhitungan *goodness of fit test* Mesin Giling menggunakan *kolmogorov-smirnov test*.

Hipotesis untuk *kolmogorov-smirnov test* adalah:

H_0 : Data berdistribusi lognormal

H_1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Tingkat kepercayaan $\alpha = 0,05$

Hipotesa H_0 ditolak apabila $D_n > D_{crit}$

Dengan menggunakan tabel *kolmogorov-smirnov test*:

Untuk $n = 38$ dan $\alpha = 0,05$ maka $D_{crit} = 0,215$

$$Z_i = \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03} \right) = -1,25$$

$\Phi(Z_i) = 0,1056$ (berdasarkan tabel *standardized normal probabilities*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}} = 2,03$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right\} = 0,12$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma} \right) \right\} = -0,09$$

$$D = \max \{D_1, D_2\} = 0,14$$

Karena $D_n (0,14) < D_{crit} (0,215)$ maka hipotesa H_0 diterima dan data berdistribusi lognormal.

Tabel 4.28 *kolmogorov-smirnov* pada mesin giling

Mesin Giling										
i	ti(jam)	xi=ti	xi-μ	(xi - μ) ²	Zi	ΦZi	i/n	i-1/n	D1	D2
1	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
2	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
3	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
4	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
5	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
6	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
7	1,5	0,41	-2,54	6,46	-1,25	0,1056	0,01	-0,02	0,12	-0,09
8	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
9	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
10	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
11	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
12	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
13	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
14	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
15	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
16	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
17	2	0,69	-2,25	5,08	-1,11	0,1335	0,02	-0,01	0,14	-0,12
18	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
19	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
20	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
21	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
22	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
23	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
24	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
25	2,5	0,92	-2,03	4,13	-1,00	0,1587	0,02	0,00	0,16	-0,13
26	3	1,10	-1,85	3,42	-0,91	0,1814	0,03	0,00	0,18	-0,15
27	3	1,10	-1,85	3,42	-0,91	0,1814	0,03	0,00	0,18	-0,15

Tabel 4.28 *kolmogorov-smirnov* pada mesin giling (Lanjutan)

i	ti(jam)	xi=ti	xi-μ	Mesin Giling			i/n	i-1/n	D1	D2
				(xi - μ) ²	Zi	φZi				
28	3,5	1,25	-1,69	2,87	-0,84	0,2005	0,03	0,01	0,19	-0,17
29	4	1,39	-1,56	2,44	-0,77	0,2206	0,04	0,01	0,21	-0,18
30	4	1,39	-1,56	2,44	-0,77	0,2206	0,04	0,01	0,21	-0,18
31	5	1,61	-1,34	1,79	-0,66	0,2546	0,04	0,02	0,24	-0,21
32	5	1,61	-1,34	1,79	-0,66	0,2546	0,04	0,02	0,24	-0,21
33	5	1,61	-1,34	1,79	-0,66	0,2546	0,04	0,02	0,24	-0,21
34	5	1,61	-1,34	1,79	-0,66	0,2546	0,04	0,02	0,24	-0,21
35	5,5	1,70	-1,24	1,54	-0,61	0,2709	0,04	0,02	0,25	-0,23
36	5,5	1,70	-1,24	1,54	-0,61	0,2709	0,04	0,02	0,25	-0,23
37	6	1,79	-1,16	1,34	-0,57	0,2843	0,05	0,02	0,26	-0,24
38	7	1,95	-1,00	1,00	-0,49	0,3121	0,05	0,02	0,29	-0,26
Total	112			156,21						
Rata-rata (μ)	2,95									
St. Deviasi (S)	2,03									
Dmax	0,14									

Berikut ini merupakan rangkuman hasil *goodness of fit test* pada komponen kritis dan mesin giling yang dapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4.29 Rangkuman *goodness of fit test*

No	Komponen/ Mesin	Data	Distribusi Sebelum <i>Goodness Of Fit Test</i>	Distribusi Setelah <i>Goodness Of Fit Test</i>
1	<i>Bearing 1209</i>	TTF	Lognormal	Ekspensial
		TTR	Normal	Normal
2	Kopel	TTF	Normal	Weibull
		TTR	Normal	Normal
3	<i>Roll Mangel Finishing</i>	TTF	Ekspensial	Ekspensial
		TTR	Ekspensial	Lognormal
4	Mesin Giling	TTF	Ekspensial	Ekspensial
		TTR	Ekspensial	Lognormal

4.2.12 Perhitungan MTTF dan MTTR

- 1) Perhitungan Parameter *Time To Failure* (TTF)

Perhitungan parameter untuk TTF pada komponen *bearing 1209*, kopel, dan *roll mangel finishing* berdistribusi ekspensial menggunakan rumus sebagai berikut:

- a) *Bearing 1209* dengan Distribusi Ekspensial (TTF)

Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ , maka perhitungannya adalah:

t = total waktu kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{T} = \frac{13}{4276} = 0,00304$$

- b) *Kopel* dengan Distribusi Weibull (TTF)

Parameter yang digunakan dalam distribusi *weibull* adalah intersep (a), gradien (b), parameter bentuk (β) dan parameter lokasi (tmed), maka perhitungannya adalah:

$$\beta = b = \frac{n \cdot \sum XiYi - \sum Xi \cdot \sum Yi}{(n \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)} = \frac{(4x(-9,9)) - (25,07x(-1,91))}{(4x158,86 - (25,07)^2)} = 1,23$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = (-0,48) - (1,23)(6,27) = -8,21$$

$$\theta = e^{-\frac{a}{b}} = 2,718^{-\frac{(8,21)}{1,23}} = 776,76$$

- c) *Roll Mangel Finishing* dengan Distribusi Ekspensial (TTF)

Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ , maka perhitungannya adalah:

t = total waktu kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{T} = \frac{2}{926,5} = 0,0022$$

- d) *Mesin Giling* dengan Distribusi Ekspensial (TTF)

Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ , maka perhitungannya adalah:

t = total waktu kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{T} = \frac{2}{4216} = 0,0033$$

- 2) Perhitungan Parameter *Time To Repair* (TTR)

Perhitungan parameter untuk TTR pada komponen *bearing 1209*, *kopel*, dan *roll mangel finishing* berdistribusi Weibull menggunakan rumus sebagai berikut:

- a) *Bearing 1209* dengan Distribusi Normal (TTR)

Parameter yang digunakan dalam distribusi normal adalah μ (rata-rata waktu reparasi), maka perhitungannya adalah:

$$\mu = \frac{\sum xi}{\sum i} = \frac{33}{16} = 2,06$$

b) Kopel dengan Distribusi Normal (TTR)

Parameter yang digunakan dalam distribusi normal adalah μ (rata-rata waktu reparasi), maka perhitungannya adalah:

$$\mu = \frac{\sum xi}{\sum i} = \frac{15}{7} = 2,14$$

c) *Roll Mangel FInisihing* dengan Distribusi Lognormal (TTR)

Parameter yang digunakan dalam distribusi lognormal adalah intersep (a), gradien (b), parameter bentuk (s) dan parameter lokasi (tmed), maka perhitungannya adalah:

$$b = r = \frac{n \cdot \sum Xi Yi - \sum Xi \cdot \sum Yi}{(n \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)} = \frac{(5 \cdot 0,42) - (8,76 \cdot 0)}{(5 \cdot 15,40 - (8,76)^2)} = 6,59$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = (0) - (6,59) (1,75) = -11,54$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{6,59} = 0,15$$

$$t_{med} = e^{-sa} = 2,718^{-(0,15)(-11,54)} = 5,76$$

d) Mesin Giling dengan Distribusi Lognormal (TTR)

Parameter yang digunakan dalam distribusi lognormal adalah intersep (a), gradien (b), parameter bentuk (s) dan parameter lokasi (tmed), maka perhitungannya adalah:

$$b = r = \frac{n \cdot \sum Xi Yi - \sum Xi \cdot \sum Yi}{(n \cdot \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)} = \frac{(38 \cdot (-15,68)) - (36,91 \cdot 0)}{(38 \cdot 43,67 - (36,91)^2)} = 2$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = (0) - (2) (0,97) = -1,95$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$t_{med} = e^{-sa} = 2,718^{-(0,5)(-1,95)} = 2,64$$

3) Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF)

Setelah dilakukan perhitungan terhadap parameter, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan terhadap MTTF (*Mean Time To Failure*) pada komponen *Bearing 1209*, *Kopel*, *Roll Mangel Finishing*, *Mesin Giling* sesuai dengan distribusi yang telah ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. *Bearing 1209*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,00304} = 328,92 \text{ jam}$$

b. *Kopel*

$$MTTF = \theta \tau \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 776,76 \tau (1,81) = 725,58 \text{ jam}$$

c. *Roll Mangel Finishing*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,0022} = 463,25 \text{ jam}$$

d. Mesin Giling

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,0022} = 301,14 \text{ jam}$$

4) Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan MTTR (*Mean Time To Repair*) pada komponen *Bearing 1209*, *Kopel*, *Roll Mangel Finishing*, *Mesin Giling* sesuai dengan distribusi yang telah ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. *Bearing 1209*

$$MTTR = \mu = 2,06 \text{ jam}$$

b. *Kopel*

$$MTTR = \mu = 2,14 \text{ jam}$$

c. *Roll Mangel Finishing*

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 5,76 \times 2,718^{\frac{1,01^2}{2}} = 5,83 \text{ jam}$$

d. *Mesin Giling*

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 67,33 \times 2,718^{\frac{1,07^2}{2}} = 2,99 \text{ jam}$$

4.2.13 Perhitungan Fungsi Reliabilitas Sebelum Perawatan

Setelah dilakukan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) maka selanjutnya yaitu melakukan perhitungan terhadap reliabilitas atau keandalan yang dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja komponen untuk sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Berikut ini merupakan perhitungan keandalan komponen kritis, *Mesin Giling* dan *Mesin Giling* (ditambah komponen kritis) menggunakan rumus sebagai berikut:

1) *Bearing 1209*

$$\lambda = 0,00304$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(0,00304)(350)} = 0,6549$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,3451$$

2) *Kopel*

$$\theta = 776,76$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} = 2,718^{-\left(\frac{350}{776,76}\right)^{1,23}} = 0,6872$$

3) *Roll Mangel Finishing*

$$\lambda = 0,0022$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(0,0022)(350)} = 0,5369$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,4631$$

4) Mesin Giling

$$\lambda = 0,0033$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(0,0033)(350)} = 0,6849$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,3151$$

5) Mesin Giling dengan komponen kritis

$$\begin{aligned} R(t) &= \text{Bearing 1209} \times \text{Kopel} \times \text{Roll Mangel Finishing} \times \text{Mesin Giling} \\ &= 0,3451 \times 0,6872 \times 0,4631 \times 0,3151 \\ &= 3,46 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan fungsi reliabilitas sebelum perawatan komponen *Bearing 1209* memiliki tingkat keandalan sebesar 0,3451, *Kopel* sebesar 0,6872, *Roll Mangel Finishing* sebesar 0,4631, *Mesin Giling* sebesar 0,3151, Fungsi Reliabilitas *Mesin Giling* dengan komponen kritis sebesar 0,0346.

4.2.14 Perhitungan Waktu Interval Perawatan

Setelah melakukan perhitungan fungsi reliabilitas dilanjutkan dengan melakukan perhitungan waktu interval perawatan masing-masing komponen dengan tujuan agar dapat mengetahui waktu yang optimal untuk dapat melakukan perawatan komponen. Berikut perhitungan waktu interval perawatan menggunakan rumus sebagai berikut:

1) *Bearing 1209*

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 7 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 30 hari x 7 jam = 210 jam

b. Jumlah kerusakan dalam 12 bulan = 16 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{2,06}{210} = 0,00981$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,00981} = 101,94 \text{ jam}$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{0,5}{210} = 0,002381$$

$$i = \frac{1}{\frac{1}{i}} = \frac{1}{0,002381} = 420 \text{ jam}$$

e. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{n} = \frac{16}{12} = 1,33 \text{ kerusakan/ bulan}$$

f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,33 \times 420}{101,94}} = 2,3438 \text{ kali}$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{210}{2,3438} = 89,60 \text{ jam}$$

h. Perhitungan *downtime*

$$D_{(n)} = \frac{k}{u \times n} + \frac{1}{i} = \frac{1,33}{238,9297} + \frac{1}{420} = 0,007961$$

$$\text{Downtime} = D_{(n)} \times \text{jumlah bulan} \times \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} = 20,06 \text{ jam}$$

2) Kopel

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 7 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 30 hari x 7 jam = 210 jam

b. Jumlah kerusakan dalam 12 bulan = 7 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{2,14}{210} = 0,01019$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,016524} = 98,13 \text{ jam}$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{0,333}{210} = 0,001587$$

$$i = \frac{1}{\frac{1}{i}} = \frac{1}{0,001587} = 630,063 \text{ jam}$$

e. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{n} = \frac{7}{12} = 0,58 \text{ kerusakan/ bulan atau kurang lebih 2}$$

kerusakan dalam 1 bulan

f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,58 \times 630,063}{98,13}} = 1,93 \text{ kali}$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{210}{1,93} = 108,51 \text{ jam}$$

h. Perhitungan *downtime*

$$D_{(n)} = \frac{k}{u \times n} + \frac{1}{i} = \frac{0,58}{189,9123} + \frac{1}{630,063} = 0,004659$$

$$\text{Downtime} = D_{(n)} \times \text{jumlah bulan} \times \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} = 11,74 \text{ jam}$$

3) *Roll Mangel Finishing*

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 7 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 30 hari x 7 jam = 210 jam

b. Jumlah kerusakan dalam 12 bulan = 5 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTRR}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{5,83}{210} = 0,027762$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,027762} = 36,02 \text{ jam}$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{0,5}{210} = 0,002381$$

$$i = \frac{1}{\frac{1}{i}} = \frac{1}{0,002381} = 420 \text{ jam}$$

e. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{n} = \frac{5}{12} = 0,41667 \text{ kerusakan/ bulan atau 1}$$

kerusakan dalam 2 bulan

f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,41667 \times 420}{36,02}} = 2,204 \text{ kali}$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{210}{2,204} = 95,27 \text{ jam}$$

h. Perhitungan *downtime*

$$D_{(n)} = \frac{k}{u \times n} + \frac{1}{i} = \frac{0,41667}{79,39523} + \frac{1}{420} = 0,007629$$

$$\text{Downtime} = D_{(n)} \times \text{jumlah bulan} \times \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} = 19,22 \text{ jam}$$

4) Mesin Giling

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 30 hari

Jam kerja tiap hari = 7 jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 30 hari x 7 jam = 210 jam

b. Jumlah kerusakan dalam 12 bulan = 38 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\text{MTTR}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{2,99}{210} = 0,0142$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,0142} = 70,23 \text{ jam}$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja per bulan}} = \frac{2}{210} = 0,0095$$

$$i = \frac{1}{\frac{1}{i}} = \frac{1}{0,0095} = 105 \text{ jam}$$

e. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{n} = \frac{38}{12} = 3,1667 \text{ kerusakan/ bulan}$$

f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{3,1667 \times 105}{70,23}} = 2,1758 \text{ kali}$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} = \frac{210}{2,1758} = 96,52 \text{ jam}$$

h. Perhitungan *downtime*

$$D_{(n)} = \frac{k}{u \times n} + \frac{1}{i} = \frac{3,1667}{152,8164} + \frac{1}{105} = 0,030246$$

$$Downtime = D_{(n)} \times \text{jumlah bulan} \times \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} = 76,22 \text{ jam}$$

Rangkuman perhitungan interval waktu perawatan komponen *bearing 1209*, kopel dan *roll mangel finishing* dapat dilihat pada Tabel 4.30

Tabel 4.30 Rangkuman interval waktu perawatan komponen

No	Komponen	Proposed Task	Interval (Jam)
1	<i>Bearing 1209</i>	<i>Scheduled Discard Task</i>	89,60
2	Kopel	<i>Scheduled Discard Task</i>	108,51
3	<i>Roll Mangel Finishing</i>	<i>Scheduled On Condition Task</i>	95,27

Rangkuman perbandingan *downtime* saat sebelum dan sesudah dilakukan perawatan komponen *bearing 1209*, kopel, dan *roll mangel finishing* dapat dilihat pada Tabel 4.31

Tabel 4.31 Perbandingan *downtime* komponen

No	Komponen	Downtime Sebelum Preventive Maintenance (Jam)	Downtime Sesudah Preventive Maintenance (Jam)	% Penurunan
1	<i>Bearing 1209</i>	33	20,06	39,20
2	Kopel	15	11,74	21,73
3	<i>Roll Mangel Finishing</i>	29	19,22	33,71

Perhitungan interval waktu perawatan mesin giling yaitu sebesar 96,52 jam, *downtime* sebelum *preventive maintenance* yaitu sebesar 112 jam dan *downtime* sesudah *preventive maintenance* yaitu sebesar 76,22 jam. Presentase penurunan *downtime* sebelum *preventive maintenance* dan sesudah *preventive maintenance* yaitu sebesar 31,95%.

4.2.15 Perhitungan Fungsi Reliabilitas Sesudah Perawatan

Perhitungan fungsi reliabilitas sesudah perawatan dilakukan setelah penerapan perawatan yang sudah dilakukan untuk dapat melihat tingkat keandalan setelah dilakukan perawatan sebagai tujuan *preventive maintenance* dengan asumsi data tetap pada data sebelumnya dengan interval perawatan yang telah dilakukan perhitungan

1) *Bearing 1209*

$$\lambda = 0,00304$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda(t-nT)} = 1 - e^{-(0,00304)(350-345)} = 0,015084$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,9849$$

2) Kopel

$$\theta = 776,76$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^\beta} = 2,718^{-\left(\frac{350-341}{776,76}\right)^{1,23}} = 0,9959$$

3) *Roll Mangel Finishing*

$$\lambda = 0,003$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda(t-nT)} = 1 - e^{-(0,003)(350-340)} = 0,029551$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,9704$$

4) Mesin Giling

$$\lambda = 0,0033$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda(t-nT)} = 1 - e^{-(0,0033)(350-344)} = 0,019603$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 0,9804$$

5) Mesin Giling dengan komponen kritis

$$\begin{aligned} R(t) &= \text{Bearing 1209} \times \text{Kopel} \times \text{Roll Mangel Finishing} \times \text{Mesin Giling} \\ &= 0,9849 \times 0,9959 \times 0,9704 \times 0,9804 \\ &= 0,9332 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan fungsi reliabilitas sebelum perawatan komponen *Bearing 1209* memiliki tingkat keandalan sebesar 0,9849, Kopel sebesar 0,9959, *Roll Mangel Finishing* sebesar 0,9704, Mesin Giling sebesar 0,9804, Fungsi Reliabilitas Mesin Giling dengan komponen kritis sebesar 0,9332.

Rangkuman perbandingan tingkat keandalan sebelum dan sesudah dilakukan perawatan komponen *bearing 1209*, kopel dan *roll mangel finishing* dapat dilihat pada Tabel 4.32

Tabel 4.32 Perbandingan tingkat keandalan komponen

No	Komponen	Sebelum <i>Preventive Maintenance</i>	Sesudah <i>Preventive Maintenance</i>	Persentase (%)
1	<i>Bearing 1209</i>	0,3451	0,9849	64,96
2	Kopel	0,6872	0,9959	30,99
3	<i>Roll Mangel Finishing</i>	0,4631	0,9704	52,28

Rangkuman perbandingan tingkat keandalan saat sebelum dan sesudah dilakukan perawatan Mesin Giling dan Mesin Giling dengan komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 4.33

Tabel 4.33 Perbandingan tingkat keandalan mesin

Kehandalan	Sebelum <i>Preventive Maintenance</i>	Sesudah <i>Preventive Maintenance</i>	Persentase (%)
Mesin Giling	0,3151	0,9804	67,86
Mesin Giling (komponen kritis)	0,0346	0,9332	96,29

4.3 Analisis Hasil

Kebun Getas merupakan salah satu kebun yang dimiliki dan dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara IX yang mengelola karet dan kopi. Dalam proses produksinya kebun getas memiliki beberapa proses salah satunya yaitu proses penggilingan. Proses penggilingan merupakan proses pengolahan *slab* atau bekuan menjadi lembaran dengan menggunakan mesin Giling (*Sheeter Six in One*). Pada proses penggilingan ini, kebun getas menggunakan 3 mesin giling yang beroperasi 1 *shift* dalam satu hari mulai dari pukul 16:00 WIB hingga 23:00 WIB. Untuk dapat menentukan mesin yang banyak mengalami kerusakan mesin baik itu kerusakan kecil maupun besar, maka perlu dilakukan perhitungan *downtime* dari tiap-tiap mesin. Berdasarkan perhitungan, nilai *downtime* untuk Mesin Giling yaitu 112 jam selama periode 12 bulan.

Penentuan tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) pada Mesin Giling (*Sheeter Six in One*) dengan melakukan identifikasi terhadap tiap komponen dalam Mesin Giling dengan menganalisis potensi kegagalan dan efek kegagalan lalu membuat peringkat kegagalan serta mengidentifikasi penyebab kegagalannya. Pemberian nilai atau bobot dalam tabel FMEA dilakukan dengan menentukan *Risk Priority Number* (RPN). Pemberian nilai atau bobot ini dibagi menjadi tiga kriteria yaitu *Severity* (tingkat keparahan), *Occurance* (tingkat kegagalan), dan *Detection* (tingkat kesulitan mendeteksi). Setelah itu dilakukan penentuan 3 komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi diantara komponen lainnya. Pada Mesin Giling 2 komponen kritis dengan nilai RPN paling tinggi yaitu *Bearing 1209* dengan RPN sebesar 54, *Kopel* dengan RPN sebesar 36 dan *Roll Mangel Finishing* dengan RPN sebesar 35.

Penentuan LTA (*Logic Tree Analysis*) dilakukan dengan menjawab beberapa pertanyaan yang terbagi menjadi 3 pertanyaan, yaitu *evident*, *safety*, dan *outage*. Tabel LTA ditentukan dengan memberikan prioritas pada tiap kerusakan yang terjadi serta melakukan peninjauan terhadap fungsi kegagalan pada Mesin Giling. *Task Selection* dilakukan dengan melakukan identifikasi tindakan pemeliharaan apa saja yang perlu

dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan kegagalan yang terdapat pada tabel LTA. Pengisian tabel *Task Selection* ini menggunakan *RCM decision diagram*.

Perhitungan TTF dan TTR dilakukan terhadap tiga komponen kritis yang telah ditetapkan berdasarkan perhitungan RPN dan Mesin Giling. TTF (*Time to Failure*) merupakan selang waktu antar kerusakan dengan kerusakan selanjutnya. Perhitungan TTF dilakukan dengan cara mengalikan jumlah hari kerja dengan jam kerja lalu menambahkan dengan selisih waktu ke tanggal sesudahnya dan selisih waktu ke tanggal sebelumnya untuk kerusakan selanjutnya. TTR (*Time to Repair*) merupakan lama waktu perbaikan pada saat terjadi kerusakan. Perhitungan TTR dilakukan dengan cara menghitung selisih waktu jam selesai perbaikan dengan jam mulai kerusakan pada saat kerusakan terjadi.

Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan menggunakan metode *least squares curve fitting* dan melakukan perhitungan untuk dapat menentukan *index of fit* dari tiap distribusi. Terdapat beberapa jenis distribusi yang digunakan yaitu Distribusi Eksponensial, Distribusi Lognormal, Distribusi Normal, dan Distribusi Weibull. Rangkuman hasil perhitungan jenis distribusi TTF dan TTR dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21. Setelah diketahui jenis distribusi dari TTF dan TTR kemudian dilakukan uji *goodness of fit*. *Goodness of fit test* dilakukan untuk melakukan validasi terhadap distribusi dengan nilai *index of fit* tertinggi dan membandingkan hipotesa H0 dan H1. Rangkuman hasil *goodness of fit test* komponen kritis dan mesin giling dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Interval waktu perawatan dilakukan setelah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR yang digunakan untuk mengetahui waktu optimal pemeliharaan komponen kritis dan mesin untuk memperpanjang masa umur mesin. Interval waktu perawatan komponen *bearing 1209* yaitu 89,60 jam atau 13 hari kerja, kopel yaitu 108,51 jam atau 16 hari kerja, *roll mangel finishing* yaitu 92,57 jam atau 14 hari kerja, dan mesin giling yaitu 96,52 jam atau 14 hari kerja. Hasil perhitungan interval perawatan tersebut diperoleh dengan mempertimbangkan *total minimum downtime* yang terkecil dan data kerusakan mesin selama 12 bulan atau 1 tahun. Pemeriksaan mesin dilakukan secara keseluruhan dengan mengidentifikasi adanya kemungkinan kerusakan pada tiap komponen dan setelah itu menentukan tindakan perawatan yang akan dilakukan, apakah melakukan penggantian komponen atau perbaikan.

Downtime komponen *bearing 1209* sesudah melakukan perawatan mengalami penurunan dari 33 jam menjadi 20,06 jam dengan persentase penurunan sebesar 39,20%. *Downtime* komponen kopel sesudah dilakukan perawatan mengalami penurunan dari 15 jam menjadi 11,74 jam dengan persentase penurunan sebesar 21,73%. *Downtime* komponen *roll mangel finishing* sesudah dilakukan perawatan mengalami penurunan dari 29 jam menjadi 19,22 jam dengan persentase penurunan sebesar 33,71%. *Downtime* mesin giling sesudah dilakukan perawatan mengalami penurunan dari 112 jam menjadi 76,22 jam dengan persentase penurunan sebesar 31,95%. Presentase penurunan *downtime* pada komponen dan mesin giling membuktikan bahwa dengan melakukan *preventive maintenance* dapat mengurangi permasalahan *downtime* pada komponen mesin giling.

Dengan menerapkan sistem pemeliharaan *preventive maintenance* pada komponen kritis yaitu *bearing 1209*, kopel, *roll mangel finishing* dan mesin giling secara keseluruhan dapat meningkatkan tingkat kehandalan dari komponen dan mesin giling tersebut. Hasil perhitungan tingkat keandalan sebelum dan sesudah perawatan pada komponen *bearing 1209* mengalami peningkatan yang sebelumnya 0,3451 menjadi 0,9849 dengan peningkatan sebesar 64,96%, kopel yang sebelumnya 0,6872 menjadi 0,9959 dengan peningkatan sebesar 30,99%, *roll mangel finishing* yang sebelumnya 0,4631 menjadi 0,9704 dengan peningkatan sebesar 52,28%, mesin giling yang sebelumnya 0,3151 menjadi 0,9804 dengan peningkatan sebesar 67,86%, dan mesin giling (komponen kritis) yang sebelumnya 0,00346 menjadi 0,9332 dengan peningkatan sebesar 96,29%.

Setelah dilakukan *preventive maintenance* terhadap mesin giling dan beberapa komponen kritis, terdapat peningkatan pada tingkat keandalan dan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada mesin dan komponen, selain itu terjadi penurunan *downtime* pada mesin sehingga mengurangi tambahan waktu lembur dan dapat meningkatkan kualitas proses produksi dan hasil produksi yang dihasilkan sesuai dengan target yang ditetapkan. Tindakan pemeliharaan yang dapat dilakukan pada komponen kritis *bearing 1209* dan kopel yaitu *scheduled discard task*, dan *roll mangel finishing* yaitu *scheduled on condition task*. *Scheduled discard task* pada komponen *bearing 1209* dan kopel yaitu dengan melakukan penggantian jika *bearing 1209* atau kopel sudah mengalami aus atau *ball bearing* pecah. Sedangkan *Scheduled on condition*

task pada *roll mangel finishing* yaitu dengan melakukan pemeriksaan terhadap kondisi *mangel finishing* apakah sudah aus atau belum dan dapat dilakukan pencegahan terjadinya kegagalan produksi. Dalam melakukan tindakan pemeliharaan pada tiap komponen juga harus memperhatikan faktor-faktor apa saja yang dapat menjadi penyebab dari rusaknya komponen tersebut. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan rusaknya 3 komponen kritis dan mesin giling secara keseluruhan komponen yaitu kualitas dari hasil pembekuan karet (*slab*), pemilihan *merk* dari tiap komponen, pemasangan komponen yang tidak presisi, dan terjadinya lembur setiap hari yang menyebabkan mesin giling bekerja lebih ekstra dalam satu *shift*. Faktor-faktor eksternal yang dapat menyebabkan mesin rusak ini menjadi pertimbangan yang sangat penting bagi perusahaan selain melakukan tindakan pemeliharaan. Dengan meminimasi terjadinya beberapa faktor tersebut, kemungkinan untuk mesin giling rusak akan menjadi berkurang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan terhadap mesin giling (*sheeter six in one*) di Kebun Getas PTPN IX dapat menentukan perencanaan pemeliharaan dengan interval waktu perawatan yang efektif dan efisien untuk dapat mengurangi *downtime* mesin dan meningkatkan tingkat kehandalan mesin. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Setelah dilakukan perawatan, *downtime* komponen kritis *bearing 1209* mengalami penurunan sebesar 39,20% dari 33 jam menjadi 20,06 jam, kopel sebesar 21,73% dari 15 jam menjadi 11,74 jam, *roll mangel finishing* sebesar 33,71% dari 29 jam menjadi 19,22 jam.
2. Setelah dilakukan perawatan, *downtime* mesin giling mengalami penurunan sebesar 31,95% dari yang sebelumnya 112 jam menjadi 76,22 jam.
3. Tingkat kehandalan komponen kritis yaitu *bearing 1209* mengalami peningkatan yang sebelumnya 0,3451 menjadi 0,9849 mengalami kenaikan sebesar 64,96%, kopel yang sebelumnya 0,6872 menjadi 0,9959 mengalami kenaikan sebesar 30,99%, *roll mangel finishing* yang sebelumnya 0,4631 menjadi 0,9704 mengalami kenaikan sebesar 52,28%, dan mesin giling yang sebelumnya 0,3151 menjadi 0,9804 mengalami kenaikan sebesar 67,86%.
4. Interval waktu perawatan mesin giling yaitu 96,52 jam atau 14 hari kerja dengan melakukan perawatan jenis ringan dan dilakukan terhadap seluruh komponen pada ketiga mesin giling.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan bagi penelitian selanjutnya yaitu dapat melakukan perhitungan pada komponen lainnya, memperhitungkan faktor biaya, dan dapat menentukan strategi persediaan komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Afficena, M. S. (2019). *Penjadwalan Perawatan Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: Rajawali Press.
- Azizah, H. (2019). *Usulan Penjadwalan Preventive Maintenance Komponen Sistem Mekanik Pada Mesin CNC Milling Makino Dengan Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus di PT Waja Teknik Cikarang)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Cendani, A. S. (2021) *Perbaikan Sistem Pemeliharaan Mesin Thresher Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Dan Failure Mode Effect and Criticality Analysis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Corder, A. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, ter, Jakarta: Erlangga
- Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. London, New York. Taylor & Francis Group, LLC.
- Ebeling, Charles E. (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw Hill Book Co., Singapore.
- Harpcosystem, Inc. (n.d.). *Optimized Method for Establishing Design FMEA Ratings Part I*. Retrieved From <https://www.harpcosystems.com/articles/design-fmea-ratings-part-i>
- Harpcosystem, Inc. (n.d.). *Optimized Method for Establishing Design FMEA Ratings Part II*. Retrieved From <https://www.harpcosystems.com/articles/design-fmea-ratings-part-ii>
- Harpcosystem, Inc. (n.d.). *Optimized Method for Establishing Design FMEA Ratings Part III*. Retrieved From <https://www.harpcosystems.com/articles/design-fmea-ratings-part-iii>
- Ismail, R. T. (2021). *Penjadwalan Perawatan Mesin Perfect Binding Menggunakan Pendekatan RCM (Reliability Centered Maintenance) (Studi Kasus pada PT Macanan Jaya Cemerlang, Klaten, Jawa Tengah)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Larasati, K. A. (2021). *Penentuan Kebijakan Perawatan Mesin Automatic Bottle Filling Untuk Meminimasi Downtime Menggunakan Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus di PT. Sanbe Farma Unit 1, Cimahi, Jawa Barat)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial System*. London: Springer.
- Moubray, J. (1997). *“Reliability Centered Maintenance”*. Industrial Press Inc. New York
- O’Connor, Patrick D. T. (2001). *Practical Reliability Engineering*, Fourth Edition. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Panjaitan, A.K. (2017). *Studi Pemeliharaan Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pompa Sentrifugal di PDAM Tirtanadi Sunggal*. Medan: Universitas Sumatera Utara.


- Pribadi, C. A. (2019). *Perancangan Perawatan Mesin Cetak Offset Menggunakan Pendekatan RCM (Reliability Centered Maintenance) (Studi Kasus pada PT. Intan Sejati Klaten, Jawa Tengah)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Ramadhan, F. R. (2020). *Analisa Perencanaan Perawatan Shape Moulding Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Kemasan Ciptatama Sempurna*. Jember: Universitas Jember.
- Ramadhan, M. A. Z. (2018). *Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance Pada Nail Making Machine dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II (Studi Kasus: PT. Surabaya Wire)*. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Setiawan, F.D. (2008). *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta: Maximus.
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2003). *RCM: Gateway to World Class Maintenance*. Oxford, England: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Suryanegara, W. (2021). *Penentuan Strategi Pemeliharaan Mesin CNC 3 Axis Double Coloumn Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus di PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri)*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.


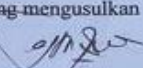
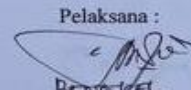
LAMPIRAN

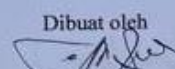
Lampiran A

Perawatan Mesin Giling (*Sheeter Six in One*)

1. Permintaan Perbaikan Mesin

	PTP NUSANTARA IX KEBUN GETAS	F - GET - PLO - 04
	PERMINTAAN PERBAIKAN MESIN	Revisi : 00 Tanggal : 10 Februari 2018 Halaman : 1 dari 1

Kepada : Bpk. Asisten teknik kebun Getas-	
Pengamatan masalah : - kerusakan AS Roll Mangel	
Usulan Tindakan korektif/pencegahan: - Las, Prubot AS Roll Mangel	
Mengetahui  Assisten Teknik	Yang mengusulkan  Mandor Bengkel
Rekomendasi persetujuan : 28 Jan 2019	
Pelaksana : 28 Jan 2019	
Tindak lanjut : 2 hari Target selesai : 2 hari	
<div style="text-align: right; margin-top: 100px;"> Pelaksana :  BENGKEL </div>	

Dibuat oleh

 Mandor Bengkel



PTP NUSANTARA IX
KEBUN GETAS
PERMINTAAN PERBAIKAN MESIN

F - GET - PLO - 001
Revisi : 00
Tanggal : 10 Februari 2018
Halaman : 1 dari 1

Kepada : <i>Bpk. Asisten teknik keb. getas</i>	
Pengamatan masalah : <i>- kerusakan AS. roll mangrel</i>	
Usulan Tindakan korektif/pencegahan: <i>- penggantian AS. roll mangrel</i>	
<i>[Signature]</i> Mengetahui Asisten Teknik	<i>[Signature]</i> Yang mengusulkan Mandor Bengkel
Rekomendasi persetujuan : <i>20 MARET 2018</i>	
Pelaksana : <i>20 MARET 2018</i>	
Tindak lanjut : <i>3 HARI</i>	Target selesai : <i>3 HARI</i>
Pelaksana : <i>[Signature]</i>	

Dibuat oleh
[Signature]
Mandor Bengkel



PTP NUSANTARA IX
KEBUN GETAS
PERMINTAAN PERBAIKAN MESIN

F-GET-PLO-04	
Revisi	: 00
Tanggal	: 10 Februari 2018
Halaman	: 1 dari 1

Kepada : Bpk. Asisten teknik keb. Getas-

Pengamatan masalah :
- Roll mangel finishing tumpul.

Usulan Tindakan korektif/pencegahan:
- Cuci scrub Roll mangel finishing
atas & bawah.

Mengetahui

Assisten Teknik

Yang mengusulkan

Mandor Bengkel

Rekomendasi persetujuan : 27. SEPT 2021

Pelaksana : 27 SEPT 2021

Tindak lanjut : 2 Hari Target selesai : 2 Hari


Pelaksana :



.....

Dibuat oleh

Mandor Bengkel

2. Pantauan Pemeliharaan Mesin Giling

		PTP NUSANTARA IX KEBUN GETAS				F - GET - WSP - 03		
		PANTAUAN PEMELIHARAAN MESIN GILING				Revisi	: 00	
						Tanggal	: 10/02/2018	
						Halaman	: 1 dari 1	
Tahun : 2021 Bulan :								
Tgl	Mesin No.	Pemeriksaan				Kerusakan	Tindakan Perbaikan	Paraf Petugas
		Penyopetan	Mangel	Motor	Panel Listrik			
27/1	3.10.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
4/5	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
11/5	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
18/5	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
25/5	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
1/6	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
8/6	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
15/6	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
22/6	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
29/6	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
6/7	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
13/7	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
20/7	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
27/7	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
3/8	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
10/8	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
17/8	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>
24/8	1.11.10.1	✓	✓	✓	✓	-	-	<i>[Signature]</i>

Penanggung Jawab

 Mandor Bengkel

3. Catatan Perawatan Mesin Giling

No	TANGGAL	PERAWATAN	NO. II				
19	21/09/20	SHIFTER	NO. II	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ganti bearing 1209 4 BA 1 seal ▶ Perbaikan rot. motor (Lub) ✓
20	18/10/20	WARRANT	NO. 5	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ganti bearing 1209 4 BA 1 seal ▶ (WEL 505) A
21	05/11/20	SHIFTER	NO. II	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ganti bearing 1209 4 BA 1 seal ▶ (WEL 505) A
22	02/12/20	SHIFTER	NO. II	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ganti bearing 1209 4 BA 1 seal ▶ (WEL 505) A
23	21/11/20	SHIFTER	NO. II	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Perbaikan rot. motor (Lub) ✓
24	14/11/20	SHIFTER	NO. II	✓	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Perbaikan rot. motor (Lub) ✓

NO	TANGGAL	NAMA MESIN/ PERALATAN	SPEKIFIKASI	PERBAKAKAN ALAT	PENAMBAHAN PELUMAS	PENGANTIAN PELUMAS	PENGANTIAN SPARE PART	KETERANGAN
1.	17/05/21	CHESTER	I, II	✓	-	-	✓	o perbaikan sekrup
								o mengganti per. sekrup
								o ganti dan finishing
								o perbaikan
2.	18/05/21	CHESTER	I, II	✓	✓	-	✓	o baru mangkal
								o mengganti
								o mengganti (sisa)
								oxt mangkal
								Finishing

Dibuat Oleh

 Muband

4. Gambar Mesin Giling







Lampiran B
Data Distribusi

Tabel 1 Tabel Kolmogorov-smirnov

N	0,05	N	0,05
1	0,975	26	0,259
2	0,842	27	0,254
3	0,708	28	0,25
4	0,624	29	0,246
5	0,563	30	0,242
6	0,519	31	0,238
7	0,483	32	0,234
8	0,454	33	0,231
9	0,43	34	0,227
10	0,409	35	0,224
11	0,391	36	0,221
12	0,375	37	0,218
13	0,361	38	0,215
14	0,349	39	0,213
15	0,338	40	0,21
16	0,327	41	0,208
17	0,318	42	0,205
18	0,309	43	0,203
19	0,301	44	0,201
20	0,294	45	0,198
21	0,287	46	0,196
22	0,281	47	0,194
23	0,275	48	0,192
24	0,269	49	0,19
25	0,264	50	0,188

Tabel 2 Tabel Distribusi F

Jumlah Kerusakan (V2)	V1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161,4476	199,5000	215,7073	224,5832	230,1619	233,9860	236,7684	238,8827	240,5433	241,8817	242,9835	243,9060
2	18,5128	19,0000	19,1643	19,2468	19,2964	19,3295	19,3532	19,3710	19,3848	19,3959	19,4050	19,4125
3	8,5435	8,5403	8,5393	8,5387	8,5384	8,5383	8,5381	8,5380	8,5379	8,5379	8,5378	8,5378
4	5,8211	5,8211	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114
5	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183
6	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874
7	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203
8	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379
9	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331
10	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083
11	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874
12	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903
13	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105
14	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439
15	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874
16	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389
17	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968
18	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599
19	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274
20	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984
21	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725
22	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491
23	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280

LB-2

Tabel 2 Tabel Distribusi F (Lanjutan)

Jumlah Kerusakan (V2)	V1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088
25	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912
26	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752
27	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
28	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404
29	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340
30	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088

Tabel 2 Tabel Distribusi F (Lanjutan)

Jumlah Kerusakan (V2)	V1												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	244,6898	245,3640	245,9499	246,4639	246,9184	247,3232	247,6861	248,0131	248,3094	248,5791	248,8256	249,0518	249,2601
2	19,4189	19,4244	19,4291	19,4333	19,4370	19,4402	19,4431	19,4458	19,4481	19,4503	19,4523	19,4541	19,4558
3	8,5377	8,5377	8,5377	8,5377	8,5377	8,5376	8,5376	8,5376	8,5376	8,5376	8,5376	8,5375	8,5375
4	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114	5,8114
5	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183	4,8183
6	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874	4,3874
7	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203	4,1203
8	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379	3,8379
9	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331	3,6331
10	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083	3,7083

Tabel 2 Tabel Distribusi F (Lanjutan)

Jumlah Kerusakan (V2)	V1												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
11	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874	3,5874
12	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903	3,4903
13	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105	3,4105
14	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439	3,3439
15	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874	3,2874
16	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389	3,2389
17	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968	3,1968
18	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599	3,1599
19	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274	3,1274
20	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984	3,0984
21	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725	3,0725
22	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491	3,0491
23	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280	3,0280
24	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088	3,0088
25	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912	2,9912
26	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752	2,9752
27	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
28	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404	3,3404
29	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340	2,9340
30	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223	2,9223

Tabel 3 Tabel Distribusi Chi Square

ν	α									
1	0,0000	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	7,8794
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,6052	5,9915	7,3778	9,2103	10,5966
3	0,0717	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	6,2514	7,8147	9,3484	11,3449	12,8382
4	0,2070	0,2971	0,4844	0,7107	1,0636	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	14,8603
5	0,4117	0,5543	0,8312	1,1455	1,6103	9,2364	11,0705	12,8325	15,0863	16,7496
6	0,6757	0,8721	1,2373	1,6354	2,2041	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	18,5476
7	0,9893	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	20,2777
8	1,3444	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	21,9550
9	1,7349	2,0879	2,7004	3,3251	4,1682	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	23,5894
10	2,1559	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	25,1882
11	2,6032	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	26,7568
12	3,0738	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	28,2995
13	3,5650	4,1069	5,0088	5,8919	7,0415	19,8119	22,3620	24,7356	27,6882	29,8195
14	4,0747	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	31,3193
15	4,6009	5,2293	6,2621	7,2609	8,5468	22,3071	24,9958	27,4884	30,5779	32,8013
16	5,1422	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	34,2672
17	5,6972	6,4078	7,5642	8,6718	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	35,7185
18	6,2648	7,0149	8,2307	9,3905	10,8649	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	37,1565
19	6,8440	7,6327	8,9065	10,1170	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1909	38,5823
20	7,4338	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	39,9968
21	8,0337	8,8972	10,2829	11,5913	13,2396	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	41,4011
22	8,6427	9,5425	10,9823	12,3380	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	42,7957
23	9,2604	10,1957	11,6886	13,0905	14,8480	32,0069	35,1725	38,0756	41,6384	44,1813
24	9,8862	10,8564	12,4012	13,8484	15,6587	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	45,5585
25	10,5197	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	46,9279

Tabel 3 Tabel Distribusi Chi Square (Lanjutan)

<i>v</i>	<i>a</i>									
26	11,1602	12,1981	13,8439	15,3792	17,2919	35,5632	38,8851	41,9232	45,6417	48,2899
27	11,8076	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	36,7412	40,1133	43,1945	46,9629	49,6449
28	12,4613	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	37,9159	41,3371	44,4608	48,2782	50,9934
29	13,1211	14,2565	16,0471	17,7084	19,7677	39,0875	42,5570	45,7223	49,5879	52,3356
30	13,7867	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	53,6720
31	14,4578	15,6555	17,5387	19,2806	21,4336	41,4217	44,9853	48,2319	52,1914	55,0027
32	15,1340	16,3622	18,2908	20,0719	22,2706	42,5847	46,1943	49,4804	53,4858	56,3281
33	15,8153	17,0735	19,0467	20,8665	23,1102	43,7452	47,3999	50,7251	54,7755	57,6484
34	16,5013	17,7891	19,8063	21,6643	23,9523	44,9032	48,6024	51,9660	56,0609	58,9639
35	17,1918	18,5089	20,5694	22,4650	24,7967	46,0588	49,8018	53,2033	57,3421	60,2748
36	17,8867	19,2327	21,3359	23,2686	25,6433	47,2122	50,9985	54,4373	58,6192	61,5812
37	18,5858	19,9602	22,1056	24,0749	26,4921	48,3634	52,1923	55,6680	59,8925	62,8833
38	19,2889	20,6914	22,8785	24,8839	27,3430	49,5126	53,3835	56,8955	61,1621	64,1814
39	19,9959	21,4262	23,6543	25,6954	28,1958	50,6598	54,5722	58,1201	62,4281	65,4756
40	20,7065	22,1643	24,4330	26,5093	29,0505	51,8051	55,7585	59,3417	63,6907	66,7660
41	21,4208	22,9056	25,2145	27,3256	29,9071	52,9485	56,9424	60,5606	64,9501	68,0527
42	22,1385	23,6501	25,9987	28,1440	30,7654	54,0902	58,1240	61,7768	66,2062	69,3360
43	22,8595	24,3976	26,7854	28,9647	31,6255	55,2302	59,3035	62,9904	67,4593	70,6159
44	23,5837	25,1480	27,5746	29,7875	32,4871	56,3685	60,4809	64,2015	68,7095	71,8926
45	24,3110	25,9013	28,3662	30,6123	33,3504	57,5053	61,6562	65,4102	69,9568	73,1661
46	25,0413	26,6572	29,1601	31,4390	34,2152	58,6405	62,8296	66,6165	71,2014	74,4365
47	25,7746	27,4158	29,9562	32,2676	35,0814	59,7743	64,0011	67,8206	72,4433	75,7041
48	26,5106	28,1770	30,7545	33,0981	35,9491	60,9066	65,1708	69,0226	73,6826	76,9688
49	27,2493	28,9406	31,5549	33,9303	36,8182	62,0375	66,3386	70,2224	74,9195	78,2307
50	27,9907	29,7067	32,3574	34,7643	37,6886	63,1671	67,5048	71,4202	76,1539	79,4900

Tabel 3 Tabel Distribusi Chi Square (Lanjutan)

<i>v</i>	<i>α</i>									
51	28,7347	30,4750	33,1618	35,5999	38,5604	64,2954	68,6693	72,6160	77,3860	80,7467
52	29,4812	31,2457	33,9681	36,4371	39,4334	65,4224	69,8322	73,8099	78,6158	82,0008
53	30,2300	32,0185	34,7763	37,2759	40,3076	66,5482	70,9935	75,0019	79,8433	83,2526
54	30,9813	32,7934	35,5863	38,1162	41,1830	67,6728	72,1532	76,1920	81,0688	84,5019
55	31,7348	33,5705	36,3981	38,9580	42,0596	68,7962	73,3115	77,3805	82,2921	85,7490
56	32,4905	34,3495	37,2116	39,8013	42,9373	69,9185	74,4683	78,5672	83,5134	86,9938
57	33,2484	35,1305	38,0267	40,6459	43,8161	71,0397	75,6237	79,7522	84,7328	88,2364
58	34,0084	35,9135	38,8435	41,4920	44,6960	72,1598	76,7778	80,9356	85,9502	89,4769
59	34,7704	36,6982	39,6619	42,3393	45,5770	73,2789	77,9305	82,1174	87,1657	90,7153
60	35,5345	37,4849	40,4817	43,1880	46,4589	74,3970	79,0819	83,2977	88,3794	91,9517
61	36,3005	38,2732	41,3031	44,0379	47,3418	75,5141	80,2321	84,4764	89,5913	93,1861
62	37,0684	39,0633	42,1260	44,8890	48,2257	76,6302	81,3810	85,6537	90,8015	94,4187
63	37,8382	39,8551	42,9503	45,7414	49,1105	77,7454	82,5287	86,8296	92,0100	95,6493
64	38,6098	40,6486	43,7760	46,5949	49,9963	78,8596	83,6753	88,0041	93,2169	96,8781
65	39,3831	41,4436	44,6030	47,4496	50,8829	79,9730	84,8206	89,1771	94,4221	98,1051
66	40,1582	42,2402	45,4314	48,3054	51,7705	81,0855	85,9649	90,3489	95,6257	99,3304
67	40,9350	43,0384	46,2610	49,1623	52,6588	82,1971	87,1081	91,5194	96,8278	100,5540
68	41,7135	43,8380	47,0920	50,0202	53,5481	83,3079	88,2502	92,6885	98,0284	101,7759
69	42,4935	44,6392	47,9242	50,8792	54,4381	84,4179	89,3912	93,8565	99,2275	102,9962
70	43,2752	45,4417	48,7576	51,7393	55,3289	85,5270	90,5312	95,0232	100,4252	104,2149
71	44,0584	46,2457	49,5922	52,6003	56,2206	86,6354	91,6702	96,1887	101,6214	105,4320
72	44,8431	47,0510	50,4279	53,4623	57,1129	87,7430	92,8083	97,3531	102,8163	106,6476
73	45,6293	47,8577	51,2648	54,3253	58,0061	88,8499	93,9453	98,5163	104,0098	107,8617
74	46,4170	48,6657	52,1028	55,1892	58,9000	89,9560	95,0815	99,6783	105,2020	109,0744
75	47,2060	49,4750	52,9419	56,0541	59,7946	91,0615	96,2167	100,8393	106,3929	110,2856

Tabel 3 Tabel Distribusi Chi Square (Lanjutan)

ν	α									
76	47,9965	50,2856	53,7821	56,9198	60,6899	92,1662	97,3510	101,9993	107,5825	111,4954
77	48,7884	51,0974	54,6234	57,7864	61,5858	93,2702	98,4844	103,1581	108,7709	112,7038
78	49,5816	51,9104	55,4656	58,6539	62,4825	94,3735	99,6169	104,3159	109,9581	113,9109
79	50,3761	52,7247	56,3089	59,5223	63,3799	95,4762	100,7486	105,4728	111,1440	115,1166
80	51,1719	53,5401	57,1532	60,3915	64,2778	96,5782	101,8795	106,6286	112,3288	116,3211
81	51,9690	54,3566	57,9984	61,2615	65,1765	97,6796	103,0095	107,7834	113,5124	117,5242
82	52,7674	55,1743	58,8446	62,1323	66,0757	98,7803	104,1387	108,9373	114,6949	118,7261
83	53,5669	55,9931	59,6918	63,0039	66,9756	99,8805	105,2672	110,0902	115,8763	119,9268
84	54,3677	56,8130	60,5398	63,8763	67,8761	100,9800	106,3948	111,2423	117,0565	121,1263
85	55,1696	57,6339	61,3888	64,7494	68,7772	102,0789	107,5217	112,3934	118,2357	122,3246
86	55,9727	58,4559	62,2386	65,6233	69,6788	103,1773	108,6479	113,5436	119,4139	123,5217
87	56,7769	59,2790	63,0894	66,4979	70,5810	104,2750	109,7733	114,6929	120,5910	124,7177
88	57,5823	60,1030	63,9409	67,3732	71,4838	105,3722	110,8980	115,8414	121,7671	125,9125
89	58,3888	60,9281	64,7934	68,2493	72,3872	106,4689	112,0220	116,9891	122,9422	127,1063
90	59,1963	61,7541	65,6466	69,1260	73,2911	107,5650	113,1453	118,1359	124,1163	128,2989
91	60,0049	62,5811	66,5007	70,0035	74,1955	108,6606	114,2679	119,2819	125,2895	129,4905
92	60,8146	63,4090	67,3556	70,8816	75,1005	109,7556	115,3898	120,4271	126,4617	130,6811
93	61,6253	64,2379	68,2112	71,7603	76,0060	110,8502	116,5110	121,5715	127,6329	131,8706
94	62,4370	65,0677	69,0677	72,6398	76,9119	111,9442	117,6317	122,7151	128,8032	133,0591
95	63,2496	65,8984	69,9249	73,5198	77,8184	113,0377	118,7516	123,8580	129,9727	134,2465
96	64,0633	66,7299	70,7828	74,4005	78,7254	114,1307	119,8709	125,0001	131,1412	135,4330
97	64,8780	67,5624	71,6415	75,2819	79,6329	115,2232	120,9896	126,1414	132,3089	136,6186
98	65,6936	68,3957	72,5009	76,1638	80,5408	116,3153	122,1077	127,2821	133,4757	137,8032
99	66,5101	69,2299	73,3611	77,0463	81,4493	117,4069	123,2252	128,4220	134,6416	138,9868
100	67,3276	70,0649	74,2219	77,9295	82,3581	118,4980	124,3421	129,5612	135,8067	140,1695

Tabel 4 Tabel Fungsi Gama

x	R(x)	x	R(x)	x	R(x)	x	R(x)	x	R(x)	x	R(x)
1,00	1,0000	1,36	0,8902	1,72	0,9126	2,08	1,0365	2,44	1,2756	2,80	1,6765
1,01	0,9943	1,37	0,8893	1,73	0,9147	2,09	1,0415	2,45	1,2842	2,81	1,6907
1,02	0,9888	1,38	0,8885	1,74	0,9168	2,10	1,0465	2,46	1,2930	2,82	1,7051
1,03	0,9835	1,39	0,8879	1,75	0,9191	2,11	1,0516	2,47	1,3019	2,83	1,7196
1,04	0,9784	1,40	0,8873	1,76	0,9214	2,12	1,0568	2,48	1,3109	2,84	1,7344
1,05	0,9735	1,41	0,8868	1,77	0,9238	2,13	1,0621	2,49	1,3201	2,85	1,7494
1,06	0,9687	1,42	0,8864	1,78	0,9262	2,14	1,0675	2,50	1,3293	2,86	1,7646
1,07	0,9642	1,43	0,8860	1,79	0,9288	2,15	1,0730	2,51	1,3388	2,87	1,7799
1,08	0,9597	1,44	0,8858	1,80	0,9314	2,16	1,0786	2,52	1,3483	2,88	1,7955
1,09	0,9555	1,45	0,8857	1,81	0,9341	2,17	1,0842	2,53	1,3580	2,89	1,8113
1,10	0,9514	1,46	0,8856	1,82	0,9368	2,18	1,0900	2,54	1,3678	2,90	1,8274
1,11	0,9474	1,47	0,8856	1,83	0,9397	2,19	1,0959	2,55	1,3777	2,91	1,8436
1,12	0,9436	1,48	0,8857	1,84	0,9426	2,20	1,1018	2,56	1,3878	2,92	1,8600
1,13	0,9399	1,49	0,8859	1,85	0,9456	2,21	1,1078	2,57	1,3981	2,93	1,8767
1,14	0,9364	1,50	0,8862	1,86	0,9487	2,22	1,1140	2,58	1,4084	2,94	1,8936
1,15	0,9330	1,51	0,8866	1,87	0,9518	2,23	1,1202	2,59	1,4190	2,95	1,9108
1,16	0,9298	1,52	0,8870	1,88	0,9551	2,24	1,1266	2,60	1,4296	2,96	1,9281
1,17	0,9267	1,53	0,8876	1,89	0,9584	2,25	1,1330	2,61	1,4404	2,97	1,9457
1,18	0,9237	1,54	0,8882	1,90	0,9618	2,26	1,1395	2,62	1,4514	2,98	1,9636
1,19	0,9209	1,55	0,8889	1,91	0,9652	2,27	1,1462	2,63	1,4625	2,99	1,9817
1,20	0,9182	1,56	0,8896	1,92	0,9688	2,28	1,1529	2,64	1,4738	3,00	2,0000
1,21	0,9156	1,57	0,8905	1,93	0,9724	2,29	1,1598	2,65	1,4852	3,01	2,0186
1,22	0,9131	1,58	0,8914	1,94	0,9761	2,30	1,1667	2,66	1,4968	3,02	2,0374
1,23	0,9108	1,59	0,8924	1,95	0,9799	2,31	1,1738	2,67	1,5085	3,03	2,0565
1,24	0,9085	1,60	0,8935	1,96	0,9837	2,32	1,1809	2,68	1,5204	3,04	2,0759
1,25	0,9064	1,61	0,8947	1,97	0,9877	2,33	1,1882	2,69	1,5325	3,05	2,0955
1,26	0,9044	1,62	0,8959	1,98	0,9917	2,34	1,1956	2,70	1,5447	3,06	2,1153
1,27	0,9025	1,63	0,8972	1,99	0,9958	2,35	1,2031	2,71	1,5571	3,07	2,1355
1,28	0,9007	1,64	0,8986	2,00	1,0000	2,36	1,2107	2,72	1,5696	3,08	2,1559
1,29	0,8990	1,65	0,9001	2,01	1,0043	2,37	1,2184	2,73	1,5824	3,09	2,1766
1,30	0,8975	1,66	0,9017	2,02	1,0086	2,38	1,2262	2,74	1,5953	3,10	2,1976
1,31	0,8960	1,67	0,9033	2,03	1,0131	2,39	1,2341	2,75	1,6084	3,11	2,2189
1,32	0,8946	1,68	0,9050	2,04	1,0176	2,40	1,2422	2,76	1,6216	3,12	2,2405
1,33	0,8934	1,69	0,9068	2,05	1,0222	2,41	1,2503	2,77	1,6351	3,13	2,2623
1,34	0,8922	1,70	0,9086	2,06	1,0269	2,42	1,2586	2,78	1,6487	3,14	2,2845
1,35	0,8912	1,71	0,9106	2,07	1,0316	2,43	1,2670	2,79	1,6625	3,15	2,3069

Tabel 5 Tabel Distribusi Z

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
-0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830

Tabel 5 Tabel Distribusi Z (Lanjutan)

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998

Lampiran C

Perhitungan TTF dan TTR, Penentuan Jenis Distribusi, Uji *Kolmogorov Smirnov*, dan Uji Mann

1. Perhitungan TTF dan TTR

a. *Bearing 1209*

Hasil perhitungan TTF dan TTR pada kerusakan komponen *bearing 1209* dapat dilihat pada Tabel C-1.

Tabel C-1 TTF dan TTR *bearing 1209* mesin giling

Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	TTF (Jam)	TTR (Jam)
Mesin Giling I						
7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00		1,5
22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	742	1,5
Mesin Giling II						
15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00		2,5
20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	671	2
14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	174	2
30 Juli 2022	21:00	30 Juli 2022	21:30	23:00	119	1,5
21-Sep-22	21:30	21-Sep-22	22:00	23:30	362,5	1,5
7-Nov-22	19:30	7-Nov-22	20:00	22:00	326	2
21-Nov-22	20:00	21-Nov-22	20:30	23:30	103	3
Mesin Giling III						
21 Februari 2022	20:00	21 Februari 2022	20:30	22:30		2
4 Agustus 2022	19:00	4 Agustus 2022	19:30	21:00	1144,5	1,5
5-Sep-22	18:30	5-Sep-22	19:00	21:30	221,5	2,5
13-Sep-22	20:30	13-Sep-22	21:00	23:30	62	2,5
21-Sep-22	17:30	21-Sep-22	18:30	21:00	44	2,5
26-Sep-22	19:30	26-Sep-22	20:00	22:00	40,5	2
2-Nov-22	22:00	3-Nov-22	22:30	1:00	266	2,5

$$\begin{aligned}
 TTF_2 &= (\text{Selisih hari kerja} \times \text{total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama} \\
 &\quad \text{selesai} - \text{Jam selesai perbaikan tanggal 7 Maret 2022}) + (\text{Jam} \\
 &\quad \text{mulai kerusakan tanggal 15 Maret 2022} - \text{Jam shift} \\
 &\quad \text{dimulai}) \\
 &= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00 - 21:00) + (20:00 - 16:00) \\
 &= 62 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTR_2 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 15 Maret 2022} - \text{Jam mulai} \\
 &\quad \text{perbaikan tanggal 15 Maret 2022} \\
 &= 23:00 - 21:00 \text{ WIB} \\
 &= 2,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_3 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 15 Maret 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 20 Juni 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (65 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (22:00-16:00) \\
&= 461 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_3 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 21 Juni 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 20 Juni 2022} \\
&= 9:30 – 7:30 \text{ WIB} \\
&= 2 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_4 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 20 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 22 Juni 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (2 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-9:30) + (21:00-16:00) \\
&= 29,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_4 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 22 Juni 2022} \\
&= 23:00 – 21:30 \text{ WIB} \\
&= 1,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_5 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 14 Juli 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (22 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (18:30-16:00) \\
&= 156,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_5 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 14 Juli 2022} \\
&= 21:00 – 19:00 \text{ WIB} \\
&= 2 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_6 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 30 Juli 2022 – Jam shift dimulai})
\end{aligned}$$

$$= (16 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-21:00) + (21:00-16:00)$$

$$= 119 \text{ jam}$$

$$\text{TTR}_6 = \text{Jam selesai perbaikan tanggal 30 Juli 2022} - \text{Jam mulai}$$

$$\text{perbaikan tanggal 30 Juli 2022}$$

$$= 23:00 - 21:30 \text{ WIB}$$

$$= 1,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_7 = (\text{Selisih hari kerja} \times \text{total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 30 Juli 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 4 Agustus 2022} - \text{Jam shift dimulai})$$

$$= (4 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (19:00-16:00)$$

$$= 31 \text{ jam}$$

$$\text{TTR}_7 = \text{Jam selesai perbaikan tanggal 4 Agustus 2022} - \text{Jam mulai}$$

$$\text{perbaikan tanggal 4 Agustus 2022}$$

$$= 21:00 - 19:30 \text{ WIB}$$

$$= 1,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_8 = (\text{Selisih hari kerja} \times \text{total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 4 Agustus 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 5 September 2022} - \text{Jam shift dimulai})$$

$$= (31 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-21:00) + (18:30-16:00)$$

$$= 221,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTR}_8 = \text{Jam selesai perbaikan tanggal 5 September 2022} - \text{Jam mulai}$$

$$\text{perbaikan tanggal 5 September 2022}$$

$$= 21:30 - 19:00 \text{ WIB}$$

$$= 2,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_9 = (\text{Selisih hari kerja} \times \text{total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 5 September 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 13 September 2022} - \text{Jam shift}$$

$$\text{dimulai})$$

$$= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-21:30) + (20:30-16:00)$$

$$= 62 \text{ jam}$$

$$\text{TTR}_9 = \text{Jam selesai perbaikan tanggal 13 September 2022} - \text{Jam mulai}$$

$$\text{perbaikan tanggal 13 September 2022}$$

$$= 23:30 - 21:00 \text{ WIB}$$

$$= 2,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTF}_{10} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama} \\ &\quad \text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 13 September 2022}) + \\ &\quad (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 21 September 2022} - \text{Jam shift} \\ &\quad \text{dimulai}) \end{aligned}$$

$$= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (17:30-16:00)$$

$$= 58 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTR}_{10} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 21 September 2022} - \text{Jam mulai} \\ &\quad \text{perbaikan tanggal 21 September 2022} \end{aligned}$$

$$= 21:00 - 18:30 \text{ WIB}$$

$$= 2,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTF}_{11} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama} \\ &\quad \text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 21 September 2022}) + \\ &\quad (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 21 September 2022} - \text{Jam shift} \\ &\quad \text{dimulai}) \end{aligned}$$

$$= (0 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-21:00) + (21:30-16:00)$$

$$= 7,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTR}_{11} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 21 September 2022} - \text{Jam mulai} \\ &\quad \text{perbaikan tanggal 21 September 2022} \end{aligned}$$

$$= 23:30 - 22:00 \text{ WIB}$$

$$= 1,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTF}_{12} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama} \\ &\quad \text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 21 September 2022}) + \\ &\quad (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 26 September 2022} - \text{Jam shift} \\ &\quad \text{dimulai}) \end{aligned}$$

$$= (5 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (19:30-16:00)$$

$$= 39 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{TTR}_{12} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 26 September 2022} - \text{Jam mulai} \\ &\quad \text{perbaikan tanggal 26 September 2022} \end{aligned}$$

$$= 22:00 - 20:00 \text{ WIB}$$

$$= 2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
TTF_{13} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 26 September 2022}) + \\
&\quad (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 2 November 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
&= (6 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-22:00) + (22:00-16:00) \\
&= 49 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_{13} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 2 November 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 2 November 2022} \\
&= 01:00 - 22:30 \text{ WIB} \\
&= 2,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_{14} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 2 November 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 7 November 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
&= (5 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (19:30-16:00) \\
&= 40,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_{14} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 7 November 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 7 November 2022} \\
&= 22:00 - 22:00 \text{ WIB} \\
&= 2 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_{15} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 7 November 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 21 November 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
&= (14 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-22:00) + (20:00-16:00) \\
&= 102,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTR_{15} &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 21 November 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 21 November 2022} \\
&= 23:00 - 20:30 \text{ WIB} \\
&= 3 \text{ jam}
\end{aligned}$$

b. Kopel

Tabel 4.C2 TTF dan TTR kopel mesin giling

Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	TTF (Jam)	TTR (Jam)
Mesin Giling I						
7 Maret 2022	19:00	7 Maret 2022	19:30	21:00		1,5
22 Juni 2022	21:00	22 Juni 2022	21:30	23:00	742	1,5
Mesin Giling II						
15 Maret 2022	20:00	15 Maret 2022	20:30	23:00		2,5
20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	9:30	671	2
14 Juli 2022	18:30	14 Juli 2022	19:00	21:00	174	2
21-Nov-22	20:00	21-Nov-22	20:30	23:30	895	3
Mesin Giling III						
13-Sep-22	20:30	13-Sep-22	21:00	23:30		2,5

$$\begin{aligned}
 TTF_2 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 15 Maret 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 20 Juni 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
 &= (95 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (22:00-16:00) \\
 &= 671 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTR_3 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 21 Juni 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 20 Juni 2022} \\
 &= 09:30 - 07:30 \text{ WIB} \\
 &= 2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTF_3 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 20 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 22 Juni 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
 &= (2 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-09:30) + (21:00-16:00) \\
 &= 29,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTR_4 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 22 Juni 2022} \\
 &= 23:00 - 21:30 \text{ WIB} \\
 &= 1,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$TTF_4 = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama$$

selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022) + (Jam mulai kerusakan tanggal 14 Juli 2022 – Jam *shift* dimulai)

$$= (22 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (18:30-16:00) \\ = 156,5 \text{ jam}$$

TTR_5 = Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 14 Juli 2022

$$= 21:00 – 19:00 \text{ WIB} \\ = 2 \text{ jam}$$

TTF_5 = (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022) + (Jam mulai kerusakan tanggal 13 September 2022 – Jam *shift* dimulai)

$$= (59 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-21:00) + (20:30-16:00) \\ = 478,5 \text{ jam}$$

TTR_6 = Jam selesai perbaikan tanggal 13 September 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 13 September 2022

$$= 23:30 – 21:00 \text{ WIB} \\ = 2,5 \text{ jam}$$

TTF_6 = (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 13 September 2022) + (Jam mulai kerusakan tanggal 21 November 2022 – Jam *shift* dimulai)

$$= (68 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (20:00-16:00) \\ = 617 \text{ jam}$$

TTR_7 = Jam selesai perbaikan tanggal 21 November 2022 – Jam mulai perbaikan tanggal 21 November 2022

$$= 23:30 – 20:30 \text{ WIB} \\ = 3 \text{ jam}$$

c. *Roll Mangel Finishing*

Tabel C-3 TTF dan TTR *Roll Mangel Finishing* mesin giling

Tanggal Kerusakan	Jam Kerusakan	Tanggal Perbaikan	Jam Mulai Perbaikan	Jam Selesai Perbaikan	TTF (Jam)	TTR (Jam)
Mesin Giling I						
7 Maret 2022	19:00	8 Maret 2022	19:30	1:00		5,5
22 Juni 2022	21:00	23 Juni 2022	21:30	2:30	742	5
Mesin Giling II						
20 Juni 2022	22:00	21 Juni 2022	7:30	13:00		5,5
14 Juli 2022	18:30	15 Juli 2022	19:00	1:00	184,5	6
Mesin Giling III						
13-Sep-22	20:30	14-Sep-22	21:00	4:00		7

$$\begin{aligned}
 TTF_2 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 20 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 22 Juni 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
 &= (2 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-13:00) + (21:00-16:00) \\
 &= 33 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTR_3 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 23 Juni 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 22 Juni 2022} \\
 &= 02:30 - 21:30 \text{ WIB} \\
 &= 5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTF_3 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 14 Juli 2022} - \text{Jam shift dimulai}) \\
 &= (22 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-02:30) + (18:30-16:00) \\
 &= 160 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTR_3 &= \text{Jam selesai perbaikan tanggal 15 Juli 2022} - \text{Jam mulai perbaikan tanggal 14 Juli 2022} \\
 &= 01:00 - 19:00 \text{ WIB} \\
 &= 6 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TTF_4 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 13 September 2022} - \text{Jam shift dimulai})
 \end{aligned}$$

$$= (59 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (20:30-16:00)$$

$$= 419,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTR}_5 = \text{Jam selesai perbaikan tanggal 14 September 2022} - \text{Jam mulai}$$

$$\text{perbaikan tanggal 13 September 2022}$$

$$= 04:00 - 21:00 \text{ WIB}$$

$$= 7 \text{ jam}$$

d. Mesin Giling

$$\text{TTF}_2 = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 7 Maret 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 15 Maret 2022} - \text{Jam shift}$$

$$\text{dimulai})$$

$$= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (20:00-16:00)$$

$$= 62 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_3 = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 15 Maret 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 20 Juni 2022} - \text{Jam shift}$$

$$\text{dimulai})$$

$$= (95 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:30) + (22:00-16:00)$$

$$= 673,5 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_4 = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 20 Juni 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 22 Juni 2022} - \text{Jam shift}$$

$$\text{dimulai})$$

$$= (2 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-13:00) + (21:00-16:00)$$

$$= 33 \text{ jam}$$

$$\text{TTF}_5 = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama}$$

$$\text{selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 22 Juni 2022}) + (\text{Jam}$$

$$\text{mulai kerusakan tanggal 28 Juni 2022} - \text{Jam shift}$$

$$\text{dimulai})$$

$$= (6 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-02:30) + (16:30-16:00)$$

$$= 46 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
TTF_6 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 28 Juni 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 14 Juli 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (16 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-19:00) + (18:30-16:00) \\
&= 118,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_7 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 14 Juli 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 30 Juli 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (16 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (21:00-16:00) \\
&= 119 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_8 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 30 Juli 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 4 Agustus 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (4 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (19:00-16:00) \\
&= 31 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_9 &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 4 Agustus 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 5 September 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (31 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (18:30-16:00) \\
&= 220 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TTF_{10} &= (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 5 September 2022}) + (\text{Jam mulai kerusakan tanggal 13 September 2022 – Jam shift dimulai}) \\
&= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:00) + (20:30-16:00) \\
&= 60,5 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$TTF_{11} = (\text{Selisih hari kerja x total jam 1 shift}) + (\text{Jam shift pertama$$

selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 13 September 2022) +
(Jam mulai kerusakan tanggal 21 September 2022 – Jam *shift*
dimulai)

$$= (8 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (17:30-16:00)$$
$$= 62,5 \text{ jam}$$

$TTF_{12} =$ (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama
selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 21 September 2022) +
(Jam mulai kerusakan tanggal 26 September 2022 – Jam *shift*
dimulai)

$$= (5 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (19:30-16:00)$$
$$= 39 \text{ jam}$$

$TTF_{13} =$ (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama
selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 26 September 2022) +
(Jam mulai kerusakan tanggal 2 November 2022 – Jam *shift*
dimulai)

$$= (36 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-22:00) + (22:00-16:00)$$
$$= 259 \text{ jam}$$

$TTF_{14} =$ (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama
selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 2 November 2022) +
(Jam mulai kerusakan tanggal 7 November 2022 – Jam *shift*
dimulai)

$$= (5 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-01:00) + (19:30-16:00)$$
$$= 40,5 \text{ jam}$$

$TTF_{15} =$ (Selisih hari kerja x total jam 1 *shift*) + (Jam *shift* pertama
selesai-Jam selesai perbaikan tanggal 7 November 2022) +
(Jam mulai kerusakan tanggal 21 November 2022 – Jam *shift*
dimulai)

$$= (14 \times 7 \text{ jam}) + (23:00-23:30) + (20:00-16:00)$$
$$= 102,5 \text{ jam}$$

2. Perhitungan Penentuan Jenis Distribusi setiap komponen

a. Distribusi Eksponensial *Bearing 1209* (TTF)

Tabel C-4 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTF *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	40,5	40,5	0,05	0,05	2,17	1640,25	0,00
2	44	44	0,13	0,14	5,97	1936,00	0,02
3	62	62	0,20	0,23	13,95	3844,00	0,05
4	103	103	0,28	0,32	33,28	10609,00	0,10
5	119	119	0,35	0,43	51,40	14161,00	0,19
6	174	174	0,43	0,55	96,40	30276,00	0,31
7	221,5	221,5	0,50	0,69	153,53	49062,25	0,48
8	266	266	0,57	0,85	227,37	70756,00	0,73
9	326	326	0,65	1,05	341,55	106276,00	1,10
10	362,5	362,5	0,72	1,29	466,51	131406,25	1,66
11	671	671	0,80	1,60	1074,94	450241,00	2,57
12	742	742	0,87	2,06	1531,95	550564,00	4,26
13	1144,5	1144,5	0,95	2,95	3378,48	1309880,25	8,71
Total	4276	4276	6,5	12,22	7377,52	2730652	20,18
Index of fit	0,9899						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{14+0,4} = 0,12$$

$$y_2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,12} \right] = 0,13$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{14+0,4} = 0,19$$

$$Y_3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,19} \right] = 0,21$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{14+0,4} = 0,26$$

$$Y_4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,26} \right] = 0,30$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{14+0,4} = 0,33$$

$$Y_5 = \ln \left[\frac{1}{1-0,33} \right] = 0,40$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{14+0,4} = 0,40$$

$$Y_6 = \ln \left[\frac{1}{1-0,40} \right] = 0,50$$

$$F(t_7) = \frac{7-0,3}{14+0,4} = 0,47$$

$$Y_7 = \ln \left[\frac{1}{1-0,47} \right] = 0,63$$

$$F(t_8) = \frac{8-0,3}{14+0,4} = 0,53$$

$$Y_8 = \ln \left[\frac{1}{1-0,53} \right] = 0,77$$

$$F(t_9) = \frac{9-0,3}{14+0,4} = 0,60$$

$$Y_9 = \ln \left[\frac{1}{1-0,60} \right] = 0,93$$

$$F(t_{10}) = \frac{10-0,3}{14+0,4} = 0,67$$

$$Y_{10} = \ln \left[\frac{1}{1-0,67} \right] = 1,12$$

$$F(t_{11}) = \frac{11-0,3}{14+0,4} = 0,74$$

$$Y_{11} = \ln \left[\frac{1}{1-0,74} \right] = 1,36$$

$$F(t_{12}) = \frac{12-0,3}{14+0,4} = 0,81$$

$$Y_{12} = \ln \left[\frac{1}{1-0,81} \right] = 1,67$$

$$F(t_{13}) = \frac{13-0,3}{14+0,4} = 0,88$$

$$Y_{13} = \ln \left[\frac{1}{1-0,88} \right] = 2,14$$

$$F(t_{14}) = \frac{14-0,3}{14+0,4} = 0,95$$

$$Y_{14} = \ln \left[\frac{1}{1-0,95} \right] = 3,02$$

$$r = \frac{14(2675,5) - (1547)(13,21)}{\sqrt{14 \times 342528,5 - (1547)^2(14 \times 22,01) - (13,21)^2}} = 0,9502$$

b. Distribusi Lognormal *Bearing 1209* (TTF)

Tabel C-5 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTF *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	t_i (jam)	x_i = ln t_i	F(t_i)	y_i	x_i x y_i	x_i²	y_i²
1	40,5	3,70	0,05	-1,62	-6,01	13,70	2,64
2	44	3,78	0,13	-1,14	-4,32	14,32	1,30
3	62	4,13	0,20	-0,84	-3,45	17,03	0,70
4	103	4,63	0,28	-0,59	-2,75	21,48	0,35
5	119	4,78	0,35	-0,38	-1,83	22,84	0,15
6	174	5,16	0,43	-0,19	-0,97	26,62	0,04
7	221,5	5,40	0,50	0,00	0,00	29,16	0,00
8	266	5,58	0,57	0,19	1,05	31,18	0,04
9	326	5,79	0,65	0,38	2,22	33,49	0,15
10	362,5	5,89	0,72	0,59	3,50	34,73	0,35
11	671	6,51	0,80	0,84	5,44	42,36	0,70
12	742	6,61	0,87	1,14	7,54	43,68	1,30

Tabel C-6 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTF bearing
1209 (Lanjutan)

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
13	1144,5	7,04	0,95	1,62	11,43	49,60	2,64
Total	4276	69,01	6,5	0,00	11,86	380,19	10,35
Index of fit	0,9902						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{14+0,4} = 0,12$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -1,18$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{14+0,4} = 0,19$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,89$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{14+0,4} = 0,26$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,65$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{14+0,4} = 0,33$$

$$Y_5 = Z_5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,45$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{14+0,4} = 0,40$$

$$Y_6 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,26$$

$$F(t_7) = \frac{7-0,3}{14+0,4} = 0,47$$

$$Y_7 = Z_7 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,09$$

$$F(t_8) = \frac{8-0,3}{14+0,4} = 0,53$$

$$Y_8 = Z_8 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,09$$

$$F(t_9) = \frac{9-0,3}{14+0,4} = 0,60$$

$$Y_9 = Z_9 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,26$$

$$F(t_{10}) = \frac{10-0,3}{14+0,4} = 0,67$$

$$Y_{10} = Z_{10} = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,45$$

$$F(t_{11}) = \frac{11-0,3}{14+0,4} = 0,74$$

$$Y_{11} = Z_{11} = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,65$$

$$F(t_{12}) = \frac{12-0,3}{14+0,4} = 0,81$$

$$Y_{12} = Z_{12} = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,89$$

$$F(t_{13}) = \frac{13-0,3}{14+0,4} = 0,88$$

$$Y_{13} = Z_{13} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 1,18$$

$$F(t_{14}) = \frac{14-0,3}{14+0,4} = 0,95$$

$$Y_{14} = Z_{14} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 1,66$$

$$r = \frac{14(9,36) - (61,13)(0)}{\sqrt{14 \times 275,22 - (61,13)^2(14 \times 11,29) - (0)^2}} = 0,9696$$

c. Distribusi Normal *Bearing 1209* (TTF)

Tabel C-7 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTF *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	40,5	40,5	0,05	-1,62	-65,8	1640,25	2,64
2	44	44	0,13	-1,14	-50,2	1936,00	1,30
3	62	62	0,20	-0,84	-51,9	3844,00	0,699400897
4	103	103	0,28	-0,59	-61,2	10609,00	0,35
5	119	119	0,35	-0,38	-45,6	14161,00	0,15
6	174	174	0,43	-0,19	-32,7	30276,00	0,04
7	221,5	221,5	0,50	0,00	0,0	49062,25	0,00
8	266	266	0,57	0,19	50,1	70756,00	0,04
9	326	326	0,65	0,38	125,0	106276,00	0,15
10	362,5	362,5	0,72	0,59	215,5	131406,25	0,35
11	671	671	0,80	0,84	561,2	450241,00	0,70
12	742	742	0,87	1,14	846,9	550564,00	1,30
13	1144,5	1144,5	0,95	1,62	1858,1	1309880,25	2,64
Total	4276	4276	6,5	0	3349,233	2730652	10,34704341
Index of fit	0,9048						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{14+0,4} = 0,12$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -1,18$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{14+0,4} = 0,19$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -0,89$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{14+0,4} = 0,26$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -0,65$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{14+0,4} = 0,33$$

$$Y_5 = Z_5 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -0,45$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{14+0,4} = 0,40$$

$$Y_6 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -0,26$$

$$F(t7) = \frac{7-0,3}{14+0,4} = 0,47$$

$$Y7 = Z7 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,09$$

$$F(t8) = \frac{8-0,3}{14+0,4} = 0,53$$

$$Y8 = Z8 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,09$$

$$F(t9) = \frac{9-0,3}{14+0,4} = 0,60$$

$$Y9 = Z9 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,26$$

$$F(t10) = \frac{10-0,3}{14+0,4} = 0,67$$

$$Y10 = Z10 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,45$$

$$F(t11) = \frac{11-0,3}{14+0,4} = 0,74$$

$$Y11 = Z11 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,65$$

$$F(t12) = \frac{12-0,3}{14+0,4} = 0,81$$

$$Y12 = Z12 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,89$$

$$F(t13) = \frac{13-0,3}{14+0,4} = 0,88$$

$$Y13 = Z13 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,18$$

$$F(t14) = \frac{14-0,3}{14+0,4} = 0,95$$

$$Y14 = Z14 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,66$$

$$r = \frac{14(9,36) - (61,13)(0)}{\sqrt{14 \times 275,22 - (61,13)^2(14 \times 11,29) - (0)^2}} = 0,9696$$

d. Distribusi Weibull *Bearing 1209* (TTF)

Tabel C-8 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTF *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	40,5	3,70	0,05	-2,93	-10,83	13,70	8,56
2	44	3,78	0,13	-2,00	-7,56	14,32	3,99
3	62	4,13	0,20	-1,49	-6,16	17,03	2,22
4	103	4,63	0,28	-1,13	-5,24	21,48	1,28
5	119	4,78	0,35	-0,84	-4,01	22,84	0,70
6	174	5,16	0,43	-0,59	-3,05	26,62	0,35
7	221,5	5,40	0,50	-0,37	-1,98	29,16	0,13
8	266	5,58	0,57	-0,16	-0,88	31,18	0,02
9	326	5,79	0,65	0,05	0,27	33,49	0,00
10	362,5	5,89	0,72	0,25	1,49	34,73	0,06
11	671	6,51	0,80	0,47	3,07	42,36	0,22

Tabel C-8 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTF bearing 1209
(Lanjutan)

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
12	742	6,61	0,87	0,72	4,79	43,68	0,53
13	1144,5	7,04	0,95	1,08	7,62	49,60	1,17
Total	4276	69,01	6,5	-6,92	-22,45	380,19	19,25
Index of fit	0,9726						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{14+0,4} = 0,12$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -2,07$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{14+0,4} = 0,19$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -1,57$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{14+0,4} = 0,26$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -1,21$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{14+0,4} = 0,33$$

$$Y_5 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,93$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{14+0,4} = 0,40$$

$$Y_6 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,69$$

$$F(t_7) = \frac{7-0,3}{14+0,4} = 0,47$$

$$Y_7 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,47$$

$$F(t_8) = \frac{8-0,3}{14+0,4} = 0,53$$

$$Y_8 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,27$$

$$F(t_9) = \frac{9-0,3}{14+0,4} = 0,60$$

$$Y_9 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,08$$

$$F(t_{10}) = \frac{10-0,3}{14+0,4} = 0,67$$

$$Y_{10} = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,11$$

$$F(t11) = \frac{11-0,3}{14+0,4} = 0,74$$

$$Y11 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,31$$

$$F(t12) = \frac{12-0,3}{14+0,4} = 0,81$$

$$Y12 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,52$$

$$F(t13) = \frac{13-0,3}{14+0,4} = 0,88$$

$$Y13 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,76$$

$$F(t14) = \frac{14-0,3}{14+0,4} = 0,95$$

$$Y14 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 1,11$$

$$r = \frac{14(-21,82) - (61,13)(-7,49)}{\sqrt{14 \times 275,22 - (61,13)^2(14 \times 21,04) - (-7,49)^2}} = 0,9161$$

e. Distribusi Eksponensial Kopel (TTF)

Tabel C-9 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTF kopel

i	ti (jam)	xi = ti	Kopel		xi x yi	xi ²	yi ²
			F(ti)	yi			
1	174	174	0,16	0,17	30,15	30276,00	0,03
2	671	671	0,39	0,49	327,68	450241,00	0,24
3	742	742	0,61	0,95	705,62	550564,00	0,90
4	895	895	0,84	1,84	1645,26	801025,00	3,38
Total	2482	2482	2,00	3,45	2708,72	1832106,00	4,55
Index of fit	0,8367						

$$xi=ti$$

$$F(t2) = \frac{2-0,3}{6+0,4} = 0,27$$

$$y2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,27} \right] = 0,31$$

$$F(t3) = \frac{3-0,3}{6+0,4} = 0,42$$

$$Y3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,42} \right] = 0,55$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{6+0,4} = 0,58$$

$$Y4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,58} \right] = 0,86$$

$$F(t5) = \frac{5-0,3}{6+0,4} = 0,73$$

$$Y5 = \ln \left[\frac{1}{1-0,73} \right] = 1,33$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{6+0,4} = 0,89$$

$$Y_6 = \ln \left[\frac{1}{1-0,89} \right] = 2,21$$

$$r = \frac{6(2824,13) - (2014,5)(5,37)}{\sqrt{6 \times 1089098 - (2014,5)^2(14 \times 7,81) - (5,37)^2}} = 0,9172$$

f. Distribusi Lognormal Kopel (TTF)

Tabel C-10 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTF kopel

i	ti (jam)	xi = ln ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	174	5,16	0,16	-1,00	-5,15	26,62	1,00
2	671	6,51	0,39	-0,29	-1,88	42,36	0,08
3	742	6,61	0,61	0,29	1,91	43,68	0,08
4	895	6,80	0,84	1,00	6,78	46,20	1,00
Total	2482	25,07	2,00	0,00	1,66	158,86	2,16
Index of fit	0,8725						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{6+0,4} = 0,27$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -1,18$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{6+0,4} = 0,42$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,89$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{6+0,4} = 0,58$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,65$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{6+0,4} = 0,73$$

$$Y_5 = Z_5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,45$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{6+0,4} = 0,89$$

$$Y_6 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,26$$

$$r = \frac{6(5,5) - (31,67)(0)}{\sqrt{6 \times 175,74 - (31,67)^2(14 \times e,89) - (0)^2}} = 0,9522$$

g. Distribusi Normal Kopel (TTF)

Tabel C-11 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTF kopel

i	ti (jam)	xi = ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	174	174	0,16	-1,00	-173,69	30276,00	0,996
2	671	671	0,39	-0,29	-193,79	450241,00	0,083
3	742	742	0,61	0,29	214,30	550564,00	0,083
4	895	895	0,84	1,00	893,39	801025,00	0,996
Total	2482	2482	2,00	0,00	740,21	1832106,00	2,16
Index of fit	0,9321						

$$xi=ti$$

$$F(t2) = \frac{2-0,3}{6+0,4} = 0,27$$

$$y2 = Z2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,63$$

$$F(t3) = \frac{3-0,3}{6+0,4} = 0,42$$

$$Y3 = Z3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,20$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{6+0,4} = 0,58$$

$$Y4 = Z4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,20$$

$$F(t5) = \frac{5-0,3}{6+0,4} = 0,73$$

$$Y5 = Z5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,63$$

$$F(t6) = \frac{6-0,3}{6+0,4} = 0,89$$

$$Y6 = Z6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,23$$

$$r = \frac{6(1199,91)-(2104,5)(0)}{\sqrt{6 \times 1089098,75 - (2014,5)^2(6 \times 3,89) - (0)^2}} = 0,9474$$

h. Distribusi Weibull Kopel (TTF)

Tabel C-12 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTF kopel

i	ti (jam)	xi = ln ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	174	5,16	0,16	-1,75	-9,04	26,62	3,07
2	671	6,51	0,39	-0,72	-4,66	42,36	0,51
3	742	6,61	0,61	-0,05	-0,33	43,68	0,00
4	895	6,80	0,84	0,61	4,14	46,20	0,37
Total	2482	25,07	2,00	-1,91	-9,90	158,86	3,96
Index of fit	0,9170						

$$xi=ln ti$$

$$F(t2) = \frac{2-0,3}{6+0,4} = 0,27$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -1,18$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{6+0,4} = 0,42$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,60$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{6+0,4} = 0,258$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,15$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{6+0,4} = 0,73$$

$$Y_5 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,28$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{6+0,4} = 0,89$$

$$Y_6 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,79$$

$$r = \frac{6(-9,11) - (31,67)(-3)}{\sqrt{6 \times 175,74 - (31,67)^2(14 \times 7,12) - (-3)^2}} = 0,9703$$

i. Distribusi Eksponensial *Roll Mangel Finishing* (TTF)

Tabel C-13 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTF *roll mangel finishing*

i	ti (jam)	xi = ti	Roll Mangel Finishing				xi ²	yi ²
			F(ti)	yi	xi x yi			
1	184,5	184,5	0,29	0,34	63,62	34040,25	0,12	
2	742	742	0,71	1,23	914,25	550564,00	1,52	
Total	926,5	926,5	1	1,58	977,87	584604,25	1,64	
Index of fit	1							

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{4+0,4} = 0,39$$

$$y_2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,39} \right] = 0,49$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{4+0,4} = 0,61$$

$$Y_3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,61} \right] = 0,95$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{4+0,4} = 0,84$$

$$Y_4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,84} \right] = 1,84$$

$$r = \frac{4(1822,89) - (1341,5)(3,45)}{\sqrt{4 \times 734110,25 - (1341,5)^2(4 \times 4,55) - (3,45)^2}} = 0,9948$$

j. Distribusi Lognormal *Roll Mangel Finshing* (TTF)

Tabel C-14 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTF *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	184,5	5,22	0,29	-0,55	-2,86	27,22	0,30
2	742	6,61	0,71	0,55	3,63	43,68	0,30
Total	926,5	11,83	1	0	0,76	70,91	0,60
Index of fit	1						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{4+0,4} = 0,39$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,29$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{4+0,4} = 0,61$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,29$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{4+0,4} = 0,64$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1$$

$$r = \frac{4(3,37) - (21,2)(0)}{\sqrt{4x117,9 - (21,2)^2(4x2,16) - (0)^2}} = 0,9757$$

k. Distribusi Normal *Roll Mangel Finshing* (TTF)

Tabel C-15 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTF *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	184,5	184,5	0,29	-0,55	-101,20	34040,25	0,301
2	742	742	0,71	0,55	407,00	550564,00	0,301
Total	926,5	926,5	1	0	305,80	584604,25	0,60
Index of fit	1						

$$xi = ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{4+0,4} = 0,39$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,29$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{4+0,4} = 0,61$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,29$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{4+0,4} = 0,64$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1$$

$$r = \frac{4(769,69) - (1341,5)(0)}{\sqrt{4x734110,25 - (1341,5)^2(4x2,16) - (0)^2}} = 0,9825$$

l. Distribusi Weibull *Roll Mangel Finishing* (TTF)

Tabel C-16 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTF *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	184,5	5,22	0,29	-1,06	-5,56	27,22	1,13
2	742	6,61	0,71	0,21	1,38	43,68	0,04
Total	926,5	11,83	1	-0,86	-4,18	70,91	1,18
Index of fit	1						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{4+0,4} = 0,39$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,72$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{4+0,4} = 0,61$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,05$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{4+0,4} = 0,84$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,61$$

$$r = \frac{4(-6,06) - (21,2)(-1,91)}{\sqrt{4 \times 117,9 - (21,2)^2(4 \times 3,96) - (-1,91)^2}} = 0,9934$$

m. Distribusi Eksponensial *Bearing 1209* (TTR)

Tabel C-17 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	1,5	1,5	0,04	0,04	0,07	2,25	0,00
2	1,5	1,5	0,10	0,11	0,16	2,25	0,01
3	1,5	1,5	0,16	0,18	0,27	2,25	0,03
4	1,5	1,5	0,23	0,26	0,38	2,25	0,07
5	1,5	1,5	0,29	0,34	0,51	2,25	0,11
6	2	2	0,35	0,43	0,85	4,00	0,18
7	2	2	0,41	0,53	1,05	4,00	0,28

Tabel C-17 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR bearing 1209 (Lanjutan)

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
8	2	2	0,47	0,63	1,27	4,00	0,40
9	2	2	0,53	0,76	1,51	4,00	0,57
10	2	2	0,59	0,90	1,79	4,00	0,80
11	2,5	2,5	0,65	1,06	2,64	6,25	1,12
12	2,5	2,5	0,71	1,25	3,12	6,25	1,56
13	2,5	2,5	0,77	1,49	3,72	6,25	2,22
14	2,5	2,5	0,84	1,80	4,51	6,25	3,25
15	2,5	2,5	0,90	2,27	5,67	6,25	5,14
16	3	3	0,96	3,15	9,46	9,00	9,95
Total	33,00	33,00	8,00	15,18	36,99	71,50	25,69
Index of fit	0,9112						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{16+0,4} = 0,1$$

$$y_2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,1} \right] = 0,11$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{16+0,4} = 0,16$$

$$Y_3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,16} \right] = 0,18$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{16+0,4} = 0,23$$

$$Y_4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,23} \right] = 0,26$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{16+0,4} = 0,29$$

$$Y_5 = \ln \left[\frac{1}{1-0,29} \right] = 0,34$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{16+0,4} = 0,35$$

$$Y_6 = \ln \left[\frac{1}{1-0,35} \right] = 0,43$$

$$F(t_7) = \frac{7-0,3}{16+0,4} = 0,41$$

$$Y_7 = \ln \left[\frac{1}{1-0,41} \right] = 0,53$$

$$F(t_8) = \frac{8-0,3}{16+0,4} = 0,47$$

$$Y_8 = \ln \left[\frac{1}{1-0,47} \right] = 0,63$$

$$F(t_9) = \frac{9-0,3}{16+0,4} = 0,53$$

$$Y_9 = \ln \left[\frac{1}{1-0,53} \right] = 0,76$$

$$F(t_{10}) = \frac{10-0,3}{16+0,4} = 0,59$$

$$Y_{10} = \ln \left[\frac{1}{1-0,59} \right] = 0,9$$

$$F(t_{11}) = \frac{11-0,3}{16+0,4} = 0,65$$

$$Y_{11} = \ln \left[\frac{1}{1-0,65} \right] = 1,06$$

$$F(t_{12}) = \frac{12-0,3}{16+0,4} = 0,71$$

$$Y_{12} = \ln \left[\frac{1}{1-0,71} \right] = 1,25$$

$$F(t_{13}) = \frac{13-0,3}{16+0,4} = 0,77$$

$$Y_{13} = \ln \left[\frac{1}{1-0,77} \right] = 1,49$$

$$F(t_{14}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,84$$

$$Y_{14} = \ln \left[\frac{1}{1-0,84} \right] = 1,8$$

$$F(t_{15}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,9$$

$$Y_{15} = \ln \left[\frac{1}{1-0,9} \right] = 2,27$$

$$F(t_{16}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,96$$

$$Y_{16} = \ln \left[\frac{1}{1-0,96} \right] = 3,15$$

$$r = \frac{1636,99 - (33)(15,18)}{\sqrt{16 \times 71,5 - (33)^2(16 \times 25,69) - (15,18)^2}} = 0,9112$$

n. Distribusi Lognormal *Bearing 1209* (TTR)

Tabel C-18 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	t_i (jam)	x_i = ln t_i	F(t_i)	y_i	x_i x y_i	x_i²	y_i²
1	1,5	0,41	0,04	-1,72	-0,70	0,16	2,96
2	1,5	0,41	0,10	-1,26	-0,51	0,16	1,59
3	1,5	0,41	0,16	-0,98	-0,40	0,16	0,95
4	1,5	0,41	0,23	-0,75	-0,31	0,16	0,57
5	1,5	0,41	0,29	-0,56	-0,23	0,16	0,32
6	2	0,69	0,35	-0,39	-0,27	0,48	0,15
7	2	0,69	0,41	-0,23	-0,16	0,48	0,05
8	2	0,69	0,47	-0,08	-0,05	0,48	0,01
9	2	0,69	0,53	0,08	0,05	0,48	0,01
10	2	0,69	0,59	0,23	0,16	0,48	0,05
11	2,5	0,92	0,65	0,39	0,36	0,84	0,15

Tabel C-18 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR bearing 1209
(Lanjutan)

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
12	2,5	0,92	0,71	0,56	0,52	0,84	0,32
13	2,5	0,92	0,77	0,75	0,69	0,84	0,57
14	2,5	0,92	0,84	0,98	0,89	0,84	0,95
15	2,5	0,92	0,90	1,26	1,16	0,84	1,59
16	3	1,10	0,96	1,72	1,89	1,21	2,96
Total	33,00	11,17	8,00	0,00	3,10	8,63	13,20
Index of fit	0,9369						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{16+0,4} = 0,1$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -1,26$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{16+0,4} = 0,16$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,98$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{16+0,4} = 0,23$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,75$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{16+0,4} = 0,29$$

$$Y_5 = Z_5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,56$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{16+0,4} = 0,35$$

$$Y_6 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,39$$

$$F(t_7) = \frac{7-0,3}{16+0,4} = 0,41$$

$$Y_7 = Z_7 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,23$$

$$F(t_8) = \frac{8-0,3}{16+0,4} = 0,47$$

$$Y_8 = Z_8 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,08$$

$$F(t_9) = \frac{9-0,3}{16+0,4} = 0,53$$

$$Y_9 = Z_9 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,08$$

$$F(t_{10}) = \frac{10-0,3}{16+0,4} = 0,59$$

$$Y_{10} = Z_{10} = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,23$$

$$F(t_{11}) = \frac{11-0,3}{16+0,4} = 0,65$$

$$Y_{11} = Z_{11} = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,39$$

$$F(t_{12}) = \frac{12-0,3}{16+0,4} = 0,71$$

$$Y_{12} = Z_{12} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 0,56$$

$$F(t_{13}) = \frac{13-0,3}{16+0,4} = 0,77$$

$$Y_{13} = Z_{13} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 0,75$$

$$F(t_{14}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,84$$

$$Y_{14} = Z_{14} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 0,98$$

$$F(t_{15}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,90$$

$$Y_{15} = Z_{14} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 1,26$$

$$F(t_{16}) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,96$$

$$Y_{16} = Z_{14} = \Phi^{-1}[F(t_i)] = 1,72$$

$$r = \frac{16(3,1) - (11,17)(0)}{\sqrt{16 \times 8,63 - (11,17)^2(16 \times 13,2) - (0)^2}} = 0,9369$$

o. Distribusi Normal *Bearing 1209* (TTR)

Tabel C-19 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	1,5	0,04	-1,72	-2,6	2,25	2,96
2	1,5	1,5	0,10	-1,26	-1,9	2,25	1,59
3	1,5	1,5	0,16	-0,98	-1,5	2,25	0,95
4	1,5	1,5	0,23	-0,75	-1,1	2,25	0,57
5	1,5	1,5	0,29	-0,56	-0,8	2,25	0,32
6	2	2	0,35	-0,39	-0,8	4	0,15
7	2	2	0,41	-0,23	-0,5	4	0,05
8	2	2	0,47	-0,08	-0,2	4	0,01
9	2	2	0,53	0,08	0,2	4	0,01
10	2	2	0,59	0,23	0,5	4	0,05
11	2,5	2,5	0,65	0,39	1,0	6,25	0,15
12	2,5	2,5	0,71	0,56	1,4	6,25	0,32
13	2,5	2,5	0,77	0,75	1,9	6,25	0,57
14	2,5	2,5	0,84	0,98	2,4	6,25	0,95
15	2,5	2,5	0,90	1,26	3,2	6,25	1,59
16	3	3	0,96	1,72	5,2	9	2,96
Total	33,00	33,00	8,00	0,00	6,33	71,50	13,20
Index of fit	0,9397						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{16+0,4} = 0,1$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(t_i)] = -1,26$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{16+0,4} = 0,16$$

$$Y3 = Z3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,98$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{16+0,4} = 0,23$$

$$Y4 = Z4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,75$$

$$F(t5) = \frac{5-0,3}{16+0,4} = 0,29$$

$$Y5 = Z5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,56$$

$$F(t6) = \frac{6-0,3}{16+0,4} = 0,35$$

$$Y6 = Z6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,39$$

$$F(t7) = \frac{7-0,3}{16+0,4} = 0,41$$

$$Y7 = Z7 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,23$$

$$F(t8) = \frac{8-0,3}{16+0,4} = 0,47$$

$$Y8 = Z8 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,08$$

$$F(t9) = \frac{9-0,3}{16+0,4} = 0,53$$

$$Y9 = Z9 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,08$$

$$F(t10) = \frac{10-0,3}{16+0,4} = 0,59$$

$$Y10 = Z10 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,23$$

$$F(t11) = \frac{11-0,3}{16+0,4} = 0,65$$

$$Y11 = Z11 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,39$$

$$F(t12) = \frac{12-0,3}{16+0,4} = 0,71$$

$$Y12 = Z12 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,56$$

$$F(t13) = \frac{13-0,3}{16+0,4} = 0,77$$

$$Y13 = Z13 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,75$$

$$F(t14) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,84$$

$$Y14 = Z14 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,98$$

$$F(t15) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,90$$

$$Y15 = Z14 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,26$$

$$F(t16) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,96$$

$$Y16 = Z14 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,72$$

$$r = \frac{16(6,33)-(33)(0)}{\sqrt{16 \times 71,5 - (33)^2(16 \times 13,2) - (0)^2}} = 0,9397$$

p. Distribusi Weibull *Bearing 1209* (TTR)

Tabel C-20 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTR *bearing 1209*

<i>Bearing 1209</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	0,41	0,04	-3,13	-1,27	0,16	9,81
2	1,5	0,41	0,10	-2,21	-0,90	0,16	4,89
3	1,5	0,41	0,16	-1,72	-0,70	0,16	2,94
4	1,5	0,41	0,23	-1,36	-0,55	0,16	1,86
5	1,5	0,41	0,29	-1,09	-0,44	0,16	1,18
6	2	0,69	0,35	-0,85	-0,59	0,48	0,72
7	2	0,69	0,41	-0,64	-0,45	0,48	0,41
8	2	0,69	0,47	-0,46	-0,32	0,48	0,21
9	2	0,69	0,53	-0,28	-0,19	0,48	0,08
10	2	0,69	0,59	-0,11	-0,08	0,48	0,01
11	2,5	0,92	0,65	0,06	0,05	0,84	0,00
12	2,5	0,92	0,71	0,22	0,20	0,84	0,05
13	2,5	0,92	0,77	0,40	0,36	0,84	0,16
14	2,5	0,92	0,84	0,59	0,54	0,84	0,35
15	2,5	0,92	0,90	0,82	0,75	0,84	0,67
16	3	1,10	0,96	1,15	1,26	1,21	1,32
Total	33,00	11,17	8,00	-8,62	-2,31	8,63	24,67
Index of fit	0,9120						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{16+0,4} = 0,1$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -2,21$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{16+0,4} = 0,16$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -1,72$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{16+0,4} = 0,23$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -1,36$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{16+0,4} = 0,29$$

$$Y_5 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -1,09$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{16+0,4} = 0,35$$

$$Y_6 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -0,85$$

$$F(t7) = \frac{7-0,3}{16+0,4} = 0,41$$

$$Y7 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -0,64$$

$$F(t8) = \frac{8-0,3}{16+0,4} = 0,47$$

$$Y8 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -0,46$$

$$F(t9) = \frac{9-0,3}{16+0,4} = 0,53$$

$$Y9 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -0,28$$

$$F(t10) = \frac{10-0,3}{16+0,4} = 0,59$$

$$Y10 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = -0,11$$

$$F(t11) = \frac{11-0,3}{16+0,4} = 0,65$$

$$Y11 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,06$$

$$F(t12) = \frac{12-0,3}{16+0,4} = 0,71$$

$$Y12 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,22$$

$$F(t13) = \frac{13-0,3}{16+0,4} = 0,77$$

$$Y13 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,4$$

$$F(t14) = \frac{14-0,3}{16+0,4} = 0,84$$

$$Y14 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,59$$

$$F(t15) = \frac{15-0,3}{16+0,4} = 0,9$$

$$Y15 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 0,82$$

$$F(t16) = \frac{16-0,3}{16+0,4} = 0,96$$

$$Y16 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(ti)}))] = 1,15$$

$$r = \frac{16(-2,31) - (11,17)(-8,62)}{\sqrt{16 \times 8,63 - (11,17)^2(14 \times 24,67) - (-8,62)^2}} = 0,9120$$

q. Distribusi Eksponensial Kopel (TTR)

Tabel C-21 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR kopel

i	ti (jam)	xi = ti	Kopel		xi x yi	xi ²	yi ²
			F(ti)	yi			
1	1,5	1,5	0,09	0,10	0,15	2,25	0,01
2	1,5	1,5	0,23	0,26	0,39	2,25	0,07
3	2	2	0,36	0,45	0,91	4,00	0,21
4	2	2	0,50	0,69	1,39	4,00	0,48
5	2,5	2,5	0,64	1,01	2,52	6,25	1,02
6	2,5	2,5	0,77	1,47	3,68	6,25	2,16
7	3	3	0,91	2,36	7,07	9,00	5,56
Total	15,00	15,00	3,50	6,34	16,11	34,00	9,51
Index of fit	0,95						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{7+0,4} = 0,23$$

$$y_2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,23} \right] = 0,26$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{7+0,4} = 0,36$$

$$Y_3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,36} \right] = 0,45$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{7+0,4} = 0,50$$

$$Y_4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,50} \right] = 0,69$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{7+0,4} = 0,64$$

$$Y_5 = \ln \left[\frac{1}{1-0,64} \right] = 1,01$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,77$$

$$Y_6 = \ln \left[\frac{1}{1-0,77} \right] = 1,47$$

$$F(t_7) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,91$$

$$Y_7 = \ln \left[\frac{1}{1-0,89} \right] = 2,36$$

$$r = \frac{7(16,11) - (15)(6,34)}{\sqrt{7 \times 34 - (15)^2(7 \times 9,51) - (6,34)^2}} = 0,95$$

r. Distribusi Lognormal Kopel (TTR)

Tabel C-22 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR kopel

i	ti (jam)	xi = ln ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	0,41	0,09	-1,31	-0,53	0,16	1,72
2	1,5	0,41	0,23	-0,74	-0,30	0,16	0,55
3	2	0,69	0,36	-0,35	-0,24	0,48	0,12
4	2	0,69	0,50	0,00	0,00	0,48	0,00
5	2,5	0,92	0,64	0,35	0,32	0,84	0,12
6	2,5	0,92	0,77	0,74	0,68	0,84	0,55
7	3	1,10	0,91	1,31	1,44	1,21	1,72
Total	15,00	5,13	3,50	0,00	1,37	4,18	4,78
Index of fit	0,96						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{7+0,4} = 0,23$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,74$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{7+0,4} = 0,36$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,35$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{7+0,4} = 0,50$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{7+0,4} = 0,64$$

$$Y_5 = Z_5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,35$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,77$$

$$Y_6 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,74$$

$$F(t_7) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,91$$

$$Y_7 = Z_6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,31$$

$$r = \frac{7(1,37) - (5,13)(0)}{\sqrt{7 \times 4,18 - (5,13)^2(7 \times 4,78) - (0)^2}} = 0,96$$

s. Distribusi Normal Kopel (TTR)

Tabel C-23 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR kopel

i	ti (jam)	xi = ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	1,5	0,09	-1,31	-1,97	2,25	1,72
2	1,5	1,5	0,23	-0,74	-1,11	2,25	0,55
3	2	2	0,36	-0,35	-0,69	4,00	0,12
4	2	2	0,50	0,00	0,00	4,00	0,00

Tabel C-23 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR kopel
(Lanjutan)

i	ti (jam)	xi = ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
5	2,5	2,5	0,64	0,35	0,86	6,25	0,12
6	2,5	2,5	0,77	0,74	1,85	6,25	0,55
7	3	3	0,91	1,31	3,94	9,00	1,72
Total	15,00	15,00	3,50	0,00	2,88	34,00	4,78
Index of fit	0,97						

$$xi=ti$$

$$F(t2) = \frac{2-0,3}{7+0,4} = 0,23$$

$$y2 = Z2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,74$$

$$F(t3) = \frac{3-0,3}{7+0,4} = 0,36$$

$$Y3 = Z3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,35$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{7+0,4} = 0,50$$

$$Y4 = Z4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0$$

$$F(t5) = \frac{5-0,3}{7+0,4} = 0,64$$

$$Y5 = Z5 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,35$$

$$F(t6) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,77$$

$$Y6 = Z6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,74$$

$$F(t7) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,91$$

$$Y7 = Z6 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,31$$

$$r = \frac{7(2,88) - (15)(0)}{\sqrt{7 \times 34 - (15)^2(7 \times 4,78) - (0)^2}} = 0,97$$

t. Distribusi Weibull Kopel (TTR)

Tabel C-24 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTR kopel

i	ti (jam)	xi = ln ti	Kopel				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	1,5	0,41	0,09	-2,31	-0,94	0,16	5,33
2	1,5	0,41	0,23	-1,34	-0,54	0,16	1,80
3	2	0,69	0,36	-0,79	-0,55	0,48	0,62
4	2	0,69	0,50	-0,37	-0,25	0,48	0,13
5	2,5	0,92	0,64	0,01	0,01	0,84	0,00
6	2,5	0,92	0,77	0,39	0,35	0,84	0,15
7	3	1,10	0,91	0,86	0,94	1,21	0,74
Total	15,00	5,13	3,50	-3,56	-0,98	4,18	8,78
Index of fit	0,95						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{7+0,4} = 0,23$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -1,34$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{7+0,4} = 0,36$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,79$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{7+0,4} = 0,50$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,37$$

$$F(t_5) = \frac{5-0,3}{7+0,4} = 0,64$$

$$Y_5 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,01$$

$$F(t_6) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,77$$

$$Y_6 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,39$$

$$F(t_7) = \frac{6-0,3}{7+0,4} = 0,91$$

$$Y_7 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,86$$

$$r = \frac{7(-0,98) - (5,13)(-3,56)}{\sqrt{7 \times 4,18 - (5,13)^2(7 \times 8,78) - (-3,56)^2}} = 0,95$$

u. Distribusi Eksponensial *Roll Mangel Finshing* (TTR)

Tabel C-25 Perhitungan *index of fit* distribusi eksponensial TTR *roll mangel finishing*

i	ti (jam)	xi = ti	Roll Mangel Finshing				
			F(ti)	yi	xi x yi	xi ²	yi ²
1	5	5	0,13	0,14	0,69	25	0,02
2	5,5	5,5	0,31	0,38	2,08	30,25	0,14
3	5,5	5,5	0,50	0,69	3,81	30,25	0,48
4	6	6	0,69	1,16	6,93	36,00	1,34
5	7	7	0,87	2,04	14,30	49,00	4,17
Total	29,00	29,00	2,50	4,41	27,82	170,50	6,15
Index of fit	0,99						

$$xi = ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{5+0,4} = 0,31$$

$$y_2 = \ln \left[\frac{1}{1-0,31} \right] = 0,38$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{5+0,4} = 0,50$$

$$Y3 = \ln \left[\frac{1}{1-0,50} \right] = 0,69$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,69$$

$$Y4 = \ln \left[\frac{1}{1-0,69} \right] = 1,16$$

$$F(t5) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,87$$

$$Y5 = \ln \left[\frac{1}{1-0,87} \right] = 2,04$$

$$r = \frac{5(27,82)-(29)(4,41)}{\sqrt{5 \times 170,5 - (29)^2(5 \times 6,15) - (4,41)^2}} = 0,99$$

v. Distribusi Lognormal *Roll Mangel Finishing* (TTR)

Tabel C-26 Perhitungan *index of fit* distribusi lognormal TTR *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	5	1,61	0,13	-1,13	-1,82	2,59	1,27
2	5,5	1,70	0,31	-0,48	-0,82	2,91	0,23
3	5,5	1,70	0,50	0,00	0,00	2,91	0,00
4	6	1,79	0,69	0,48	0,86	3,21	0,23
5	7	1,95	0,87	1,13	2,20	3,79	1,27
Total	29,00	8,76	2,50	0,00	0,42	15,40	3,01
Index of fit	0,96						

$$xi = \ln ti$$

$$F(t2) = \frac{2-0,3}{5+0,4} = 0,31$$

$$y2 = Z2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,48$$

$$F(t3) = \frac{3-0,3}{5+0,4} = 0,50$$

$$Y3 = Z3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0$$

$$F(t4) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,69$$

$$Y4 = Z4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,48$$

$$F(t5) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,87$$

$$Y5 = Z4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,13$$

$$r = \frac{5(0,42)-(8,76)(0)}{\sqrt{5 \times 15,4 - (8,76)^2(5 \times 3,01) - (0)^2}} = 0,96$$

w. Distribusi Normal *Roll Mangel Finshing* (TTR)

Tabel C-27 Perhitungan *index of fit* distribusi normal TTR *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	5	5	0,13	-1,13	-5,64	25,00	1,27
2	5,5	5,5	0,31	-0,48	-2,65	30,25	0,23
3	5,5	5,5	0,50	0,00	0,00	30,25	0,00
4	6	6	0,69	0,48	2,89	36,00	0,23
5	7	7	0,87	1,13	7,90	49,00	1,27
Total	29,00	29,00	2,50	0,00	2,50	170,50	3,01
Index of fit	0,95						

$$xi=ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{5+0,4} = 0,31$$

$$y_2 = Z_2 = \Phi^{-1}[F(ti)] = -0,48$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{5+0,4} = 0,50$$

$$Y_3 = Z_3 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,69$$

$$Y_4 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 0,48$$

$$F(t_5) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,87$$

$$Y_5 = Z_4 = \Phi^{-1}[F(ti)] = 1,13$$

$$r = \frac{5(2,5)-(29)(0)}{\sqrt{5 \times 170,5 - (29)^2(5 \times 3,01) - (0)^2}} = 0,95$$

x. Distribusi Weibull *Roll Mangel Finshing* (TTR)

Tabel C-28 Perhitungan *index of fit* distribusi weibull TTR *roll mangel finishing*

<i>Roll Mangel Finishing</i>							
i	ti (jam)	xi = ln ti	F(ti)	yi	xi x yi	xi²	yi²
1	5	1,61	0,13	-1,97	-3,18	2,59	3,90
2	5,5	1,70	0,31	-0,97	-1,66	2,91	0,95
3	5,5	1,70	0,50	-0,37	-0,62	2,91	0,13
4	6	1,79	0,69	0,14	0,26	3,21	0,02
5	7	1,95	0,87	0,71	1,39	3,79	0,51
Total	29,00	8,76	2,50	-2,45	-3,81	15,40	5,51
Index of fit	0,93						

$$xi=ln ti$$

$$F(t_2) = \frac{2-0,3}{5+0,4} = 0,31$$

$$y_2 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,97$$

$$F(t_3) = \frac{3-0,3}{5+0,4} = 0,50$$

$$Y_3 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = -0,37$$

$$F(t_4) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,69$$

$$Y_4 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,14$$

$$F(t_5) = \frac{4-0,3}{5+0,4} = 0,87$$

$$Y_5 = [\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t_i)}))] = 0,71$$

$$r = \frac{5(-3,81) - (8,76)(-2,45)}{\sqrt{5 \times 15,4 - (8,76)^2 - (5 \times 5,51) - (-2,45)^2}} = 0,93$$

3. Perhitungan Uji Kolmogorov-Smirnov

a. Bearing 1209

Untuk $n = 14$ dan $\alpha = 0,05$, maka $Derit = 0,349$

$$Z_{3,43} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,43 - 134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1562$$

$$Z_{3,66} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,66 - 134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1562$$

$$Z_{3,70} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,70 - 134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,70}) = 0,1562$$

$$Z_{3,89} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,89 - 134,29}{129,84}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{3,49}) = 0,1587$$

$$Z_{4,06} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,06 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,06}) = 0,1587$$

$$Z_{4,13} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,13 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,13}) = 0,1587$$

$$Z_{4,13} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,13 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,13}) = 0,1587$$

$$Z_{4,63} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,63 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,63}) = 0,1587$$

$$Z_{4,75} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,75 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,75}) = 0,1587$$

$$Z_{4,78} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,78 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,78}) = 0,1587$$

$$Z_{5,05} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{5,05 - 134,29}{129,84}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{5,05}) = 0,1611$$

$$Z_{5,40} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{5,40 - 134,29}{129,84}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{5,40}) = 0,1611$$

$$Z_{6,51} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{6,51 - 134,29}{129,84}\right) = -0,98$$

$$\Phi(Z_{6,51}) = 0,1635$$

b. *Bearing 1209* (TTR)

Untuk $n = 16$ dan $\alpha = 0,05$, maka Derit = 0,349

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,06}{1,38}\right) = -1,20$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1151$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,06}{1,38}\right) = -1,20$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1151$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,06}{1,38}\right) = -1,20$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1151$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,06}{1,38}\right) = -1,20$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1151$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,06}{1,38}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1611$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,06}{1,38}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1611$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69-2,06}{1,38}\right) = -0,99$$

$$\Phi (Z_{0,69}) = 0,1611$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69-2,06}{1,38}\right) = -0,99$$

$$\Phi (Z_{0,69}) = 0,1611$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69-2,06}{1,38}\right) = -0,99$$

$$\Phi (Z_{0,69}) = 0,1611$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,06}{1,38}\right) = -0,83$$

$$\Phi (Z_{0,92}) = 0,2033$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,06}{1,38}\right) = -0,83$$

$$\Phi (Z_{0,92}) = 0,2033$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,06}{1,38}\right) = -0,83$$

$$\Phi (Z_{0,92}) = 0,2033$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,06}{1,38}\right) = -0,83$$

$$\Phi (Z_{0,92}) = 0,2033$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,06}{1,38}\right) = -0,83$$

$$\Phi (Z_{0,92}) = 0,2033$$

$$Z_{1,1} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,1-2,06}{1,38}\right) = -0,70$$

$$\Phi (Z_{1,1}) = 0,2420$$

c. Kopel (TTR)

Untuk n = 7 dan $\alpha = 0,05$, maka Derit = 0,483

$$Z_{0,41} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41-2,14}{1,43}\right) = -1,21$$

$$\Phi (Z_{0,41}) = 0,1131$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41-2,14}{1,43}\right) = -1,21$$

$$\Phi (Z_{0,41}) = 0,1131$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69-2,14}{1,43}\right) = -1,01$$

$$\Phi (Z_{0,69}) = 0,1562$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69-2,14}{1,43}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1562$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,14}{1,43}\right) = -0,86$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1949$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,14}{1,43}\right) = -0,86$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1949$$

$$Z_{1,10} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,10-2,14}{1,43}\right) = -0,73$$

$$\Phi(Z_{1,10}) = 0,2327$$

d. *Roll Mangel Finishing* (TTR)

Untuk $n = 5$ dan $\alpha = 0,05$, maka Derit = 0,563

$$Z_{1,61} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,61-5,80}{4,05}\right) = -1,03$$

$$\Phi(Z_{1,61}) = 0,1515$$

$$Z_{1,70} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,70-5,80}{4,05}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{1,70}) = 0,1562$$

$$Z_{1,70} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,70-5,80}{4,05}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{1,70}) = 0,1562$$

$$Z_{1,79} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,79-5,80}{4,05}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{1,79}) = 0,1611$$

$$Z_{1,95} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,95-5,80}{4,05}\right) = -0,95$$

$$\Phi(Z_{1,95}) = 0,1711$$

e. *Mesin Giling* (TTF)

Untuk $n = 15$ dan $\alpha = 0,05$, maka Derit = 0,349

$$Z_{3,50} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,50-134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1562$$

$$Z_{3,66} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,66-134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1562$$

$$Z_{3,70} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,70-134,29}{129,84}\right) = -1,01$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1562$$

$$Z_{3,83} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{3,83 - 134,29}{129,84}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{3,43}) = 0,1587$$

$$Z_{4,10} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,10 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,10}) = 0,1587$$

$$Z_{4,13} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,13 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,10}) = 0,1587$$

$$Z_{4,14} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,14 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,14}) = 0,1587$$

$$Z_{4,75} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,75 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,14}) = 0,1587$$

$$Z_{4,77} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,77 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,77}) = 0,1587$$

$$Z_{4,78} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{4,78 - 134,29}{129,84}\right) = -1,0$$

$$\Phi(Z_{4,78}) = 0,1587$$

$$Z_{5,39} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{5,39 - 134,29}{129,84}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{5,39}) = 0,1611$$

$$Z_{5,56} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{5,56 - 134,29}{129,84}\right) = -0,99$$

$$\Phi(Z_{5,56}) = 0,1611$$

$$Z_{6,51} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{6,51 - 134,29}{129,84}\right) = -0,98$$

$$\Phi(Z_{6,51}) = 0,1635$$

f. Mesin Giling (TTR)

Untuk $n = 38$ dan $\alpha = 0,05$, maka $Derit = 0,215$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,41} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,41 - 2,95}{2,03}\right) = -1,25$$

$$\Phi(Z_{0,41}) = 0,1056$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,69} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,69 - 2,95}{2,03}\right) = -1,11$$

$$\Phi(Z_{0,69}) = 0,1335$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{0,92} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{0,92-2,95}{2,03}\right) = -1,00$$

$$\Phi(Z_{0,92}) = 0,1587$$

$$Z_{1,10} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,10-2,95}{2,03}\right) = -0,91$$

$$\Phi(Z_{1,10}) = 0,1587$$

$$Z_{1,10} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,10-2,95}{2,03}\right) = -0,91$$

$$\Phi(Z_{1,10}) = 0,1587$$

$$Z_{1,25} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,25-2,95}{2,03}\right) = -0,84$$

$$\Phi(Z_{1,25}) = 0,2005$$

$$Z_{1,39} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,39-2,95}{2,03}\right) = -0,77$$

$$\Phi(Z_{1,39}) = 0,2206$$

$$Z_{1,39} = \left(\frac{xi-\mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,39-2,95}{2,03}\right) = -0,77$$

$$\Phi(Z_{1,39}) = 0,2206$$

$$Z_{1,61} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,61 - 2,95}{2,03}\right) = -0,66$$

$$\Phi(Z_{1,61}) = 0,2546$$

$$Z_{1,61} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,61 - 2,95}{2,03}\right) = -0,66$$

$$\Phi(Z_{1,61}) = 0,2546$$

$$Z_{1,61} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,61 - 2,95}{2,03}\right) = -0,66$$

$$\Phi(Z_{1,61}) = 0,2546$$

$$Z_{1,61} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,61 - 2,95}{2,03}\right) = -0,66$$

$$\Phi(Z_{1,61}) = 0,2546$$

$$Z_{1,70} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,70 - 2,95}{2,03}\right) = -0,61$$

$$\Phi(Z_{1,70}) = 0,2709$$

$$Z_{1,70} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,70 - 2,95}{2,03}\right) = -0,61$$

$$\Phi(Z_{1,70}) = 0,2709$$

$$Z_{1,79} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,79 - 2,95}{2,03}\right) = -0,57$$

$$\Phi(Z_{1,79}) = 0,2843$$

$$Z_{1,95} = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right) = \left(\frac{1,95 - 2,95}{2,03}\right) = -0,49$$

$$\Phi(Z_{1,95}) = 0,3121$$