

**PENENTUAN KOMPONEN KRITIS DAN INTERVAL
PERAWATAN SERTA JUMLAH STOK *SPARE PART* PADA
MESIN CHIMEI DI PT XYZ DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINETENANCE (RCM) DAN
KLASIFIKASI ABC**



TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)**

MAYRANDI

20170201104

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA

2021

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Nama : Mayrandi
NIM : 20170201104
Program Studi : Teknik Industri – Universitas Esa Unggul
Judul Tugas Akhir : Penentuan komponen kritis dan interval perawatan serta jumlah stok *spare part* pada mesin chimei di PT XYZ dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan Klasifikasi ABC

Tugas Akhir di atas telah disetujui dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul.

Jakarta, 18 Februari 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi



(Dr. Iphov K. Sriwana, ST., M.Si)

Pembimbing



(Taufiqur Rachman, ST., MT)

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Mayrandi
NIM : 20170201104
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tugas Akhir : Penentuan komponen kritis dan interval perawatan serta jumlah stok spare part pada mesin chimei di PT XYZ dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan Klasifikasi ABC

Telah dinyatakan **Lulus Ujian Tugas Akhir** pada tanggal Jakarta, 18 Februari 2021

Dihadapan pembimbing dan penguji sebagai berikut :


Pembimbing



(Taufiqur Rachman, ST., MT)

Tim penguji :

1. Dr.Arief Suwandi,ST., MT


(.....)

2. Dr.Iphov K. Sriwana, S.T, M.Si


(.....)

Jakarta, 18 Februari 2021

Universitas Esa Unggul

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Industri

Ketua Program Studi



(Dr.Iphov K. Sriwana, S.T, M.Si)

**PENENTUAN KOMPONEN KRITIS DAN INTERVAL
PERAWATAN SERTA JUMLAH STOK *SPARE PART* PADA
MESIN CHIMEI DI PT XYZ DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINETENANCE (RCM) DAN
KLASIFIKASI ABC**

Mayrandi ¹⁾, Taufiqur Rahman²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul

²⁾Dosen Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul

Jalan Arjuna Utara No.9, Jakarta Barat

Email : mayrandi95@gmail.com

Abstrak

Sistem perawatan pada mesin chimei di PT XYZ menggunakan program preventif dan korektif. Namun, pada pelaksanaan program ini masih terjadi kendala dikarenakan perusahaan belum memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) yang memadai untuk mengatasi kerusakan mesin tersebut. Akibat dari masalah tersebut terjadi peningkatan nilai downtime yang mengakibatkan menurunnya potensi keuntungan, kapasitas produksi, dan lainnya. Untuk mengatasi masalah tersebut peneliti mengusulkan untuk menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM terdiri dari *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), diagram pareto, analisis MTTF dan MTTR. Kemudian dianalisa Klasifikasi ABC dan *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk mengetahui biaya material dan jumlah persediaan yang dibutuhkan untuk setiap masing-masing komponen kritis.

Kata kunci : *RCM, FMEA, Klasifikasi ABC, dan EOQ*

Abstract

Maintenance system on chimei machine at PT XYZ uses a preventive and corrective program. However, in the implementation of this program there are still obstacles because the company does not have adequate Standard Operating Procedures (SOP) to deal with the malfunction of the machine. As a result of this problem there is an increase in the value of downtime which results in a decrease in profit potential, production capacity, and others. To solve this problem the researcher proposes to use the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. RCM consists of *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), Pareto diagram, MTTF and MTTR analysis. Then analyzed the ABC classification and *Economic Order Quantity* (EOQ) to determine the material costs and the amount of inventory needed for each critical component.

Keywords : *RCM, FMEA, Klasifikasi ABC, EOQ.*

PENDAHULUAN

Perkembangan di zaman modern dan teknologi semakin maju seperti ini membuat perusahaan dibidang manufaktur dituntut untuk meningkatkan produktifitas di perusahaannya. Agar dapat bersaing dengan perusahaan lain, salah satu caranya yaitu dengan meningkatkan produktivitas yang diantaranya dapat dilakukan dengan menjaga kelancaran proses produksi.

Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti sumber daya manusia serta kondisi dari fasilitas produksi yang dimiliki, dalam hal ini mesin produksi dan peralatan pendukung lain. Mesin sebagai pembantu manusia tentu mempunyai masa performa untuk bekerja secara optimal, yang bertujuan untuk menghasilkan program pemeliharaan yang didasarkan pada teknik RCM pada bagian komponen mesin.

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang farmasi. Berbagai macam jenis multivitamin yang telah diproduksi oleh PT XYZ diantaranya dalam sediaan *Effervescent*, yang memiliki total kerusakan tertinggi selama periode jan 2019 – des 2020 yaitu 318 kerusakan dari 6 mesin yang ada.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *preventive maintenance* yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan (*design*) dan kualitas pembentukan *preventive maintenance* yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan (Alghofari et al., 2006).

Klasifikasi ABC merupakan klasifikasi dari suatu kelompok material dalam susunan menurun berdasarkan biaya penggunaan material itu perperiode waktu (harga perunit material dikalikan volume penggunaan dari material itu selama periode tertentu), (Rasjidin, 2016).

Dalam pengendalian persediaan baik bahan baku maupun produk jadi dapat dilakukan dengan menggunakan metode EOQ. Secara umum perhitungan menggunakan metode EOQ dipengaruhi oleh biaya pemesanan,

biaya penyimpanan dan biaya pembelian. Biaya pemesanan diperoleh langsung dari perusahaan dengan total selama setahun. Biaya penyimpanan diestimasi berdasarkan rata-rata penyimpanan barang selama satu tahun (Indroprastodan Erma, 2012).

Berdasarkan pada permasalahan diatas penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode RCM, Klasifikasi ABC dan EOQ yang diharapkan mampu mengetahui komponen-komponen kritis dari sistem yang menyebabkan terjadinya *line stop* pada mesin chimei, memberikan usulan tentang jadwal penggantian dari komponen-komponen kritis tersebut sehingga mampu menurunkan total *downtime* pada mesin chimei serta mampu mengendalikan biaya penggunaan material dan jumlah stok yang dibutuhkan di PT XYZ.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah PT. XYZ. Langkah-langkah mengidentifikasi masalah dalam melakukan pengolahan data antara lain sebagai berikut :

1. Penentuan topik dan studi pendahuluan. Topik yang dibahas pada penelitian ini adalah mengenai perawatan mesin atau asset menggunakan *Reliability Centered Maintenance*, Klasifikasi ABC dan EOQ. Studi pendahuluan dilakukan dalam pencarian objek penelitian yang memiliki masalah dalam breakdown mesin dan dapat diperbaiki dengan metode *Reliability Centered Maintenance* kemudian dihitung biaya penggunaan material dan biaya persediaan di PT XYZ.
2. Pada tahap identifikasi masalah ini penulis melakukan observasi langsung pada area kerja produksi agar mendapatkan informasi secara akurat mengenai pokok permasalahan yang ada.
3. Dengan melihat langsung kelapangan, penulis mempelajari apa yang terjadi di Department Produksi dan departemen lain yang berhubungan dengan proses produksi, pada proses perbaikan mesin Chimei.
4. Wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang kompeten.

5. Studi pustaka dilakukan untuk mempelajari buku atau jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti.
6. Pada tahap ini akan ditentukan mengenai objek yang akan diteliti berdasarkan pada hasil pengolahan data kerusakan mesin yang ada.
7. Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada tahap ini dimulai dengan mendefinisikan mode kegagalan selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi serta nilai RPN.
8. Analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Secara umum tahapan ini dilakukan dengan cara pengamatan mesin, penentuan mesin kritis, dan selanjutnya mencari penyebab kerusakan mesin tersebut serta alternative penanggulangannya.
9. Analisa Klasifikasi ABC untuk menghitung biaya penggunaan material yang dibutuhkan pada komponen-komponen mesin yang digunakan.
10. Analisa *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk menghitung jumlah stok yang dibutuhkan.
11. Kesimpulan dibuat dari hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan usulan yang dibuat dan analisis yang dilakukan terhadap usulan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kerusakan Mesin Produksi Sediaan *Effervescent*

Data historis kerusakan pada mesin produksi sediaan *effervescent* periode Jan 2019 – Des 2020 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Historis Kerusakan Mesin

Nama Mesin	Frekuensi Kerusakan
Zancheta	46
RVS	61
Pampac	74
Checkweigher	30
Chimei	93
Bhisamon	20

Berdasarkan Tabel 1. didapatkan bahwa frekuensi kerusakan terbesar adalah mesin

Chimei sehingga dijadikan sebagai objek penelitian.

Data Kerusakan Mesin Chimei

Data historis kerusakan subsistem dari mesin Chimei periode Jan 2019 – Des 2020 dapat dilihat pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Data Kerusakan Mesin CO 1

Subsistem Mesin	Frekuensi Kerusakan
<i>Conveyor</i>	10
<i>Panel electric</i>	15
<i>Plat griffer</i>	35
<i>Cam and Follower</i>	13
<i>Rantai utama</i>	11
<i>Roller opp</i>	9

Berdasarkan Tabel 2. didapat bahwa frekuensi kerusakan terbesar terjadi pada subsistem *Panel electric*, *plat griffer*, dan *cam and follower* sehingga dijadikan sebagai objek penelitian lebih lanjut.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Ada tujuh langkah dalam metode RCM, yaitu:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil data historis perusahaan, subsistem yang memenuhi kriteria untuk dianalisis adalah subsistem *Turret Assembly*, *Feeding Frame Device* dan *Main Drive*, karena subsistem ini merupakan bagian yang mengalami frekuensi kerusakan yang tinggi sehingga menyebabkan *downtime* yang tinggi pula.

2. Definisikan Batasan Sistem

Pada tahap ini definisi batasan sistem sangat diperlukan, karena dengan adanya batasan sistem dapat membedakan batasan secara jelas antara sistem yang satu dengan sistem lainnya dan mampu membuat daftar komponen yang mendukung sistem tersebut. Berdasarkan penjelasan sebelumnya sistem yang akan dianalisis adalah *Panel electric*, *plat griffer*, dan *cam and follower*. Komponen-komponen dari setiap subsistem yang sering mengalami kerusakan adalah:

1. *Plat griffer* terdiri dari:

- Cutting plat

- Heater
- 2. *Cam and follower* terdiri dari:
 - *As pusher opp*
- 3. *Panel electric* terdiri dari:
 - *Sensor*
 - *Plc cable*

3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram

1. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram

Pendeskripsian sistem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat didalam sistem tersebut.

Input

Sebelum masuk mesin chimei pack dijalankan menuju conveyor, kemudian mesin chimei akan bekerja bila pack tersebut menutupi sensor.

Process

Setelah menutupi sensor mesin chimei secara otomatis akan mendorong 5 pack tersebut menggunakan as pusher dan dilanjutkan dengan membungkus pack tersebut menggunakan foil, dimana foil tersebut akan dipotong sesuai ukuran dengan cutting plat dan direkatkan dengan plat heater. Kemudian, dilanjutkan dengan proses yang sama untuk mendapatkan 1 opp yang terdiri dari 5 pack.

Output

Setelah mendapatkan 1 opp dilanjutkan dengan memasukkan kedalam master box.

4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Fungsi sistem ini merupakan kinerja yang diharapkan dari suatu sistem untuk dapat beroperasi sedangkan kegagalan fungsi merupakan ketidakmampuan suatu fungsi untuk memenuhi standar yang diharapkan. Aktivitas penelusuran data akan lebih terstruktur dan mudah dilakukan dengan pengkodean fungsi dan kegagalan fungsi. Pengkodean fungsi dan kegagalan fungsi dilakukan dengan keterangan sebagai berikut:

- Huruf melambangkan nama unit operasi dari mesin chimei
- Angka pertama melambangkan nama komponen utama mesin chimei
- Angka kedua melambangkan kegagalan fungsi

Fungsi sistem dan kegagalan fungsi mesin chimei dapat dilihat pada (Lampiran: Tabel 1.)

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

Failure mode and effect analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan pada produksi tablet. Dengan demikian dapat diberikan perlakuan lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat. Hal utama dalam FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN). Berikut data dari komponen mesin chimei yang akan diidentifikasi penyebab kegagalannya dapat dilihat pada (Lampiran: Tabel 2.)

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) mengandung informasi nomor, nama kegagalan fungsi, komponen yang mengalami kegagalan, fungsi komponen dan mode kerusakan komponen dan analisis kekritisannya. Empat hal penting dalam analisis kekritisannya yaitu menanyakan tentang evident, safety, outages. Pengisian tabel LTA (Lampiran: Tabel 3.) dilakukan diskusi dengan operator produksi, supervisor teknik dan teknisi *line*. Hasil analisis LTA menunjukkan bahwa kerusakan di mesin chimei bersifat *outage problem* yang dapat mengakibatkan kegagalan total di sistem dan bersifat *economic problem* yaitu menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

7. Pemilihan tindakan perawatan

Berdasarkan hasil penelitian untuk komponen-komponen yang mengalami kegagalan pada mesin chimei, maka dapat diperoleh beberapa tindakan perawatan. (Lampiran: Tabel 4.) menunjukkan hasil rekapitulasi pemilihan tindakan yang diambil dari *failure cause* pada FMEA dan LTA. Tindakan perawatan T.D (Time

Directed) bertujuan untuk menghindari kegagalan komponen dengan lebih fokus pada aktivitas penggantian komponen yang dilakukan secara berkala sedangkan C.D (*Condition Directed*) bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta *memonitoring* sejumlah data yang ada.

Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR

Hasil perhitungan rekapitulasi MTTF dan MTTR dapat dilihat pada Tabel 5. (lampiran)

Interval Waktu Perawatan

Sesuai dengan hasil perhitungan dan analisa yang telah dirangkum dari tabel sebelumnya, didapatkan informasi sebagai berikut:

- a. Komponen cutting plat sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 49454 menit = 824 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 52.93 menit per shutdown.
- b. Komponen heater sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 62990 menit = 1049 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 48.66 menit per shutdown
- c. Komponen as pusher opp sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 79835 menit = 1330 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 66.57menit pershutdown

Penentuan Waktu Pemeriksaan Komponen

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan interval waktu optimal untuk dilakukan pemeriksaan terhadap masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 6. Sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Periodic Inspection

No	Komponen	Frekuensi pemeriksaan	Interval pemeriksaan (jam)
1	Cutting plat	1.1782 kali/bulan	485.4863
2	Heater	0.9859 kali/bulan	580.1805
3	As pusher opp	0.7907 kali/bulan	723.4096

Klasifikasi ABC

Untuk menentukan *spart part* yang di klasifikasikan, data *spart part* di ambil dari data part FMEA yang sudah di dapat, maka pengertian dari Klasifikasi ABC, yaitu metode yang menempatkan klasifikasi yang berbeda dengan tingkat kepentingan yang semakin menurun. Pengendalian persediaan difokuskan pada beberapa material yang kritis saja. Material yang dianggap kritis yaitu material yang menjadi investasi terbesar bagi perusahaan. Berikut adalah hasil perhitungan Klasifikasi ABC untuk part kritis mesin *chimei* dari bulan Januari 2019 sampai bulan Desember 2020 dapat dilihat pada Tabel 7. sebagai berikut::

Tabel 7. Klasifikasi ABC

Part kritis	Pergantian part selama 2 tahun	Cost part	Cost unit 2 tahun	Nilai kumulatif	Nilai kumulatif (%)	Kelas ABC
<i>Cutting plat</i>	18	500.000	9.000.000	9.000.000	43%	A
<i>Heater</i>	12	400.000	4.800.000	13.800.000	23%	A
<i>As pusher opp</i>	10	300.000	3.000.000	16.800.000	14%	A
<i>sensor</i>	8	300.000	2.400.000	19.200.000	11%	B
<i>Plc cable</i>	7	275.000	1.925.000	21.125.000	9%	C

Economic Order Quantity (EOQ)

Untuk mengetahui jumlah spare part yang dibutuhkan setiap masing-masing komponen dalam setahun dapat dilihat pada Tabel 8. Sebagai berikut:

Komponen	Jumlah barang	Biaya pemesanan	Harga per unit	Biaya penyimpanan	Persediaan spare part/tahun
Cutting plat	14.1384 = 15	50.000	500.000	1%	18 pcs
Heater	11.8303 = 12	40.000	400.000	1%	16 pcs
As pusher opp	9.4884 = 10	30.000	300.000	1%	15 pcs

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis pemecahan masalah maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin chimei di pilih dari mesin-mesin yang lain karena tingkat kerusakannya yang tinggi dengan frekuensi 93 kerusakan selama 2 tahun.
2. Untuk menentukan perhitungan maka, dibagi menjadi beberapa sistem yang mengalami masalah kerusakan mulai dari Panel, conveyor, Plat grifer, cam and follower, rantai utama, dan roller opp.
3. Dari keenam system tersebut di dapatkan 3 sistem yang mengalami kerusakan paling banyak yaitu:
 - Plat grifer dengan memiliki subsistem : cutting plat dan heater
 - Cam and follower dengan memiliki subsistem : as pusher opp
 - Panel control dengan memiliki subsistem : plc kabel dan sensor

Untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal pada mesin chimei diperlukan analisis fungsi sistem serta kegagalan sistem menggunakan metode FMEA didapatkan 3 komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi yaitu komponen cutting plat dengan RPN 126, komponen heater dengan RPN 126, dan komponen as pusher opp dengan RPN 90.
4. Analisa Keandalan dilakukan terhadap tiga komponen dengan nilai RPN tertinggi dengan hasil sebagai berikut.

- a. Cutting plat memiliki nilai MTTF sebesar 49454 menit dan nilai MTTR sebesar 52.93 menit. Hal ini berarti Cutting plat berpotensi mengalami kegagalan setelah 49454 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 53 menit dan di lanjutkan menentukan pemeriksaan komponen dengan hasil 1.1782 kali/bulan dan interval perawatan 485.4863 jam
 - b. Heater memiliki nilai MTTF sebesar 62990 menit dan nilai MTTR sebesar 48.66 menit. Hal ini berarti Heater berpotensi mengalami kegagalan setelah 62990 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 49 menit dan di lanjutkan menentukan pemeriksaan komponen dengan hasil 0.9859kali/bulan dan interval perawatan 580.1805 jam
 - c. As pusher opp memiliki nilai MTTF sebesar 79835 menit dan nilai MTTR sebesar 66.57 menit. Hal ini berarti As pusher opp berpotensi mengalami kegagalan setelah 79835 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 67 menit dan di lanjutkan menentukan pemeriksaan komponen dengan hasil 0.7907kali/bulan dan interval perawatan 723.4096 jam.
5. Klasifikasi ABC pada seitan komponen kritis di klasifikasikan sebagai berikut:
 - a. Cutting plat masuk dalam klasifikasi: A
 - b. Heater masuk dalam klasifikasi: A
 - c. As pusher opp masuk dalam klasifikasi: B
 - d. Plc kabel masuk dalam klasifikasi: B
 - e. Sensor masuk dalam klasifikasi: C

6. *Economic Order Quantity* pada setiap masing-masing komponen mesin chimei yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:
 - a. Cutting plat dibutuhkan 18pcs persediaan komponen dalam setahun.
 - b. Heater dibutuhkan 16pcs persediaan komponen dalam setahun.
 - c. As pusher opp dibutuhkan 15pcs persediaan komponen dalam setahun.

<https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol18.no1.86-93>.

Rasjidin, R. (2016). *Perancangan Kondisi Persediaan Optimal Untuk Produk Pipa di CV. Mitra Manunggal Perkasa*. 12–27.

Rasjidin, R., & Wahyuningrum, I. (2005). *Analisis Preventive Maintenance Jig Welding Pada Proses Perakitan Support Assy Clutch Pedal Untuk Mobil Toyota Kijang Innova Di*. 4(2), 91–98.

DAFTAR PUSTAKA

- Afegy, I. H. (2010). Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. *Engineering*, 02(11),863–873.
- Alghofari, A. K., Djunaidi, M., & Fauzan, A. (2006). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill Dengan Basis Rcm (Reliability Centered Maintenance). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 5(2), 45–52.
- Indroprasto dan Erma S. 2012. Analisis pengendalian persediaan produk dengan metode EOQ menggunakan algoritma genetika untuk mengefisiensikan biaya persediaan. *Jurnal Teknik ITS*,1 (1): 305-309.
- Kurniawan, R. A., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Mesin Stitching Dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 83.
- Nofi Erni, A. N. L. (2016). USULAN PENURUNAN TINGKAT CACAT PADA AREA PERAKITAN. Pengukuran Waktu dengan Studi Waktu. *Inovisi*, 96–103.
- Praharsi, Y., Sriwana, I. K., & Sari, D. M. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Pt . Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 14(1), 59–65.
- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 86.

LAMPIRAN

Tabel 1. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Kode Fungsi Mesin	Kode Kegagalan Fungsi	Uraian Fungsi
A.1		Untuk memproses pack yang di dorong dengan ass pusher yang terdiri dari cutting plat dan plat heater
	A.1.1	Untuk memotong foil sesuai ukuran yang di tentukan
	A.1.2	Untuk merekatkan foil yang membungkus pack menjadi opp
A.2		Alat untuk menggerakan as pusher opp
	A.2.1	Untuk mendorong pack yang telah di jalankan oleh conveyor
A.3		Sebagai otak untuk menjalankan kelistrikan
	A.3.1	Untuk membaca pack apabila pack menutupi sensor maka mesin chimei akan bekerja apabila tidak menutupi sensor mesin tidak bekerja
	A.3.2	Sebagai alat untuk menyambungkan panel ke sensor

(Sumber: PT XYZ, 2020)

Tabel 2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

No	Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effects	Severity	Occurance	Detection	RPN
1.	<i>Cutting plat</i>	Cutting plat tumpul	Terjadi benturan dengan bantalan cutting plat	Foil tidak terpotong dengan sempurna yang membuat mesin berhenti proses	6	7	3	126
2.	<i>Heater</i>	Plat heater tidak panas	Kabel isolator plat heater putus dan terjadi gesekan dengan plat	Foil tidak melekat pada pack yang membuat pack tidak terbungkus	6	7	3	126
3.	<i>As pusher opp</i>	As pusher haus dan tidak terdorong	Ass pusher seret pada saat mendorong pack	Pack tidak dapat tedorong dan membuat prosester hambat	6	5	3	90
4.	<i>Sensor</i>	Sensor tidak berfungsi	Umur sensor yang sudah lama	Pack yang menutupi sensor tidak bekerja karna sensor mati	5	4	2	40
5.	<i>Plc cable</i>	Plc cable putus	Terjadi gesekan pada plc cable yang membuat cable putus	Sensor sensor pada mesin tidak bekerja yang membuat kegagalan dalam proses	6	4	2	48

Tabel 3. Rekapitulasi Identifikasi Hasil LTA

No	Komponen	Failure Mode	<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	<i>Category</i>
1.	<i>Cutting plat</i>	<i>Cutting plat</i> tumpul	Y	T	Y	B
2.	<i>Heater</i>	<i>Plat heater</i> tidak panas	Y	T	Y	B
3.	<i>As pusher opp</i>	<i>As pusher</i> haus dan tidak terdorong	Y	T	Y	B
4.	<i>Sensor</i>	Sensor tidak berfungsi	Y	T	Y	B
5.	<i>Plc cable</i>	<i>Plc cable</i> putus	Y	T	Y	B

Tabel 4. Pemilihan Tindakan Perawatan Mesin Chimei

No	Komponen	Failure Mode	Selection Guide							Selection Task
			1	2	3	4	5	6	7	
1.	<i>Cutting plat</i>	Cutting plat tumpul	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
2.	<i>Heater</i>	Plat heater tidak panas	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
3.	<i>As pusher opp</i>	As pusher haus dan tidak terdorong	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
4.	<i>Sensor</i>	Sensor tidak berfungsi	Y	T	Y	T	-	Y	-	C.D
5.	<i>Plc cable</i>	Plc cable putus	Y	T	Y	T	-	Y	-	C.D

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai MTTF dan MTTR

Komponen	Data	Distribusi	β	α	θ	μ	σ	MTTF (menit)	MTTR (menit)
Cutinng plat	Kerusakan	weibull	3.366	-36.747	49454.296	-	-	49454	-
	Perbaikan	weibull	2.171	-8.881	52.93	-	-	-	52.93
Heater	Kerusakan	lognormal	-	-	-	11.044	0.107	62990	-
	Perbaikan	weibull	2.405	-9.636	48.66	-	-	-	48.66
As pusher opp	Kerusakan	lognormal	-	-	-	11.259	0.238	79835	-
	Perbaikan	lognormal	-	-	-	4.050	0.543	-	66.57

LAMPIRAN

1. Data interval kerusakan komponen cutting plat

No	Tanggal	Interval waktu (hari)
1	5 Januari 2019	-
2	25 Februari 2019	51
3	12 April 2019	46
4	6 Mei 2019	24
5	21 Mei 2019	15
6	21 Juni 2019	31
7	22 Juli 2019	31
8	18 September 2019	27
9	22 Oktober 2019	34
10	15 November 2019	24
11	22 Desember 2019	37
12	10 Februari 2020	50
13	15 Maret 2020	33
14	15 April 2020	29
15	30 Mei 2020	45
16	17 Juli 2020	48
17	28 Agustus 2020	42
18	10 Oktober 2020	43
19	27 Oktober 2020	17
20	21 November 2020	25
21	25 Desember 2020	34

2. Data interval kerusakan komponen heater

No	Tanggal	Interval waktu (hari)
1	5 Januari 2019	-
2	16 Februari 2019	42
3	21 April 2019	64
4	20 Juni 2019	57
5	9 Agustus 2019	53
6	31 Agustus 2019	22
7	3 Oktober 2019	33
8	14 November 2019	42
9	5 Januari 2020	52
10	5 Februari 2020	31
11	22 April 2020	77
12	7 Juni 2020	46
13	10 Juli 2020	33
14	16 Agustus 2020	37
15	22 September 2020	37
16	20 November 2020	59

3. Data interval kerusakan komponen as pusher opp

No	Tanggal	Interval waktu (hari)
1	1 Januari 2019	-
2	20 Februari 2019	50
3	15 April 2019	54
4	21 Mei 2019	36
5	12 Juli 2019	52
6	16 September 2019	66
7	12 November 2019	57
8	12 Januari 2020	61
9	17 Februari 2020	36
10	12 April 2020	55
11	27 Mei 2020	45
12	22 Juli 2020	56
13	25 September 2020	65
14	20 Desember 2020	86

4. Waktu perbaikan komponen cutting plat

No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total perbaikan (menit)
1	25 Februari 2019	15:00	15:55	55
2	12 April 2019	8:00	9:20	80
3	6 Mei 2019	12:30	14:00	90
4	21 Mei 2019	4:15	5:15	60
5	21 Juni 2019	20:25	21:00	35
6	22 Juli 2019	11:10	12:00	40
7	18 September 2019	3:45	4:15	30
8	22 Oktober 2019	10:23	11:10	47
9	15 November 2019	1:35	1:45	10
10	22 Desember 2019	8:45	9:45	60
11	10 Februari 2020	14:22	15:15	53
12	15 Maret 2020	15:00	15:30	30
13	15 April 2020	12:05	12:40	35
14	30 Mei 2020	5:30	7:30	120
15	17 Juli 2020	2:12	3:15	63
16	28 Agustus 2020	17:45	18:15	30
17	10 Oktober 2020	11:00	11:47	47
18	27 Oktober 2020	9:24	10:10	46
19	21 November 2020	3:45	4:50	65
20	25 Desember 2020	10:00	10:45	45

5. Waktu perbaikan komponen heater

No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total perbaikan (menit)
1	16 Februari 2019	12:30	14:00	90
2	21 April 2019	20:25	21:00	35
3	20 Juni 2019	3:45	4:15	30
4	9 Agustus 2019	11:10	12:00	50
5	31 Agustus 2019	1:35	1:45	60
6	3 Oktober 2019	10:23	11:10	47
7	14 November 2019	14:22	15:15	53
8	5 Januari 2020	8:45	9:45	60
9	5 Februari 2020	11:00	11:47	13
10	22 April 2020	17:30	18:00	30
11	7 Juni 2020	5:30	6:30	60
12	10 Juli 2020	10:00	10:45	45
13	16 Agustus 2020	6:15	6:45	30
14	22 September 2020	12:00	12:50	50
15	20 November 2020	3:45	4:50	65

6. Waktu perbaikan komponen as pusher opp

No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total perbaikan (menit)
1	20 Februari 2019	15:15	14:00	45
2	15 April 2019	4:00	5:30	90
3	21 Mei 2019	20:00	21:30	90
4	12 Juli 2019	14:25	15:00	35
5	16 September 2019	15:00	15:45	45
6	12 November 2019	23:35	1:45	130
7	12 Januari 2020	22:15	23:15	60
8	17 Februari 2020	5:05	6:30	85
9	12 April 2020	11:15	13:15	120
10	27 Mei 2020	6:00	6:45	45
11	22 Juli 2020	9:34	10:10	36
12	25 September 2020	17:10	17:30	20
13	20 Desember 2020	21:10	22:00	50

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengumpulan Data

PT XYZ Farma merupakan perusahaan farmasi yang menjalankan proses produksi secara terus menerus selama 24 jam dalam satu hari. Hal ini mengharuskan kinerja dari mesin yang digunakan dalam keadaan baik sehingga proses produksi dapat tercapai sesuai target. Kinerja mesin yang baik dapat didukung dengan sistem perawatan yang terencana. Pada permasalahan ini yang akan dijadikan objek penelitian adalah mesin-mesin yang digunakan untuk produksi sediaan *effervescent*.

4.1.1. Data Kerusakan Mesin Produksi Sediaan *Solid*

Data historis kerusakan pada mesin produksi sediaan *effervescent* periode Jan 2019 – Des 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut:

Tabel 4.1. Data Historis Kerusakan Mesin

Nama Mesin	Frekuensi Kerusakan
ZANCHETA	40
RVS	61
PAMPAC	74
CHECKWEIGHER	30
CHIMEI	93
BHISAMON	20

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan bahwa frekuensi kerusakan terbesar adalah mesin chimei sehingga dijadikan sebagai objek penelitian. Mesin chimei berfungsi sebagai mesin yang digunakan untuk membungkus pack dengan *foil plastic* dalam satu bungkus terdapat 5 pack.

4.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Metode pemeliharaan untuk Mesin Chimei di PT XYZ masih bersifat *unplanned maintenance*. Langkah-langkah proses analisis dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah:

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
2. Definisikan batasan sistem
3. Deskripsi sistem dan blokfungsi
4. Fungsisistem dan kegagalan fungsi
5. *Failure mode and effect analysis* (FMEA)
6. *Logic Tree Analysis* (LTA)
7. Pemilihan tindakan perawatan

4.2.1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pada penelitian ini yang dijadikan objek penelitian adalah MesinChimei, dimana mesin pengemas pack sachet terdiri dari beberapa subsistem. Subsistem yang dipilih untuk dilakukan analisis adalah subsistem yang banyak mengalami kerusakan sehingga dapat berpengaruh dalam menurunkan kineja proses produksi.

Data historis kerusakan subsistem dari mesin chimei periode Jan 2019 – Des 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Data Kerusakan Mesin Chimei

Subsistem Mesin	Frekuensi Kerusakan
<i>Conveyor</i>	10
<i>Panel electric</i>	15
<i>Plat griffer</i>	35
<i>Cam and follower</i>	13
<i>Rantai utama</i>	11
<i>Roller opp</i>	9

Berdasarkan Tabel 4.2 didapat bahwa frekuensi kerusakan terbesar terjadi pada subsistem *plat griffer*, *panel electric* dan *cam and follower* sehingga dijadikan sebagai objek penelitian lebih lanjut.

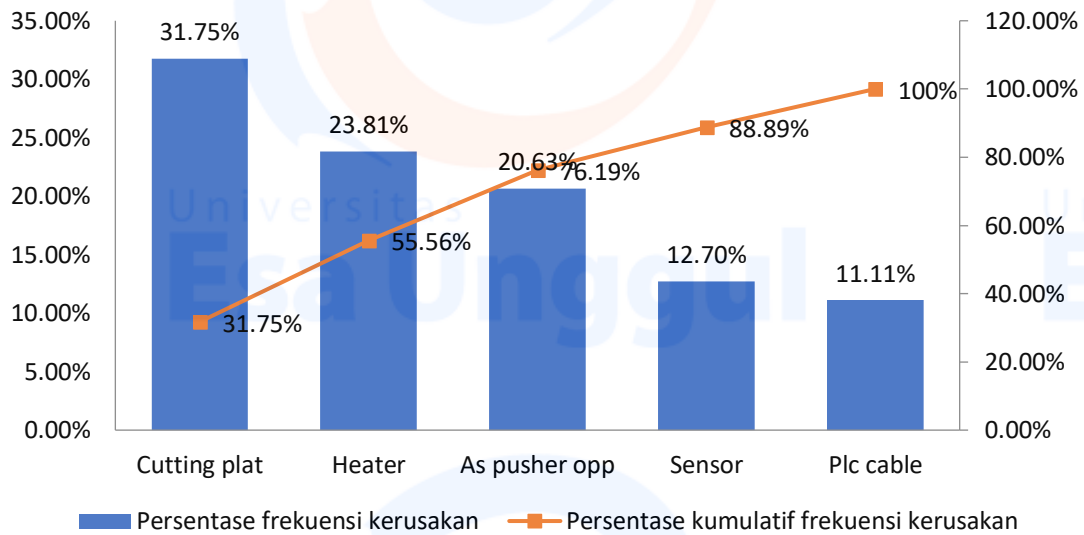
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil data historis perusahaan, subsistem yang memenuhi criteria untuk dianalisis adalah subsistem *Plat griffer*, *Cam and follower* dan *Panel electric* karena subsistem ini merupakan bagian yang mengalami frekuensi kerusakan yang tinggi sehingga menyebabkan *downtime* yang tinggi pula.

Pengumpulan informasi digunakan untuk mendapatkan gambaran dari objek yang akan diteliti. Fungsi dari masing-masing subsistem pada Mesin Chimei adalah *Plat griffer* berfungsi sebagai tempat untuk memotong opp dengan cutting plat dan merekatkan opp dengan plat heater, *Cam and Follower* berfungsi sebagai penggerak as pusher opp untuk mendorong pack dan *Panel electric* berfungsi sebagai tempat sensor untuk membaca opp. Jika salah satu system mengalami kerusakan maka akan menghambat jalannya proses produksi sehingga menyebabkan output yang dihasilkan tidak akan mencapai target yang sudah ditetapkan.

Data kerusakan komponen terjadi pada subsistem *Plat griffer*, *Cam and follower* dan *Panel electric* selama periode Jan 2019 – Des 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.3. dan penentuan komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Kerusakan Komponen Mesin Chimei

SubsistemMesin	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Persentase Frekuensi Kerusakan (%)	Persentase Kumulatif Frekuensi Kerusakan (%)
<i>Plat griffer</i>	<i>Cutting plat</i>	20	31.75	31.75
	<i>Heater</i>	15	23.81	55.56
<i>Cam and follower</i>	<i>As pusher opp</i>	13	20.63	76.19
	<i>Sensor</i>	8	12.70	88.89
<i>Panel electric</i>	<i>Plc cable</i>	7	11.11	100
	Total	63	100	



Gambar 4.1 Diagram Pareto Komponen Mesin Chimei

Berdasarkan Gambar 4.1 dengan menggunakan diagram pareto aturan 80/20 yang berarti 80% kegagalan kinerja dari Mesin Chimei disebabkan oleh 20%

kerusakan komponen. Dimana dapat dilihat bahwa persen tertinggi pada Gambar 4.1. adalah *Cutting plat*, *Heater* dan *As pusher opp* sehingga dikategorikan sebagai komponen kritis.

4.2.2. Definisikan batasan sistem

Pada tahap ini definisi batasan sistem sangat diperlukan, karena dengan adanya batasan sistem dapat membedakan batasan secara jelas antara sistem yang satu dengan sistem lainnya dan mampu membuat daftar komponen yang mendukung sistem tersebut. Berdasarkan penjelasan sebelumnya sistem yang akan dianalisis adalah *Plat griffer*, *Cam and follower* dan *Panel electric*. Komponen-komponen dari setiap subsistem yang sering mengalami kerusakan adalah:

4. *Plat griffer* terdiri dari:

- *Cutting plat*
- *Heater*

5. *Cam and follower* terdiri dari:

- *As pusher opp*

6. *Panel electric* terdiri dari:

- *Sensor*
- *Plc cable*

4.2.3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram

Tahap ini digunakan untuk menunjukkan hubungan antar fungsi yang membentuk suatu sistem kerja. Melalui blok diagram dapat ditunjukkan bahwa sistem

kerja dari Mesin Chimei terdiri dari *input*, *process*, dan juga *output*. Deskripsi sistem dan blok diagram terdiri dari beberapa item yang harus dikembangkan yaitu:

1. Deskripsi Sistem

Pendeskripsian sistem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat didalam sistem tersebut.

Input

Sebelum masuk mesin chimei pack dijalankan menuju conveyor, kemudian mesin chimei akan bekerja bila pack tersebut menutupi sensor.

Process

Setelah menutupi sensor mesin chimei secara otomatis akan mendorong 5 pack tersebut menggunakan as pusher dan dilanjutkan dengan membungkus pack tersebut menggunakan foil, dimana foil tersebut akan dipotong sesuai ukuran dengan cutting plat dan direkatkan dengan plat heater. Kemudian, dilanjutkan dengan proses yang sama untuk mendapatkan 1 opp yang terdiri dari 5 pack.

Output

Setelah mendapatkan 1 opp dilanjutkan dengan memasukkan kedalam master box.

2. Blok Diagram

Blok diagram merupakan diagram yang menggambarkan suatu sistem dengan jelas. Blok diagram Mesin Chimei dapat dilihat pada Diagram 4.1

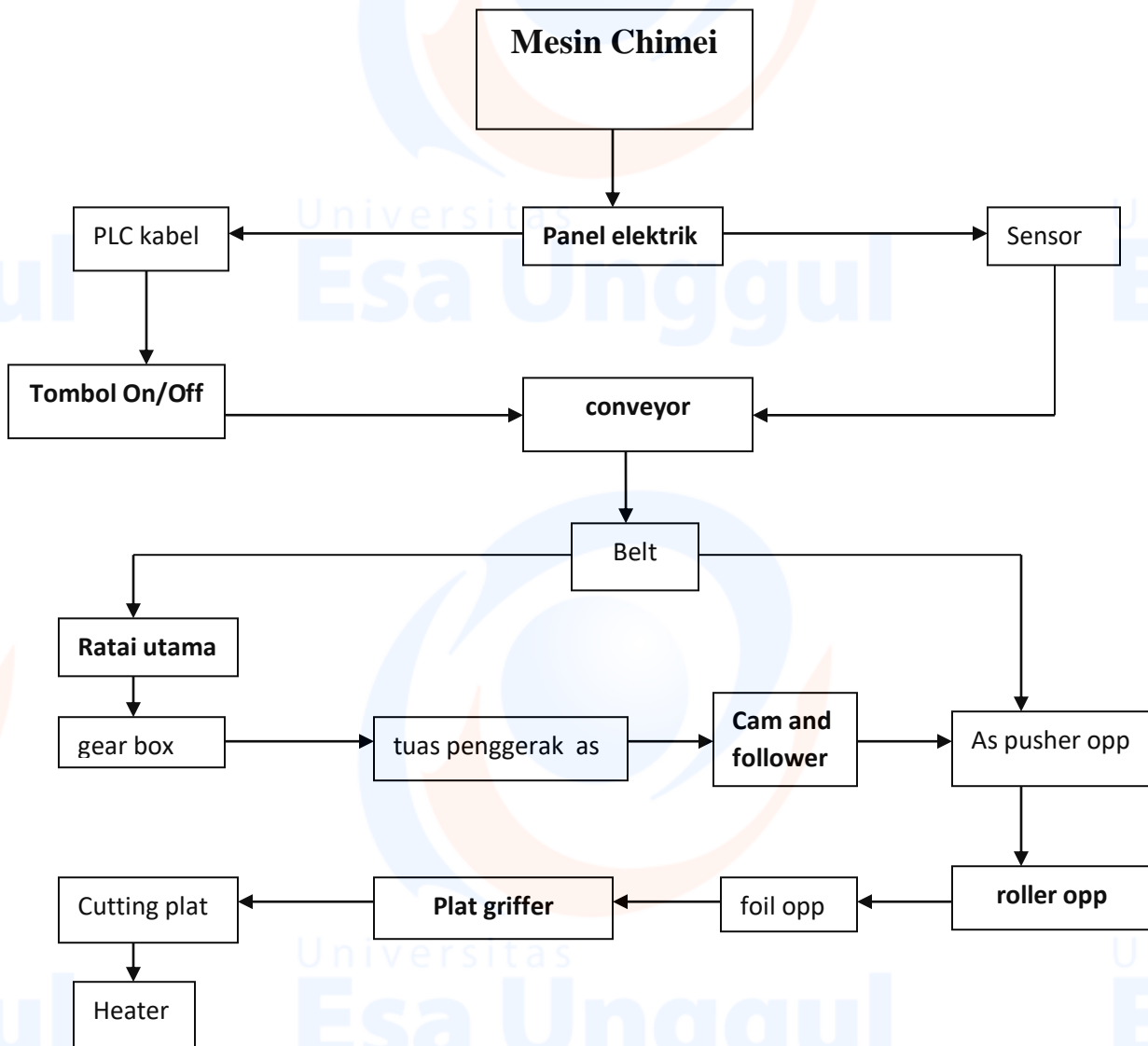
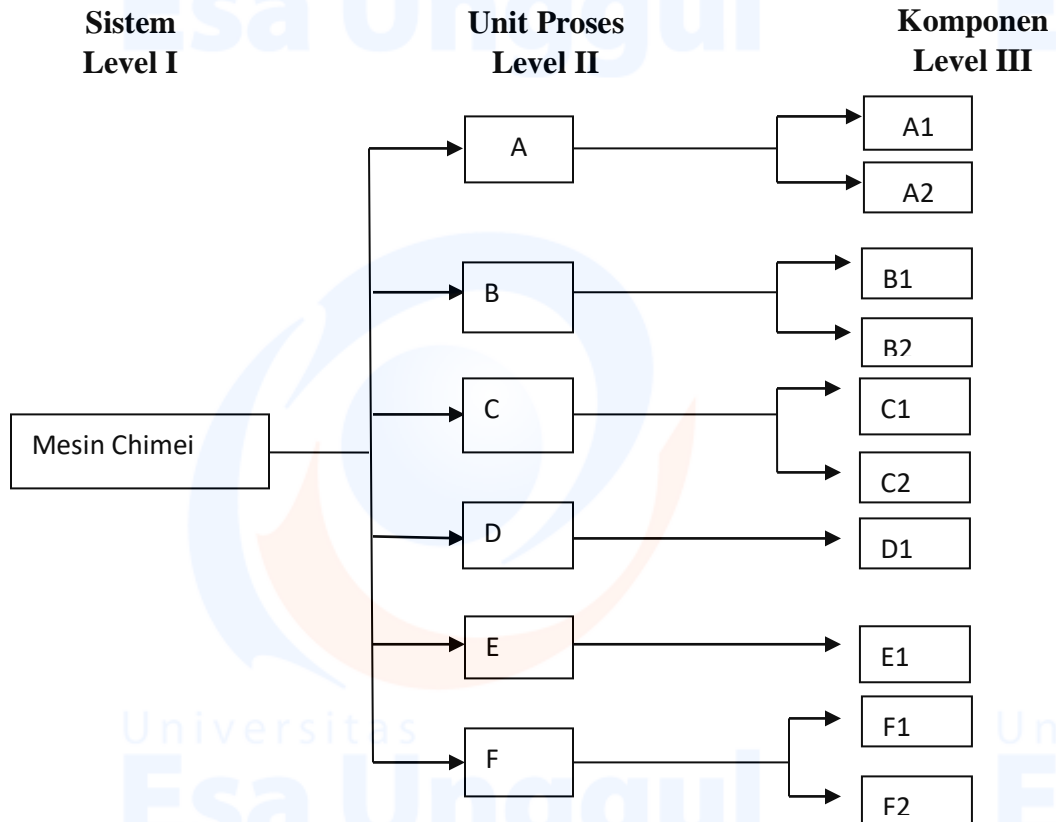


Diagram 4.1. Blok Diagram Fungsi Mesin Chimei

3. System Work Breakdown Structure (SWBS)

System Work Breakdown Structure (SWBS) merupakan struktur yang menggambarkan sejumlah komponen, mesin, unit proses, dan sub sistem yang dapat mengakibatkan kegagalan dalam sebuah sistem kerja. Pada tahapan ini akan

digambarkan himpunan daftar komponen untuk setiap bagian-bagian fungsi sub sistem. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu diagram dan kode dari sub sistem/komponen yang mengalami kegagalan. SWBS pada Mesin Chimei dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. System Work Breakdown Structure (SWBS)

4.2.4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi

Fungsi sistem ini merupakan kinerja yang diharapkan dari suatu sistem untuk dapat beroperasi sedangkan kegagalan fungsi merupakan ketidakmampuan suatu fungsi untuk memenuhi standar yang diharapkan. Aktivitas penelusuran data akan lebih terstruktur dan mudah dilakukan

dengan pengkodean fungsi dan kegagalan fungsi. Pengkodean fungsi dan kegagalan fungsi dilakukan dengan keterangan sebagai berikut:

- Huruf melambangkan nama unit operasi dari mesin Chimei
- Angka pertama melambangkan nama komponen utama mesin Chimei
- Angka kedua melambangkan kegagalan fungsi

Fungsi sistem dan kegagalan fungsi mesin Chimei dapat dilihat pada

Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi (T3)

Kode Fungsi Mesin	Kode Kegagalan Fungsi	Uraian Fungsi
A.1		Untuk memproses pack yang di dorong dengan ass pusher yang terdiri dari cutting plat dan plat heater
	A.1.1	Untuk memotong foil sesuai ukuran yang di tentukan
	A.1.2	Untuk merekatkan foil yang membungkus pack menjadi opp
A.2		Alat untuk mengerjakan as pusher opp
	A.2.1	Untuk mendorong pack yang telah di jalankan oleh conveyor
A.3		Sebagai otak untuk menjalankan kelistrikan
	A.3.1	Untuk membaca pack apabila pack menutupi sensor maka mesin chimei akan bekerja apabila tidak menutupi sensor mesin tidak bekerja
	A.3.2	Sebagai alat untuk menyambungkan panel ke sensor

(Sumber: PT XYZ, 2020)

4.2.5. Failure mode and effect analysis (FMEA)

Failure mode and effect analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure*

mode). FMEA berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan pada pengemas pack Dengan demikian dapat diberikan perlakuan lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat. Hal utama dalam FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan hasil perhitungan matematis dari keseriusan effect (*severity*), kemungkinan terjadinya cause menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan effect (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPN} = \text{Severity} * \text{Occurrence} * \text{Detection}$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi sebagai penunjuk searah tindakan perbaikan. Berikut data dari komponen mesin Chimei yang akan diidentifikasi penyebab kegagalannya dapat dilihat pada tabel 4.5.

4.2.6. Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) mengandung informasi nomor, nama kegagalan fungsi, komponen yang mengalami kegagalan, fungsi komponen dan mode kerusakan komponen dan analisis kekritisannya. Analisis kekritisannya menempatkan setiap kerusakan komponen menjadi 4 kategori yaitu:

1. Kategori A (*Safety problem*)
2. Kategori B (*Outage problem*)
3. Kategori C (*Economic problem*)
4. Kategori D (*Hidden failure*)

Analisis ini memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisian yaitu sebagai berikut:

1. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
4. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan

Contoh pengisian tabel LTA adalah sebagai berikut:

A.1.1 *Cutting plat* tumpul.

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *cutting plat*.
2. Fungsi *cutting plat* adalah untuk memotong foil sesuai ukuran yang digunakan.
3. Mode kerusakan (*failure mode*) adalah *cutting plat* tumpul sehingga menyebabkan kerusakan.
4. Analisis kekritisian (mode kerusakan):
 - a. *Evident* : Y
 - b. *Safety* : T
 - c. *Outage* : Y
 - d. *Category* : B

Tabel 4.5. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (T4)

No	Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effects	Severity	Occurance	Detection	RPN
1.	<i>Cutting plat</i>	Cutting plat tumpul	Terjadi benturan dengan bantalan cutting plat	Foil tidak terpotong dengan sempurna yang membuat mesin berhenti proses	6	7	3	126
2.	<i>Heater</i>	Plat heater tidak panas	Kabel isolator plat heater putus dan terjadi gesekan dengan plat	Foil tidak melekat pada pack yang membuat pack tidak terbungkus	6	7	3	126
3.	<i>As pusher opp</i>	As pusher haus dan tidak terdorong	Ass pusher seret pada saat mendorong pack	Pack tidak dapat tedorong dan membuat prosester hambat	6	5	3	90
4.	<i>Sensor</i>	Sensor tidak berfungsi	Umur sensor yang sudah lama	Pack yang menutupi sensor tidak bekerja karna sensor mati	5	4	2	40
5.	<i>Plc cable</i>	Plc cable putus	Terjadi gesekan pada plc cable yang membuat cable putus	Sensor sensor pada mesin tidak bekerja yang membuat kegagalan dalam proses	6	4	2	48

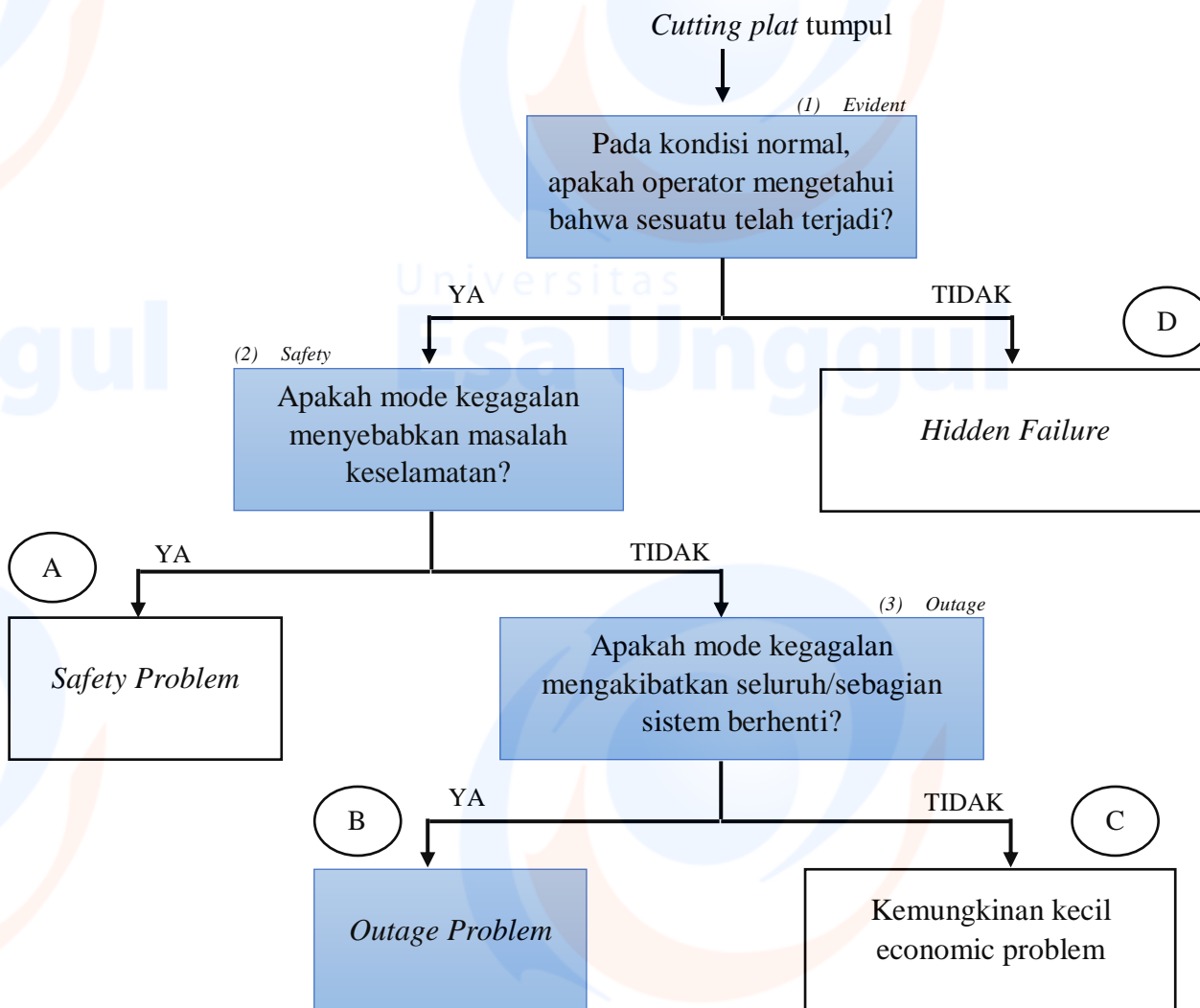


Diagram 4.2. Logic Tree Analysis Cutting plat

Berikut ini merupakan rekapitulasi *Logic Tree Analysis* pada Mesin Chimei dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Rekapitulasi Identifikasi Hasil LTA

No	Komponen	Failure Mode	<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outage</i>	<i>Category</i>
1.	<i>Cutting plat</i>	<i>Cutting plat tumpul</i>	Y	T	Y	B
2.	<i>Heater</i>	<i>Plat heater tidak panas</i>	Y	T	Y	B
3.	<i>As pusher opp</i>	<i>As pusher haus dan tidak terdorong</i>	Y	T	Y	B
4.	<i>Sensor</i>	<i>Sensor tidak berfungsi</i>	Y	T	Y	B
5.	<i>Plc cable</i>	<i>Plc cable putus</i>	Y	T	Y	B

4.2.7. Pemilihan tindakan perawatan

Menurut Smith (2003), pemilihan tindakan didasarkan dengan menjawab pertanyaan penuntun (*selection guide*) yang disesuaikan pada road map pemilihan tindakan. Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang harus dilakukan adalah bergantung pada konsekuensi kegagalan yang terjadi. Pemilihan tindakan pencegahan hasil analisis terhadap FMEA dan LTA adalah sebagai berikut:

1. Condition Directed (CD), tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2. Time Directed (TD), tindakan yang diambil yang lebih berfokus pada aktivitas pergantian yang dilakukan secara berkala.
3. Finding Failure (FF), tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan komponen yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

Adapun pertanyaan yang diajukan untuk memnentukan pemilihan tindakan yang akan dipilih adalah sebagai berikut:

1. Apakah hubungan kerusakan dengan age reliability diketahui?
2. Apakah tindakan TD bisa digunakan? : Y/N
3. Apakah tindakan CD dapat digunakan? : Y/N
4. Apakah termasuk dalam mode kerusakan D? : Y/N
5. Apakah F.F task dapat dipakai? : Y/N
6. Apakah tindakan yang dipilih efektif? : Y/N
7. Pemilihan tindakan (Selection task):TD/CD/FF

Berikut adalah contoh penyusunan pemilihan tindakan untuk komponen *cutting plat*.

A.1.1 *Cutting plat* tumpul.

1. Komponen yang mengalami kerusakan adalah *cutting plat*.
2. Fungsi *cutting plat* adalah sebagai pembagi untuk memotong foil sesuai ukuran yang digunakan.

Adapun petunjuk pemilihan tindakan (*selection guide*), yaitu:

1. Apakah hubungan kerusakan dengan age reliability diketahui? : Y
2. Apakah tindakan TD bisa digunakan? : Y
3. Apakah tindakan CD dapat digunakan? : T
4. Apakah termasuk dalam mode kerusakan D? : T
5. Pertanyaan 5 dilewat
6. Apakah tindakan yang dipilih efektif? : Y
7. Pemilihan tindakan (Selection task): TD

Penyusunan pemilihan tindakan untuk komponen *cutting plat* dapat dilihat pada Diagram 4.3.

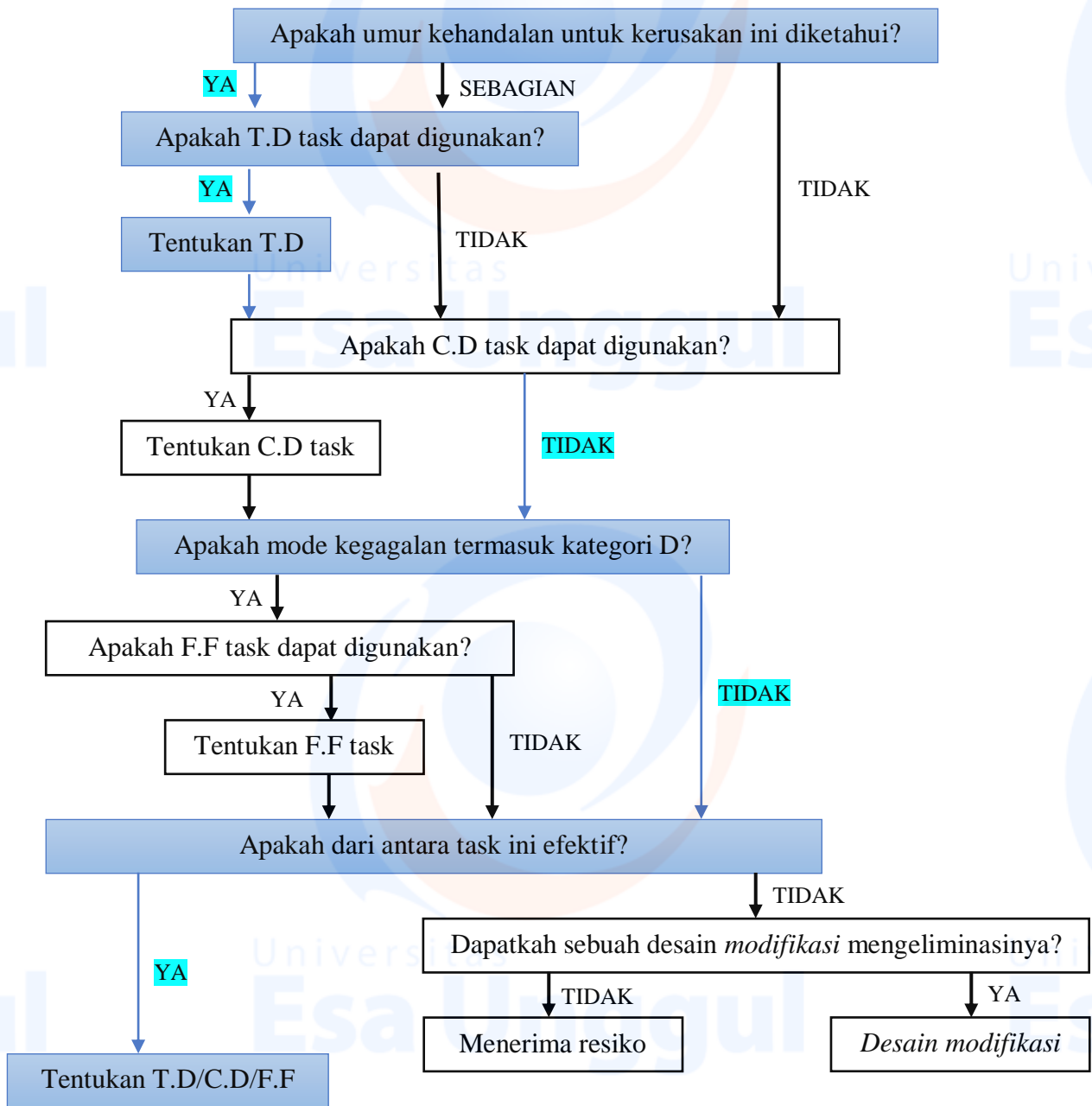


Diagram 4.3 Diagram Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan mengajukan pertanyaan di atas dan dilakukan rekapitulasi pengambilan tindakan kedalam sebuah table, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Pemilihan Tindakan Perawatan Mesin Chimei

No	Komponen	Failure Mode	Selection Guide							Selection Task
			1	2	3	4	5	6	7	
1.	<i>Cutting plat</i>	Cutting plat tumpul	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
2.	<i>Heater</i>	Plat heater tidak panas	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
3.	<i>As pusher opp</i>	As pusher haus dan tidak terdorong	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
4.	<i>Sensor</i>	Sensor tidak berfungsi	Y	T	Y	T	-	Y	-	C.D
5.	<i>Plc cable</i>	Plc cable putus	Y	T	Y	T	-	Y	-	C.D

4.2.8. Perhitungan keandalan komponen

Perhitungan keandalan meliputi kegiatan pengujian distribusi, perhitungan parameter distribusi dan perhitungan MTTF dan MTTR. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan keandalan ini untuk komponen yang di mesin chimei. Untuk mesin yang memiliki performance maintenance paling rendah akan dibuatkan interval atau jadwal perawatan menggunakan RCM.

4.2.8.1 Interval kerusakan komponen

Berikut ini merupakan data interval kerusakan komponen di mesin chimei PT XYZ. Data ini diperoleh berdasarkan rekam historis kerusakan mesin di PT XYZ. Berikut data interval waktu kerusakan komponen dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data Interval Waktu Kerusakan Komponen

Interval Waktu Kerusakan Komponen (Hari)		
<i>Cutting plat</i>	<i>Heater</i>	<i>As pusher opp</i>
51	42	50
46	64	54
24	57	36
15	53	52
31	22	66
31	33	57
27	42	61
34	52	36
24	31	55
37	77	45
50	46	56
33	33	65
29	37	86
45	37	-
48	59	-
42	-	-
43	-	-
17	-	-
25	-	-
34	-	-

Sumber : PT XYZ

Kerusakan pertama komponen cutting plat terjadi pada tanggal 5 Januari 2019, dan kerusakan kedua terjadi pada tanggal 25 Februari 2019. Berdasarkan informasi ini dapat dikalkulasikan bahwa selang waktu dari kerusakan pertama ke kerusakan kedua adalah 51 hari.

4.2.8.2 Interval perbaikan komponen

Berikut ini merupakan data waktu perawatan komponen yang dimesin chimei. Data ini diperoleh berdasarkan rekam historis kerusakan mesin di PT XYZ. Data historis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Interval Waktu Perbaikan Komponen

Interval Waktu Perbaikan Komponen (Menit)		
<i>Cutting plat</i>	<i>Heater</i>	<i>As pusher opp</i>
55	90	45
80	35	90
90	30	90
60	50	35
35	60	45
40	47	130
30	53	60
47	60	85
10	13	120
60	30	45
53	60	36
30	45	20
35	30	50
120	50	-
63	65	-
30	-	-
47	-	-
46	-	-
65	-	-
45	-	-

Sumber : PT XYZ

Komponen cutting plat yang mengalami kerusakan kemudian dilakukan perbaikan dimulai pada pukul 15.00 WIB dan selesai diperbaiki pada pukul 15.55 WIB. Berdasarkan informasi ini dapat dikalkulasi bahwa selang waktu perawatan komponen cutting plat adalah 55 menit.

4.3 Penentuan Distribusi Kerusakan Komponen

Dalam melakukan penentuan distribusi kerusakan komponen digunakan metode *Least Square Curve Fitting*, yaitu berdasarkan nilai *Index of Fit (Correlation Coefficient)* yang paling besar (Novarina, 2010). Perhitungan ini digunakan untuk mendapatkan distribusi kerusakan yang paling sesuai dengan pola distribusinya yaitu apakah distribusi Normal, Eksponensial, Lognormal ataupun Weibull. Uji MTTF dan uji distribusi untuk menghitung MTTR. Contoh perhitungan yang akan diuraikan berikut ini merupakan perhitungan uji distribusi MTTF dan MTTR untuk komponen cutting plat.

4.3.1 Uji Distribusi untuk menghitung MTTF

1. Interval kerusakan komponen cutting plat

a. Distribusi Normal

Tabel 4.10 Interval kerusakan komponen cutting plat distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	21600	0,034314	-1,8	466560000	3,24	-38880	-27792	772395264
2	24480	0,083333	-1,3	599270400	1,69	-31824	-24912	620607744
3	34560	0,132353	-1,1	1194393600	1,21	-38016	-14832	219988224
4	34560	0,181373	-0,9	1194393600	0,81	-31104	-14832	219988224
5	36000	0,230392	-0,7	1296000000	0,49	-25200	-13392	179345664
6	38880	0,279412	-0,5	1511654400	0,25	-19440	-10512	110502144
7	41760	0,328431	-0,4	1743897600	0,16	-16704	-7632	58247424
8	44640	0,377451	-0,3	1992729600	0,09	-13392	-4752	22581504
9	44640	0,426471	-0,1	1992729600	0,01	-4464	-4752	22581504
10	47520	0,47549	-0,06	2258150400	0,0036	-2851,2	-1872	3504384
11	48960	0,52451	0,06	2397081600	0,0036	2937,6	-432	186624
12	48960	0,573529	0,1	2397081600	0,01	4896	-432	186624
13	53280	0,622549	0,3	2838758400	0,09	15984	3888	15116544
14	60480	0,671569	0,4	3657830400	0,16	24192	11088	122943744
15	61920	0,720588	0,5	3834086400	0,25	30960	12528	156950784
16	64800	0,769608	0,7	4199040000	0,49	45360	15408	237406464
17	66240	0,818627	0,9	4387737600	0,81	59616	16848	283855104
18	69120	0,867647	1,1	4777574400	1,21	76032	19728	389193984
19	72000	0,916667	1,3	5184000000	1,69	93600	22608	511121664
20	73440	0,965686	1,8	5393433600	3,24	132192	24048	578306304
TOTAL	987840	10	0	53316403200	15,9072	263894,4	0	4,525E+09
AVG	49392	0,5	0	2665820160	0,79536	13194,72	0	226250496

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314$, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana $Z = F(T_i) = 0,034314$, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,8.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
10. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(263894,4) - (987840)(0)}{\sqrt{[20(53316403200) - (987840)^2][20(15,9072) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9836$$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.11 Interval kerusakan komponen cutting plat distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i =ln(T)	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	21600	0,034314	-1,8	9,9804	99,6094	3,24	-17,9648	-0,7748	0,6003
2	24480	0,083333	-1,3	10,1056	102,1234	1,69	-13,1373	-0,6496	0,4220
3	34560	0,132353	-1,1	10,4505	109,2120	1,21	-11,4955	-0,3048	0,0929
4	34560	0,181373	-0,9	10,4505	109,2120	0,81	-9,40541	-0,3048	0,0929
5	36000	0,230392	-0,7	10,4913	110,0668	0,49	-7,34389	-0,2640	0,0697
6	38880	0,279412	-0,5	10,5682	111,6876	0,25	-5,28412	-0,1870	0,0350
7	41760	0,328431	-0,4	10,6397	113,2031	0,16	-4,25588	-0,1155	0,0133
8	44640	0,377451	-0,3	10,7064	114,6267	0,09	-3,21192	-0,0488	0,0024
9	44640	0,426471	-0,1	10,7064	114,6267	0,01	-1,07064	-0,0488	0,0024
10	47520	0,47549	-0,06	10,7689	115,9693	0,0036	-0,64613	0,0137	0,0002
11	48960	0,52451	0,06	10,7988	116,6132	0,0036	0,647926	0,0435	0,0019
12	48960	0,573529	0,1	10,7988	116,6132	0,01	1,079876	0,0435	0,0019
13	53280	0,622549	0,3	10,8833	118,4466	0,09	3,264995	0,1281	0,0164
14	60480	0,671569	0,4	11,0101	121,2216	0,16	4,404027	0,2548	0,0649
15	61920	0,720588	0,5	11,0336	121,7403	0,25	5,516799	0,2784	0,0775
16	64800	0,769608	0,7	11,0791	122,7456	0,49	7,755343	0,3238	0,1049
17	66240	0,818627	0,9	11,1010	123,2331	0,81	9,990936	0,3458	0,1196
18	69120	0,867647	1,1	11,1436	124,1798	1,21	12,25796	0,3884	0,1508
19	72000	0,916667	1,3	11,1844	125,0913	1,69	14,53975	0,4292	0,1842
20	73440	0,965686	1,8	11,2042	125,5346	3,24	20,1676	0,4490	0,2016
TOTAL	987840	10	0	215,1047	2315,7561	15,9072	5,8096	0	2,2547
AVG	49392	0,5	0	10,7552	115,7878	0,7954	0,2905	0	0,1127

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,034314, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,8.
6. T_i= LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 9,9804.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(5,8096) - (215,1047)(0)}{\sqrt{[20(2315,7561) - (215,1047)^2][20(15,9072) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9700$$

c. Distribusi Ekspensial

Tabel 4.12 Interval kerusakan komponen cutting plat distribusi eksponensial.

i	T _i	F(T _i)	Y _i = ln[1 - F(T _i)]	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - T̄ _i	(T _i - T̄ _i) ²
1	21600	0,034314	-0,0349	-0,0349	466560000	0,0012	-754,191	-27792
2	24480	0,083333	-0,0870	-0,0870	599270400	0,0076	-2130,04	-24912
3	34560	0,132353	-0,1420	-0,1420	1194393600	0,0202	-4906,49	-14832
4	34560	0,181373	-0,2001	-0,2001	1194393600	0,0401	-6916,36	-14832
5	36000	0,230392	-0,2619	-0,2619	1296000000	0,0686	-9427,47	-13392
6	38880	0,279412	-0,3277	-0,3277	1511654400	0,1074	-12740,5	-10512
7	41760	0,328431	-0,3981	-0,3981	1743897600	0,1585	-16626,3	-7632
8	44640	0,377451	-0,4739	-0,4739	1992729600	0,2246	-21156,4	-4752
9	44640	0,426471	-0,5559	-0,5559	1992729600	0,3091	-24817,4	-4752
10	47520	0,47549	-0,6453	-0,6453	2258150400	0,4164	-30664,2	-1872
11	48960	0,52451	-0,7434	-0,7434	2397081600	0,5527	-36397,3	-432
12	48960	0,573529	-0,8522	-0,8522	2397081600	0,7263	-41724,3	-432
13	53280	0,622549	-0,9743	-0,9743	2838758400	0,9493	-51911,5	3888
14	60480	0,671569	-1,1134	-1,1134	3657830400	1,2397	-67340,1	11088
15	61920	0,720588	-1,2751	-1,2751	3834086400	1,6258	-78952,3	12528
16	64800	0,769608	-1,4680	-1,4680	4199040000	2,1549	-95124,6	15408
17	66240	0,818627	-1,7072	-1,7072	4387737600	2,9145	-113085	16848
18	69120	0,867647	-2,0223	-2,0223	4777574400	4,0896	-139780	19728
19	72000	0,916667	-2,4849	-2,4849	5184000000	6,1748	-178913	22608
20	73440	0,965686	-3,3722	-3,3722	5393433600	11,3718	-247655	24048
TOTAL	987840	10	-19,1399	-19,1399	53316403200	33,1530	-1181023	0
AVG	49392	0,5	-0,9570	-0,9570	2665820160	3,1574	-59051,2	0

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. Y_i : diperoleh dari rumus Y = LN[1-F(T)], sehingga nilai Y = LN[1-0,034314] = -0,0349.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i - T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
10. (T_i - T̄_i)² : diperoleh dari T_i - T̄_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(-1181023) - (987840)(-19,1399)}{\sqrt{[20(533164) - (987840)^2][20(33,1529) - (-19,1399)^2]}}$$

$$r = -0,9095$$

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.13 Interval kerusakan komponen cutting plat distribusi weibull.

i	Ti	F(Ti)	Ti= ln(Ti)	Yi= ln[-ln(1-F(Ti))]	Ti ²	Yi ²	Ti . Yi	Ti- \bar{T}_i	(Ti- \bar{T}_i) ²
1	21600	0,034314	9,9804	-3,354802509	99,6094	11,2547	-33,4824	-0,774786	0,6003
2	24480	0,083333	10,1056	-2,441716399	102,1234	5,9620	-24,675	-0,649623	0,4220
3	34560	0,132353	10,4505	-1,952137671	109,2120	3,8108	-20,4007	-0,304782	0,0929
4	34560	0,181373	10,4505	-1,608807204	109,2120	2,5883	-16,8128	-0,304782	0,0929
5	36000	0,230392	10,4913	-1,339891087	110,0668	1,7953	-14,0572	-0,26396	0,0697
6	38880	0,279412	10,5682	-1,115695152	111,6876	1,2448	-11,7909	-0,186999	0,0350
7	41760	0,328431	10,6397	-0,920953918	113,2031	0,8482	-9,79867	-0,11554	0,0133
8	44640	0,377451	10,7064	-0,746689513	114,6267	0,5575	-7,99435	-0,048849	0,0024
9	44640	0,426471	10,7064	-0,587084006	114,6267	0,3447	-6,28555	-0,048849	0,0024
10	47520	0,47549	10,7689	-0,438053654	115,9693	0,1919	-4,71736	0,0136714	0,0002
11	48960	0,52451	10,7988	-0,296508894	116,6132	0,0879	-3,20193	0,0435243	0,0019
12	48960	0,573529	10,7988	-0,159920103	116,6132	0,0256	-1,72694	0,0435243	0,0019
13	53280	0,622549	10,8833	-0,026021058	118,4466	0,0007	-0,2832	0,1280817	0,0164
14	60480	0,671569	11,0101	0,107442983	121,2216	0,0115	1,182955	0,2548334	0,0649
15	61920	0,720588	11,0336	0,24300008	121,7403	0,0590	2,681165	0,2783639	0,0775
16	64800	0,769608	11,0791	0,383882124	122,7456	0,1474	4,253053	0,3238263	0,1049
17	66240	0,818627	11,1010	0,534855821	123,2331	0,2861	5,937456	0,3458052	0,1196
18	69120	0,867647	11,1436	0,704227134	124,1798	0,4959	7,847625	0,3883648	0,1508
19	72000	0,916667	11,1844	0,910235093	125,0913	0,8285	10,18045	0,4291868	0,1842
20	73440	0,965686	11,2042	1,21556827	125,5346	1,4776	13,6195	0,4489894	0,2016
TOTAL	987840	10	215,1047	-10,88906966	2315,7561	32,0184	-109,525	0	2,2547
AVG	49392	0,5	10,7552	-0,544453483	115,7878	1,6009	-5,47624	0	0,1127

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 9,9804.
6. Y : diperoleh dari rumus Y_i = LN{- LN[1-F(T)]}, sehingga nilai Y₁ = LN[-LN[1-F(T)]] = -3,3548.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. Ti- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
11. (Ti- \bar{T}_i)² : diperoleh dari Ti- \bar{T}_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n Ti.Yi - (\sum_{i=1}^n Ti)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n Ti^2) - (\sum_{i=1}^n Ti)^2][n(\sum_{i=1}^n Yi^2) - (\sum_{i=1}^n Yi)^2]}}$$

$$r = \frac{20(-109,525) - (215,1047)(-10,8890)}{\sqrt{[20(2315,7561) - (32,0184)^2][20(33,1529) - (-10,8890)^2]}}$$

$$r = 0,9896$$

2. Interval kerusakan komponen heater.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.14 Interval kerusakan komponen heater distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	31680	0,045455	-1,6	1003622400	2,56	-50688	-34080	1,161E+09
2	44640	0,11039	-1,2	1992729600	1,44	-53568	-21120	446054400
3	47520	0,175325	-0,9	2258150400	0,81	-42768	-18240	332697600
4	47520	0,24026	-0,7	2258150400	0,49	-33264	-18240	332697600
5	53280	0,305195	-0,5	2838758400	0,25	-26640	-12480	155750400
6	53280	0,37013	-0,3	2838758400	0,09	-15984	-12480	155750400
7	60480	0,435065	-0,1	3657830400	0,01	-6048	-5280	27878400
8	60480	0,5	0	3657830400	0	0	-5280	27878400
9	66240	0,564935	0,1	4387737600	0,01	6624	480	230400
10	74880	0,62987	0,3	5607014400	0,09	22464	9120	83174400
11	76320	0,694805	0,5	5824742400	0,25	38160	10560	111513600
12	82080	0,75974	0,7	6737126400	0,49	57456	16320	266342400
13	84960	0,824675	0,9	7218201600	0,81	76464	19200	368640000
14	92160	0,88961	1,2	8493465600	1,44	110592	26400	696960000
15	110880	0,954545	1,6	12294374400	2,56	177408	45120	2,036E+09
TOTAL	986400	7,5	0	71068492800	11,3	260208	0	6,203E+09
AVG	65760	0,5	0	4737899520	0,753333	17347,2	0	413521920

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455$, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana $Z = F(T_i) = 0,045455$, sehingga diperoleh nilai $Y_i = -1,6$.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
10. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
11. Index of Fit

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

$$r = \frac{15(260208) - (986400)(0)}{\sqrt{[15(71068492800) - (986400)^2][15(11,3) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9828$$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.15 Interval kerusakan komponen heater distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i =ln(T)	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	31680	0,045455	-1,6	10,3634	107,4009	2,56	-16,5815	-0,681536	0,464491
2	44640	0,11039	-1,2	10,7064	114,6267	1,44	-12,8477	-0,338591	0,114644
3	47520	0,175325	-0,9	10,7689	115,9693	0,81	-9,69202	-0,276071	0,076215
4	47520	0,24026	-0,7	10,7689	115,9693	0,49	-7,53823	-0,276071	0,076215
5	53280	0,305195	-0,5	10,8833	118,4466	0,25	-5,44166	-0,16166	0,026134
6	53280	0,37013	-0,3	10,8833	118,4466	0,09	-3,26499	-0,16166	0,026134
7	60480	0,435065	-0,1	11,0101	121,2216	0,01	-1,10101	-0,034909	0,001219
8	60480	0,5	0	11,0101	121,2216	0	0	-0,034909	0,001219
9	66240	0,564935	0,1	11,1010	123,2331	0,01	1,110104	0,056063	0,003143
10	74880	0,62987	0,3	11,2236	125,9701	0,09	3,367093	0,178665	0,031921
11	76320	0,694805	0,5	11,2427	126,3981	0,25	5,621345	0,197713	0,039091
12	82080	0,75974	0,7	11,3154	128,0394	0,49	7,920815	0,270473	0,073156
13	84960	0,824675	0,9	11,3499	128,821	0,81	10,21494	0,304959	0,093
14	92160	0,88961	1,2	11,4313	130,6742	1,44	13,71754	0,386304	0,149231
15	110880	0,954545	1,6	11,6162	134,9362	2,56	18,58593	0,571227	0,3263
TOTAL	986400	7,5	0	165,6746	1831,375	11,3	4,070685	0	1,502113
AVG	65760	0,5	0	11,0450	122,0917	0,75333	0,271379	0	0,100141

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,045455, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,6.
6. T_i= LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 10,3634.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

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

$$r = \frac{15(4,070685) - (165,6746)(0)}{\sqrt{[20(1831,375) - (165,6746)^2][20(11,3) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9880$$

c. Distribusi Eksponensial

Tabel 4.16 Interval kerusakan komponen heater distribusi eksponensial.

i	T _i	F(T _i)	Y _i = ln[1-F(T _i)]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	31680	0,045455	-0,0465	1003622400	0,002164	-1473,75	-34080	1,161E+09
2	44640	0,11039	-0,1170	1992729600	0,013682	-5221,62	-21120	446054400
3	47520	0,175325	-0,1928	2258150400	0,037159	-9160,22	-18240	332697600
4	47520	0,24026	-0,2748	2258150400	0,075503	-13057,5	-18240	332697600
5	53280	0,305195	-0,3641	2838758400	0,132586	-19400,5	-12480	155750400
6	53280	0,37013	-0,4622	2838758400	0,213667	-24628,2	-12480	155750400
7	60480	0,435065	-0,5710	3657830400	0,326092	-34536,8	-5280	27878400
8	60480	0,5	-0,6931	3657830400	0,480453	-41921,5	-5280	27878400
9	66240	0,564935	-0,8323	4387737600	0,692657	-55128,9	480	230400
10	74880	0,62987	-0,9939	5607014400	0,98784	-74423,3	9120	83174400
11	76320	0,694805	-1,1868	5824742400	1,408506	-90577	10560	111513600
12	82080	0,75974	-1,4260	6737126400	2,033575	-117049	16320	266342400
13	84960	0,824675	-1,7411	7218201600	3,031484	-147925	19200	368640000
14	92160	0,88961	-2,2037	8493465600	4,856467	-203097	26400	696960000
15	110880	0,954545	-3,0910	12294374400	9,554543	-342735	45120	2,036E+09
TOTAL	986400	7,5	-14,1965	71068492800	23,84638	-1180335	0	6,203E+09
AVG	65760	0,5	-0,9464	4737899520	1,589759	-78689	0	413521920

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah adalah (1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455, dst.
5. Y_i : diperoleh dari rumus Y = LN[1-F(T)], sehingga nilai Y = LN[1-0,045455] = -0,0465.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
10. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15(-1180335) - (986400)(-14,1965)}{\sqrt{[15(71068492800) - (986400)^2][15(23,84638) - (-14,1965)^2]}}$$

r = -0,9711

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.17 Interval kerusakan komponen heater distribusi weibull.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T _i)	Y _i = ln[-ln(1-F(T _i))]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	31680	0,045455	10,3634	-3,067872615	107,4009	9,4118	-31,7937	-0,681536	0,464491
2	44640	0,11039	10,7064	-2,145823454	114,6267	4,6046	-22,974	-0,338591	0,114644
3	47520	0,175325	10,7689	-1,646280772	115,9693	2,7102	-17,7286	-0,276071	0,076215
4	47520	0,24026	10,7689	-1,29178935	115,9693	1,6687	-13,9112	-0,276071	0,076215
5	53280	0,305195	10,8833	-1,010261447	118,4466	1,0206	-10,995	-0,16166	0,026134
6	53280	0,37013	10,8833	-0,771667529	118,4466	0,5955	-8,3983	-0,16166	0,026134
7	60480	0,435065	11,0101	-0,560288167	121,2216	0,3139	-6,16881	-0,034909	0,001219
8	60480	0,5	11,0101	-0,366512921	121,2216	0,1343	-4,03533	-0,034909	0,001219
9	66240	0,564935	11,1010	-0,183610407	123,2331	0,0337	-2,03827	0,0560631	0,003143
10	74880	0,62987	11,2236	-0,006117338	125,9701	0,0000	-0,06866	0,1786654	0,031921
11	76320	0,694805	11,2427	0,171264823	126,3981	0,0293	1,925477	0,1977136	0,039091
12	82080	0,75974	11,3154	0,354897648	128,0394	0,1260	4,015826	0,270473	0,073156
13	84960	0,824675	11,3499	0,554526136	128,8210	0,3075	6,293836	0,3049592	0,093
14	92160	0,88961	11,4313	0,79015558	130,6742	0,6243	9,032491	0,3863048	0,149231
15	110880	0,954545	11,6162	1,128508398	134,9362	1,2735	13,10898	0,5712271	0,3263
TOTAL	986400	7,5	165,6746	-8,050871417	1831,3748	22,8541	-83,7353	0	1,502113
AVG	65760	0,5	11,0450	-0,536724761	122,0917	1,5236	-5,58235	0	0,100141

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455 dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 10,3634.
6. Y : diperoleh dari rumus Y_i = LN{- LN[1-F(T_i)]}, sehingga nilai Y_i = LN[-LN[1-F(T_i)] = -3,06787
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15(-83,7353) - (165,6746)(-8,05087)}{\sqrt{[15(1831,3748) - (165,6746)^2][15(22,8541) - (-8,05087)^2]}}$$

$$r = 0,9830$$

3. Interval kerusakan komponen as pusher opp.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.18 Interval kerusakan komponen as pusher opp distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	51840	0,052239	-1,6	2687385600	2,56	-82944	-27803,1	773011086
2	51840	0,126866	-1,1	2687385600	1,21	-57024	-27803,1	773011086
3	64800	0,201493	-0,8	4199040000	0,64	-51840	-14843,1	220316933
4	72000	0,276119	-0,6	5184000000	0,36	-43200	-7643,08	58416625
5	74880	0,350746	-0,3	5607014400	0,09	-22464	-4763,08	22686902
6	77760	0,425373	-0,1	6046617600	0,01	-7776	-1883,08	3545978,7
7	79200	0,5	0	6272640000	0	0	-443,077	196317,16
8	80640	0,574627	0,1	6502809600	0,01	8064	996,9231	993855,62
9	82080	0,649254	0,3	6737126400	0,09	24624	2436,923	5938594,1
10	87840	0,723881	0,6	7715865600	0,36	52704	8196,923	67189548
11	93600	0,798507	0,8	8760960000	0,64	74880	13956,92	194795702
12	95040	0,873134	1,1	9032601600	1,21	104544	15396,92	237065240
13	123840	0,947761	1,6	15336345600	2,56	198144	44196,92	1,953E+09
TOTAL	1035360	6,5	0	86769792000	9,74	197712	0	4,311E+09
AVG	79643,08	0,5	0	6674599385	0,749231	15208,62	0	331579683

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239 dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,052239, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,6.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
10. (T_i- \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i- \bar{T}_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{13(197712) - (1035360)(0)}{\sqrt{[13(86768782000) - (1035360)^2][13(9,74) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9670$$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.19 Interval kerusakan komponen as pusher opp distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i = ln(T)	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i - \bar{T} _i	(T _i - \bar{T} _i) ²
1	51840	0,052239	-1,6	10,8559	117,850941	2,56	-17,3695	-0,4035	0,1628
2	51840	0,126866	-1,1	10,8559	117,850941	1,21	-11,9415	-0,4035	0,1628
3	64800	0,201493	-0,8	11,0791	122,74559	0,64	-8,86325	-0,1803	0,0325
4	72000	0,276119	-0,6	11,1844	125,091282	0,36	-6,71065	-0,0750	0,0056
5	74880	0,350746	-0,3	11,2236	125,970142	0,09	-3,36709	-0,0358	0,0013
6	77760	0,425373	-0,1	11,2614	126,818734	0,01	-1,12614	0,0020	0,0000
7	79200	0,5	0	11,2797	127,232344	0	0	0,0203	0,0004
8	80640	0,574627	0,1	11,2978	127,639157	0,01	1,129775	0,0384	0,0015
9	82080	0,649254	0,3	11,3154	128,039401	0,09	3,394635	0,0561	0,0031
10	87840	0,723881	0,6	11,3833	129,578887	0,36	6,829963	0,1239	0,0153
11	93600	0,798507	0,8	11,4468	131,028902	0,64	9,157429	0,1874	0,0351
12	95040	0,873134	1,1	11,4621	131,378662	1,21	12,60826	0,2027	0,0411
13	123840	0,947761	1,6	11,7267	137,516564	2,56	18,76279	0,4674	0,2184
TOTAL	1035360	6,5	0	146,3721	1648,7415	9,7400	2,5047	0	0,6800
AVG	79643,08	0,5	0	11,2594	126,8263	0,7492	0,1927	0	0,0523

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,052239, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,6.
6. T_i= LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 10,8559.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i- \bar{T} _i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T} _i
11. (T_i- \bar{T} _i)² : diperoleh dari T_i- \bar{T} _i dikuadratkan
12. Index of Fit

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

$$r = \frac{13(2,5047) - (146,3721)(0)}{\sqrt{[13(1648,7415) - (146,3721)^2][20(9,74) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9733$$

c. Distribusi Eksponensial

Tabel 4.20 Interval kerusakan komponen as pusher opp distribusi eksponensial.

i	T _i	F(T _i)	Y _i = ln[1-F(T _i)]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	51840	0,052239	-0,0537	2687385600	0,0029	-2781,36	-27803,1	773011086
2	51840	0,126866	-0,1357	2687385600	0,0184	-7032,92	-27803,1	773011086
3	64800	0,201493	-0,2250	4199040000	0,0506	-14580,7	-14843,1	220316933
4	72000	0,276119	-0,3231	5184000000	0,1044	-23265,3	-7643,08	58416625
5	74880	0,350746	-0,4319	5607014400	0,1866	-32343	-4763,08	22686902
6	77760	0,425373	-0,5540	6046617600	0,3070	-43081,7	-1883,08	3545978,7
7	79200	0,5	-0,6931	6272640000	0,4805	-54897,3	-443,077	196317,16
8	80640	0,574627	-0,8548	6502809600	0,7307	-68930,1	996,9231	993855,62
9	82080	0,649254	-1,0477	6737126400	1,0977	-85994,6	2436,923	5938594,1
10	87840	0,723881	-1,2869	7715865600	1,6562	-113043	8196,923	67189548
11	93600	0,798507	-1,6020	8760960000	2,5664	-149947	13956,92	194795702
12	95040	0,873134	-2,0646	9032601600	4,2627	-196222	15396,92	237065240
13	123840	0,947761	-2,9519	15336345600	8,7139	-365567	44196,92	1,953E+09
TOTAL	1035360	6,5	-12,2245	86769792000	20,1778	-1157687	0	4,311E+09
AVG	79643,08	0,5	-0,9403	6674599385	1,5521	-89052,8	0	331579683

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239, dst.
5. Y_i : diperoleh dari rumus Y = LN[1-F(T)], sehingga nilai Y = LN[1-0,052239 = -0,0537.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
10. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
11. Index of Fit

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

$$r = \frac{13(-1157687) - (1035360)(-12,2245)}{\sqrt{[13(86769792000) - (1035360)^2][13(20,1778) - (-12,2245)^2]}}$$

$$r = -0,9516$$

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.21 Interval kerusakan komponen as pusher opp distribusi weibull.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T _i)	Y _i = ln[-ln(1-F(T _i))]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	51840	0,052239	10,8559	-2,9252	117,8509	8,556931	-31,756	-0,403477	0,162794
2	51840	0,126866	10,8559	-1,9976	117,8509	3,990247	-21,6853	-0,403477	0,162794
3	64800	0,201493	11,0791	-1,4916	122,7456	2,224889	-16,5256	-0,180334	0,03252
4	72000	0,276119	11,1844	-1,1297	125,0913	1,276232	-12,6351	-0,074973	0,005621
5	74880	0,350746	11,2236	-0,8395	125,9701	0,70474	-9,42211	-0,035752	0,001278
6	77760	0,425373	11,2614	-0,5905	126,8187	0,348724	-6,65017	0,0019879	3,95E-06
7	79200	0,5	11,2797	-0,3665	127,2323	0,134332	-4,13417	0,020337	0,000414
8	80640	0,574627	11,2978	-0,1569	127,6392	0,024618	-1,77263	0,0383555	0,001471
9	82080	0,649254	11,3154	0,0466	128,0394	0,002171	0,527185	0,0560551	0,003142
10	87840	0,723881	11,3833	0,2523	129,5789	0,063632	2,871467	0,1238777	0,015346
11	93600	0,798507	11,4468	0,4713	131,0289	0,222081	5,394351	0,1873911	0,035115
12	95040	0,873134	11,4621	0,7249	131,3787	0,525552	8,309408	0,2026586	0,04107
13	123840	0,947761	11,7267	1,0825	137,5166	1,171718	12,69372	0,4673511	0,218417
TOTAL	1035360	6,5	146,3721	-6,9200	1648,7415	19,24586	-74,785	0	0,679987
AVG	79643,08	0,5	11,2594	-0,5323	126,8263	1,480451	-5,75269	0	0,052307

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239 dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 10,8559.
6. Y : diperoleh dari rumus Y_i = LN{- LN[1-F(T_i)]}, sehingga nilai Y_i = LN[-LN[1-F(T_i)] = -2,9252
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

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

$$r = \frac{13(-74,785) - (146,3721)(-6,9200)}{\sqrt{[13(1648,7415) - (146,3721)^2][13(19,24586) - (-6,9200)^2]}}$$

$$r = 0,9623$$

4.3.2 Uji Distribusi untuk menghitung MTTR

1. Interval perbaikan komponen cutting plat

a. Distribusi Normal

Tabel 4.22 Interval perbaikan komponen cutting plat distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	10	0,034314	-1,8	100	3,24	-18	-42,05	1768,2025
2	30	0,083333	-1,3	900	1,69	-39	-22,05	486,2025
3	30	0,132353	-1,1	900	1,21	-33	-22,05	486,2025
4	30	0,181373	-0,9	900	0,81	-27	-22,05	486,2025
5	35	0,230392	-0,7	1225	0,49	-24,5	-17,05	290,7025
6	35	0,279412	-0,5	1225	0,25	-17,5	-17,05	290,7025
7	40	0,328431	-0,4	1600	0,16	-16	-12,05	145,2025
8	45	0,377451	-0,3	2025	0,09	-13,5	-7,05	49,7025
9	46	0,426471	-0,1	2116	0,01	-4,6	-6,05	36,6025
10	47	0,47549	-0,06	2209	0,0036	-2,82	-5,05	25,5025
11	47	0,52451	0,06	2209	0,0036	2,82	-5,05	25,5025
12	53	0,573529	0,1	2809	0,01	5,3	0,95	0,9025
13	55	0,622549	0,3	3025	0,09	16,5	2,95	8,7025
14	60	0,671569	0,4	3600	0,16	24	7,95	63,2025
15	60	0,720588	0,5	3600	0,25	30	7,95	63,2025
16	63	0,769608	0,7	3969	0,49	44,1	10,95	119,9025
17	65	0,818627	0,9	4225	0,81	58,5	12,95	167,7025
18	80	0,867647	1,1	6400	1,21	88	27,95	781,2025
19	90	0,916667	1,3	8100	1,69	117	37,95	1440,2025
20	120	0,965686	1,8	14400	3,24	216	67,95	4617,2025
TOTAL	1041	10	0	65537	15,9072	406,3	0	11352,95
AVG	52,05	0,5	0	3276,85	0,79536	20,315	0	567,6475

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314$, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana $Z = F(T_i) = 0,034314$, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,8.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
10. (T_i- \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i- \bar{T}_i dikuadratkan
11. Index of Fit

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

$$r = \frac{20(406,3) - (1041)(0)}{\sqrt{[20(65537) - (1041)^2][20(15,9072) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9561$$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.23 Interval perbaikan komponen cutting plat distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	10	0,034314	2,3026	-1,8	5,3019	3,24	-4,14465	-1,5371	2,3628
2	30	0,083333	3,4012	-1,3	11,5681	1,69	-4,42156	-0,4385	0,1923
3	30	0,132353	3,4012	-1,1	11,5681	1,21	-3,74132	-0,4385	0,1923
4	30	0,181373	3,4012	-0,9	11,5681	0,81	-3,06108	-0,4385	0,1923
5	35	0,230392	3,5553	-0,7	12,6405	0,49	-2,48874	-0,2844	0,0809
6	35	0,279412	3,5553	-0,5	12,6405	0,25	-1,77767	-0,2844	0,0809
7	40	0,328431	3,6889	-0,4	13,6078	0,16	-1,47555	-0,1508	0,0228
8	45	0,377451	3,8067	-0,3	14,4907	0,09	-1,142	-0,0331	0,0011
9	46	0,426471	3,8286	-0,1	14,6585	0,01	-0,38286	-0,0111	0,0001
10	47	0,47549	3,8501	-0,06	14,8236	0,0036	-0,23101	0,0104	0,0001
11	47	0,52451	3,8501	0,06	14,8236	0,0036	0,231009	0,0104	0,0001
12	53	0,573529	3,9703	0,1	15,7632	0,01	0,397029	0,1306	0,0170
13	55	0,622549	4,0073	0,3	16,0587	0,09	1,2022	0,1676	0,0281
14	60	0,671569	4,0943	0,4	16,7637	0,16	1,637738	0,2546	0,0648
15	60	0,720588	4,0943	0,5	16,7637	0,25	2,047172	0,2546	0,0648
16	63	0,769608	4,1431	0,7	17,1656	0,49	2,900194	0,3034	0,0921
17	65	0,818627	4,1744	0,9	17,4255	0,81	3,756949	0,3347	0,1120
18	80	0,867647	4,3820	1,1	19,2022	1,21	4,820229	0,5423	0,2941
19	90	0,916667	4,4998	1,3	20,2483	1,69	5,849753	0,6601	0,4357
20	120	0,965686	4,7875	1,8	22,9201	3,24	8,617485	0,9478	0,8983
TOTAL	1041	10	76,7945	0	300,0025	15,9072	8,593312	0,0000	5,1326
AVG	52,05	0,5	3,8397	0	15,0001	0,79536	0,429666	0,0000	0,2566

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,034314, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,8.
6. T_i = LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 9,9804.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i - \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
11. (T_i - \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i - \bar{T}_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(8,59322) - (76,7945)(0)}{\sqrt{[20(300,0025) - (76,7945)^2][20(15,9072) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9510$$

c. Distribusi Eksponensial

Tabel 4.24 Interval perbaikan komponen cutting plat distribusi eksponensial.

i	T _i	F(T _i)	Y _i = ln[1 - F(T _i)]	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	10	0,034314	-0,0349	100	0,0012	-0,34916	-42,05	1768,2025
2	30	0,083333	-0,0870	900	0,0076	-2,61034	-22,05	486,2025
3	30	0,132353	-0,1420	900	0,0202	-4,25911	-22,05	486,2025
4	30	0,181373	-0,2001	900	0,0401	-6,00379	-22,05	486,2025
5	35	0,230392	-0,2619	1225	0,0686	-9,1656	-17,05	290,7025
6	35	0,279412	-0,3277	1225	0,1074	-11,4691	-17,05	290,7025
7	40	0,328431	-0,3981	1600	0,1585	-15,9256	-12,05	145,2025
8	45	0,377451	-0,4739	2025	0,2246	-21,327	-7,05	49,7025
9	46	0,426471	-0,5559	2116	0,3091	-25,5735	-6,05	36,6025
10	47	0,47549	-0,6453	2209	0,4164	-30,3287	-5,05	25,5025
11	47	0,52451	-0,7434	2209	0,5527	-34,9402	-5,05	25,5025
12	53	0,573529	-0,8522	2809	0,7263	-45,1672	0,95	0,9025
13	55	0,622549	-0,9743	3025	0,9493	-53,5873	2,95	8,7025
14	60	0,671569	-1,1134	3600	1,2397	-66,8056	7,95	63,2025
15	60	0,720588	-1,2751	3600	1,6258	-76,5041	7,95	63,2025
16	63	0,769608	-1,4680	3969	2,1549	-92,4823	10,95	119,9025
17	65	0,818627	-1,7072	4225	2,9145	-110,968	12,95	167,7025
18	80	0,867647	-2,0223	6400	4,0896	-161,783	27,95	781,2025
19	90	0,916667	-2,4849	8100	6,1748	-223,642	37,95	1440,2025
20	120	0,965686	-3,3722	14400	11,3718	-404,665	67,95	4617,2025
TOTAL	1041	10	-19,1399	65537	33,1530	-1397,56	0	11352,95
AVG	52,05	0,5	-0,9570	3276,85	1,6576	-69,8778	0	567,6475

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. Y_i : diperoleh dari rumus Y = LN[1-F(T)], sehingga nilai Y = LN[1-0,034314] = -0,0349.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i - \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
10. (T_i - \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i - \bar{T}_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(-1397,56) - (1041)(-19,1399)}{\sqrt{[20(65537) - (1041)^2][20(33,15230) - (-19,1399)^2]}}$$

$$r = -0,9779$$

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.25 Interval perbaikan komponen cutting plat distribusi weibull.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T _i)	Y _i = ln[-ln(1-F(T _i))]	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	10	0,034314	2,3026	-3,3548	5,3019	11,2547	-7,7247	-1,5371	2,3628
2	30	0,083333	3,4012	-2,4417	11,5681	5,9620	-8,3048	-0,4385	0,1923
3	30	0,132353	3,4012	-1,9521	11,5681	3,8108	-6,6396	-0,4385	0,1923
4	30	0,181373	3,4012	-1,6088	11,5681	2,5883	-5,4719	-0,4385	0,1923
5	35	0,230392	3,5553	-1,3399	12,6405	1,7953	-4,7638	-0,2844	0,0809
6	35	0,279412	3,5553	-1,1157	12,6405	1,2448	-3,9667	-0,2844	0,0809
7	40	0,328431	3,6889	-0,9210	13,6078	0,8482	-3,3973	-0,1508	0,0228
8	45	0,377451	3,8067	-0,7467	14,4907	0,5575	-2,8424	-0,0331	0,0011
9	46	0,426471	3,8286	-0,5871	14,6585	0,3447	-2,2477	-0,0111	0,0001
10	47	0,47549	3,8501	-0,4381	14,8236	0,1919	-1,6866	0,0104	0,0001
11	47	0,52451	3,8501	-0,2965	14,8236	0,0879	-1,1416	0,0104	0,0001
12	53	0,573529	3,9703	-0,1599	15,7632	0,0256	-0,6349	0,1306	0,0170
13	55	0,622549	4,0073	-0,0260	16,0587	0,0007	-0,1043	0,1676	0,0281
14	60	0,671569	4,0943	0,1074	16,7637	0,0115	0,4399	0,2546	0,0648
15	60	0,720588	4,0943	0,2430	16,7637	0,0590	0,9949	0,2546	0,0648
16	63	0,769608	4,1431	0,3839	17,1656	0,1474	1,5905	0,3034	0,0921
17	65	0,818627	4,1744	0,5349	17,4255	0,2861	2,2327	0,3347	0,1120
18	80	0,867647	4,3820	0,7042	19,2022	0,4959	3,0859	0,5423	0,2941
19	90	0,916667	4,4998	0,9102	20,2483	0,8285	4,0959	0,6601	0,4357
20	120	0,965686	4,7875	1,2156	22,9201	1,4776	5,8195	0,9478	0,8983
TOTAL	1041	10	76,7945	-10,8891	300,0025	32,0184	-30,6669	0	5,1326
AVG	52,05	0,5	3,8397	-0,5445	15,0001	1,6009	-1,5333	0	0,2566

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(20+0,4) = 0,034314, dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 2,3026
6. Y : diperoleh dari rumus Y_i = LN{- LN[1-F(T)]}, sehingga nilai Y₁ = LN[-LN[1-F(T)]] = -3,3548.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i - \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i

11. $(T_i - \bar{T}_i)^2$: diperoleh dari $T_i - \bar{T}_i$ dikuadratkan

12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{20(-30,669) - (76,7945)(-10,8891)}{\sqrt{[20(300,0025) - (76,7945)^2][20(32,0184) - (-10,8891)^2]}}$$

$$r = 0,9630$$

2. Interval perbaikan komponen heater.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.26 Interval perbaikan komponen heater distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	13	0,045455	-1,6	169	2,56	-20,8	-34,8667	1215,6844
2	30	0,11039	-1,2	900	1,44	-36	-17,8667	319,2178
3	30	0,175325	-0,9	900	0,81	-27	-17,8667	319,2178
4	30	0,24026	-0,7	900	0,49	-21	-17,8667	319,2178
5	35	0,305195	-0,5	1225	0,25	-17,5	-12,8667	165,5511
6	45	0,37013	-0,3	2025	0,09	-13,5	-2,8667	8,2178
7	47	0,435065	-0,1	2209	0,01	-4,7	-0,8667	0,7511
8	50	0,5	0	2500	0	0	2,1333	4,5511
9	50	0,564935	0,1	2500	0,01	5	2,1333	4,5511
10	53	0,62987	0,3	2809	0,09	15,9	5,1333	26,3511
11	60	0,694805	0,5	3600	0,25	30	12,1333	147,2178
12	60	0,75974	0,7	3600	0,49	42	12,1333	147,2178
13	60	0,824675	0,9	3600	0,81	54	12,1333	147,2178
14	65	0,88961	1,2	4225	1,44	78	17,1333	293,5511
15	90	0,954545	1,6	8100	2,56	144	42,1333	1775,2178
TOTAL	718	7,5	0	39262	11,3	228,4	0	4893,7333
AVG	47,86667	0,5	0	2617,4667	0,753333	15,22667	0	326,2489

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455$, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana $Z = F(T_i) = 0,045455$, sehingga diperoleh nilai $Y_i = -1,6$.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i - \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i

10. $(T_i - \bar{T}_i)^2$: diperoleh dari $T_i - \bar{T}_i$ dikuadratkan

11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15(228,4) - (718)(0)}{\sqrt{[15(39262) - (718)^2][15(11,3) - (0)^2]}}$$

$r = 0,9065$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.27 Interval perbaikan komponen heater distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T _i	(T _i -T _i) ²
1	13	0,045455	2,5649	-1,6	6,578965	2,56	-4,1039	-1,2172	1,4816
2	30	0,11039	3,4012	-1,2	11,56814	1,44	-4,0814	-0,3810	0,1451
3	30	0,175325	3,4012	-0,9	11,56814	0,81	-3,0611	-0,3810	0,1451
4	30	0,24026	3,4012	-0,7	11,56814	0,49	-2,3808	-0,3810	0,1451
5	35	0,305195	3,5553	-0,5	12,6405	0,25	-1,7777	-0,2268	0,0514
6	45	0,37013	3,8067	-0,3	14,49068	0,09	-1,1420	0,0245	0,0006
7	47	0,435065	3,8501	-0,1	14,82364	0,01	-0,3850	0,0680	0,0046
8	50	0,5	3,9120	0	15,30392	0	0,0000	0,1299	0,0169
9	50	0,564935	3,9120	0,1	15,30392	0,01	0,3912	0,1299	0,0169
10	53	0,62987	3,9703	0,3	15,76322	0,09	1,1911	0,1881	0,0354
11	60	0,694805	4,0943	0,5	16,76366	0,25	2,0472	0,3122	0,0975
12	60	0,75974	4,0943	0,7	16,76366	0,49	2,8660	0,3122	0,0975
13	60	0,824675	4,0943	0,9	16,76366	0,81	3,6849	0,3122	0,0975
14	65	0,88961	4,1744	1,2	17,42551	1,44	5,0093	0,3922	0,1538
15	90	0,954545	4,4998	1,6	20,24829	2,56	7,1997	0,7177	0,5150
TOTAL	718	7,5	56,7323	0	217,574	11,3	5,4574	0	3,0040
AVG	47,8666	0,5	3,7822	0	14,50494	0,75333	0,3638	0	0,2003

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455$, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana $Z = F(T_i) = 0,045455$, sehingga diperoleh nilai $Y_i = -1,6$.
6. T_i= LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 2,5649.
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T_i
11. (T_i-T_i)² : diperoleh dari T_i-T_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15(5,4574) - (56,7323)(0)}{\sqrt{[20(217,574) - (56,7323)^2][20(11,3) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9367$$

c. Distribusi Eksponensial

Tabel 4.28 Interval perbaikan komponen heater distribusi eksponensial.

i	Ti	F(Ti)	Yi= ln[1-F(Ti)]	Ti ²	Yi ²	Ti . Yi	Ti- \bar{T}_i	(Ti- \bar{T}_i) ²
1	13	0,045455	-0,0465	169	0,0022	-0,6048	-34,8667	1215,6844
2	30	0,11039	-0,1170	900	0,0137	-3,5092	-17,8667	319,2178
3	30	0,175325	-0,1928	900	0,0372	-5,7830	-17,8667	319,2178
4	30	0,24026	-0,2748	900	0,0755	-8,2434	-17,8667	319,2178
5	35	0,305195	-0,3641	1225	0,1326	-12,7443	-12,8667	165,5511
6	45	0,37013	-0,4622	2025	0,2137	-20,8009	-2,8667	8,2178
7	47	0,435065	-0,5710	2209	0,3261	-26,8391	-0,8667	0,7511
8	50	0,5	-0,6931	2500	0,4805	-34,6574	2,1333	4,5511
9	50	0,564935	-0,8323	2500	0,6927	-41,6130	2,1333	4,5511
10	53	0,62987	-0,9939	2809	0,9878	-52,6768	5,1333	26,3511
11	60	0,694805	-1,1868	3600	1,4085	-71,2083	12,1333	147,2178
12	60	0,75974	-1,4260	3600	2,0336	-85,5621	12,1333	147,2178
13	60	0,824675	-1,7411	3600	3,0315	-104,4669	12,1333	147,2178
14	65	0,88961	-2,2037	4225	4,8565	-143,2431	17,1333	293,5511
15	90	0,954545	-3,0910	8100	9,5545	-278,1938	42,1333	1775,2178
TOTAL	718	7,5	-14,1965	39262	23,8464	-890,1459	0	4893,7333
AVG	47,8666	0,5	-0,9464	2617,4667	1,5898	-59,3431	0	326,2489

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. Ti : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(Ti) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(Ti) data ke-1 adalah adalah (1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455, dst.
5. Yi : diperoleh dari rumus Y= LN[1-F(T)], sehingga nilai Y = LN[1-0,045455] = -0,0465.
6. Ti² : diperoleh dari Ti x Ti
7. Yi² : diperoleh dari Yi x Yi
8. Ti Yi : diperoleh dari perkalian Ti dengan Yi
9. Ti- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan Ti dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
10. (Ti- \bar{T}_i)² : diperoleh dari Ti- \bar{T}_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n Ti.Yi - (\sum_{i=1}^n Ti)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n Ti^2) - (\sum_{i=1}^n Ti)^2][n(\sum_{i=1}^n Yi^2) - (\sum_{i=1}^n Yi)^2]}}$$

$$r = \frac{15(-890,1459) - (718)(-14,1965)}{\sqrt{[15(39262) - (718)^2][15(23,8464) - (-14,1965)^2]}}$$

$$r = -0,9331$$

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.29 Interval perbaikan komponen heater distribusi weibull.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T _i)	Y _i = ln[-ln(1-F(T _i))]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	13	0,045455	2,5649	-3,0679	6,5790	9,4118	-7,8689	-1,2172	1,48158
2	30	0,11039	3,4012	-2,1458	11,5681	4,6046	-7,2984	-0,3810	0,145126
3	30	0,175325	3,4012	-1,6463	11,5681	2,7102	-5,5993	-0,3810	0,145126
4	30	0,24026	3,4012	-1,2918	11,5681	1,6687	-4,3936	-0,3810	0,145126
5	35	0,305195	3,5553	-1,0103	12,6405	1,0206	-3,5918	-0,2268	0,05144
6	45	0,37013	3,8067	-0,7717	14,4907	0,5955	-2,9375	0,0245	0,000601
7	47	0,435065	3,8501	-0,5603	14,8236	0,3139	-2,1572	0,0680	0,004624
8	50	0,5	3,9120	-0,3665	15,3039	0,1343	-1,4338	0,1299	0,016867
9	50	0,564935	3,9120	-0,1836	15,3039	0,0337	-0,7183	0,1299	0,016867
10	53	0,62987	3,9703	-0,0061	15,7632	0,0000	-0,0243	0,1881	0,035397
11	60	0,694805	4,0943	0,1713	16,7637	0,0293	0,7012	0,3122	0,097465
12	60	0,75974	4,0943	0,3549	16,7637	0,1260	1,4531	0,3122	0,097465
13	60	0,824675	4,0943	0,5545	16,7637	0,3075	2,2704	0,3122	0,097465
14	65	0,88961	4,1744	0,7902	17,4255	0,6243	3,2984	0,3922	0,153849
15	90	0,954545	4,4998	1,1285	20,2483	1,2735	5,0781	0,7177	0,515034
TOTAL	718	7,5	56,7323	-8,0509	217,5740	22,8541	-23,2219	0	3,004029
AVG	47,8667	0,5	3,7822	-0,5367	14,5049	1,5236	-1,5481	0	0,200269

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(T_i) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(15+0,4) = 0,045455$ dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T_i data Ke-1 adalah LN(T) = 10,3634.
6. Y : diperoleh dari rumus $Y_i = LN\{-LN[1-F(T_i)]\}$, sehingga nilai $Y_i = LN[-LN[1-F(T_i)]] = -3,0679$
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
11. (T_i- \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i- \bar{T}_i dikuadratkan
12. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{15(-23,2219) - (56,7323)(-8,0509)}{\sqrt{[15(217,5740) - (56,7323)^2][15(22,8541) - (-8,0509)^2]}}$$

$$r = 0,9886$$

3. Interval perbaikan komponen as pusher opp.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.30 Interval perbaikan komponen as pusher opp distribusi normal.

i	T _i	F(T _i)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i · Y _i	T _i - \bar{T}_i	(T _i - \bar{T}_i) ²
1	20	0,052239	-1,6	400	2,56	-32	-45,4615	2066,751
2	35	0,126866	-1,1	1225	1,21	-38,5	-30,4615	927,9053
3	36	0,201493	-0,8	1296	0,64	-28,8	-29,4615	867,9822
4	45	0,276119	-0,5	2025	0,25	-22,5	-20,4615	418,6746
5	45	0,350746	-0,3	2025	0,09	-13,5	-20,4615	418,6746
6	45	0,425373	-0,1	2025	0,01	-4,5	-20,4615	418,6746
7	50	0,5	0	2500	0	0	-15,4615	239,0592
8	60	0,574627	0,1	3600	0,01	6	-5,46154	29,8284
9	85	0,649254	0,3	7225	0,09	25,5	19,53846	381,7515
10	90	0,723881	0,5	8100	0,25	45	24,53846	602,1361
11	90	0,798507	0,8	8100	0,64	72	24,53846	602,1361
12	120	0,873134	1,1	14400	1,21	132	54,53846	2974,444
13	130	0,947761	1,6	16900	2,56	208	64,53846	4165,213
TOTAL	851	6,5	0	69821	9,52	348,7	0	14113,23
AVG	65,46154	0,5	0	5370,846154	0,732308	26,82308	0	1085,633

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,045455, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,6.
6. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
7. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
8. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
9. T_i- \bar{T}_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata \bar{T}_i
10. (T_i- \bar{T}_i)² : diperoleh dari T_i- \bar{T}_i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n T_i \cdot Y_i - (\sum_{i=1}^n T_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n T_i^2) - (\sum_{i=1}^n T_i)^2][n(\sum_{i=1}^n Y_i^2) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{13(348,7) - (851)(0)}{\sqrt{[13(69821) - (851)^2][13(9,52) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9513$$

b. Distribusi Lognormal

Tabel 4.31 Interval perbaikan komponen as pusher opp distribusi lognormal.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T)	Y _i	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	20	0,052239	2,995732274	-1,6	8,974412	2,56	-4,79317	-1,0549	1,112819
2	35	0,126866	3,555348061	-1,1	12,6405	1,21	-3,91088	-0,49529	0,245309
3	36	0,201493	3,583518938	-0,8	12,84161	0,64	-2,86682	-0,46712	0,218197
4	45	0,276119	3,80666249	-0,5	14,49068	0,25	-1,90333	-0,24397	0,059522
5	45	0,350746	3,80666249	-0,3	14,49068	0,09	-1,142	-0,24397	0,059522
6	45	0,425373	3,80666249	-0,1	14,49068	0,01	-0,38067	-0,24397	0,059522
7	50	0,5	3,912023005	0	15,30392	0	0	-0,13861	0,019213
8	60	0,574627	4,094344562	0,1	16,76366	0,01	0,409434	0,04371	0,001911
9	85	0,649254	4,442651256	0,3	19,73715	0,09	1,332795	0,392017	0,153677
10	90	0,723881	4,49980967	0,5	20,24829	0,25	2,249905	0,449175	0,201758
11	90	0,798507	4,49980967	0,8	20,24829	0,64	3,599848	0,449175	0,201758
12	120	0,873134	4,787491743	1,1	22,92008	1,21	5,266241	0,736857	0,542958
13	130	0,947761	4,86753445	1,6	23,69289	2,56	7,788055	0,8169	0,667325
TOTAL	851	6,5	52,6582511	0	216,8428	9,52	5,649413	0	3,543493
AVG	65,4615	0,5	4,0506347	0	16,68022	0,73230	0,43457	0	0,272576

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. T_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah adalah (1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239, dst.
5. Y_i : didapat dari Tabel Standarized Normal Probabilities dimana Z = F(T_i) = 0,052239, sehingga diperoleh nilai Y_i = -1,6.
6. T_i= LN(T) : waktu antara kerusakan distribusi Lognormal diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 2,9957
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

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

$$r = \frac{13(5,6494) - (52,6582)(0)}{\sqrt{[13(216,8428) - (165,6746)^2][13(9,52) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,9727$$

c. Distribusi Ekspensial

Tabel 4.32 Interval perbaikan komponen as pusher opp distribusi eksponensial.

i	Ti	F(Ti)	Yi= ln[1-F(Ti)]	Ti ²	Yi ²	Ti . Yi	Ti- \bar{T} i	(Ti- \bar{T} i) ²
1	20	0,052239	-0,0537	400	0,002879	-1,07305	-45,4615	2066,751
2	35	0,126866	-0,1357	1225	0,018405	-4,74831	-30,4615	927,9053
3	36	0,201493	-0,2250	1296	0,05063	-8,10039	-29,4615	867,9822
4	45	0,276119	-0,3231	2025	0,104412	-14,5408	-20,4615	418,6746
5	45	0,350746	-0,4319	2025	0,186565	-19,4369	-20,4615	418,6746
6	45	0,425373	-0,5540	2025	0,306954	-24,9315	-20,4615	418,6746
7	50	0,5	-0,6931	2500	0,480453	-34,6574	-15,4615	239,0592
8	60	0,574627	-0,8548	3600	0,730663	-51,2873	-5,46154	29,8284
9	85	0,649254	-1,0477	7225	1,097659	-89,0538	19,53846	381,7515
10	90	0,723881	-1,2869	8100	1,656168	-115,823	24,53846	602,1361
11	90	0,798507	-1,6020	8100	2,566413	-144,18	24,53846	602,1361
12	120	0,873134	-2,0646	14400	4,262682	-247,755	54,53846	2974,444
13	130	0,947761	-2,9519	16900	8,713889	-383,751	64,53846	4165,213
TOTAL	851	6,5	-12,2245	69821	20,17777	-1139,34	0	14113,23
AVG	65,461	0,5	-0,9403	5370,8	1,552136	-87,6414	0	1085,633

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. Ti : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(Ti) : diperoleh dari rumus $(i-0,3)/(N+0,4)$, sehingga F(Ti) data ke-1 adalah $(1-0,3)/(13+0,4) = 0,052239$, dst.
5. Yi : diperoleh dari rumus $Y = \text{LN}[1-F(T)]$, sehingga nilai $Y = \text{LN}[1-0,052239] = -0,0537$.
6. Ti² : diperoleh dari Ti x Ti
7. Yi² : diperoleh dari Yi x Yi
8. Ti Yi : diperoleh dari perkalian Ti dengan Yi
9. Ti- \bar{T} i : diperoleh dari pengurangan Ti dengan nilai rata-rata \bar{T} i
10. (Ti- \bar{T} i)² : diperoleh dari Ti- \bar{T} i dikuadratkan
11. Index of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n Ti.Yi - (\sum_{i=1}^n Ti)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n Ti^2) - (\sum_{i=1}^n Ti)^2][n(\sum_{i=1}^n Yi^2) - (\sum_{i=1}^n Yi)^2]}}$$

$$r = \frac{13(-1139,34) - (851)(-12,2245)}{\sqrt{[13(69821) - (851)^2][13(20,17777) - (-12,2245)^2]}}$$

$$r = -0,9687$$

c. Distribusi Weibull

Tabel 4.33 Interval perbaikan komponen as pusher opp distribusi weibull.

i	T _i	F(T _i)	T _i = ln(T _i)	Y _i = ln[-ln(1-F(T _i))]	T _i ²	Y _i ²	T _i . Y _i	T _i -T̄ _i	(T _i -T̄ _i) ²
1	20	0,052239	2,995732274	-2,925223234	8,974412	8,556931	-8,76319	-1,0549	1,112819
2	35	0,126866	3,555348061	-1,99756029	12,6405	3,990247	-7,10202	-0,49529	0,245309
3	36	0,201493	3,583518938	-1,491606142	12,84161	2,224889	-5,3452	-0,46712	0,218197
4	45	0,276119	3,80666249	-1,129704207	14,49068	1,276232	-4,3004	-0,24397	0,059522
5	45	0,350746	3,80666249	-0,839487848	14,49068	0,70474	-3,19565	-0,24397	0,059522
6	45	0,425373	3,80666249	-0,59052854	14,49068	0,348724	-2,24794	-0,24397	0,059522
7	50	0,5	3,912023005	-0,366512921	15,30392	0,134332	-1,43381	-0,13861	0,019213
8	60	0,574627	4,094344562	-0,156901171	16,76366	0,024618	-0,64241	0,04371	0,001911
9	85	0,649254	4,442651256	0,046589839	19,73715	0,002171	0,206982	0,392017	0,153677
10	90	0,723881	4,49980967	0,252253233	20,24829	0,063632	1,135092	0,449175	0,201758
11	90	0,798507	4,49980967	0,47125468	20,24829	0,222081	2,120556	0,449175	0,201758
12	120	0,873134	4,787491743	0,724949317	22,92008	0,525552	3,470689	0,736857	0,542958
13	130	0,947761	4,86753445	1,082459075	23,69289	1,171718	5,268907	0,8169	0,667325
TOTAL	851	6,5	52,6582511	-6,920018209	216,8428	19,24586	-20,8284	0	3,543493
AVG	65,4615	0,5	4,0506347	-0,532309093	16,68022	1,480451	-1,60218	0	0,272576

Uraian Perhitungan:

1. i : data ke-i
2. N : jumlah data
3. t_i : waktu antara kerusakan komponen setelah diranking
4. F(T_i) : diperoleh dari rumus (i-0,3)/(N+0,4), sehingga F(T_i) data ke-1 adalah (1-0,3)/(15+0,4) = 0,052239 dst.
5. T : waktu antara kerusakan distribusi weibull diperoleh oleh rumus LN(T) sehingga T data Ke-1 adalah LN(T) = 2,9957.
6. Y : diperoleh dari rumus Y_i = LN{- LN[1-F(T_i)]}, sehingga nilai Y₁ = LN[-LN[1-F(T₁)] = -2,9252
7. T_i² : diperoleh dari T_i x T_i
8. Y_i² : diperoleh dari Y_i x Y_i
9. T_i Y_i : diperoleh dari perkalian T_i dengan Y_i
10. T_i-T̄_i : diperoleh dari pengurangan T_i dengan nilai rata-rata T̄_i
11. (T_i-T̄_i)² : diperoleh dari T_i-T̄_i dikuadratkan
12. Index of Fit

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

$$r = \frac{13(-20,8284) - (52,6582)(-6,9200)}{\sqrt{[15(216,8428) - (165,6746)^2][15(19,24586) - (-8,05087)^2]}}$$

r = 0,9699

4.4 Perhitungan Parameter dan MTTF komponen

Perlu diperhatikan bahwa melakukan perhitungan nilai MTTF untuk komponen mesin chimei menggunakan data interval kerusakan. Berdasarkan pengujian pola distribusi yang telah dilakukan sebelumnya, data interval kerusakan komponen mesin chimei sebagai berikut:

Tabel 4.34 Data Interval Kerusakan Komponen Mesin Chimei.

Komponen	Pola Distribusi	Nilai Fit of Index (FOI)
Cutting plat	Weibull	0,9896
Heater	Lognormal	0,9880
As pusher opp	Lognormal	0,9733

Setiap komponen mesin chimei memiliki pola distribusinya tersendiri maka akan dihitung MTTF untuk mendapatkan komponen mesin chimei yang memiliki hasil MTTF terendah. Contoh perhitungan dan nilai MTTF untuk setiap komponen mesin chimei akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Komponen Cutting plat (Weibull)

Diketahui :

$$\sum TiYi = -109,5248$$

$$\sum Ti = 215,10469$$

$$\sum Yi = -10,88907$$

$$\sum Ti^2 = 2315,7561$$

$$N = 20$$

Maka :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N TiYi - \frac{\sum_{i=1}^N Ti \sum_{i=1}^N Yi}{N}}{\sum_{i=1}^N Ti^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Ti)^2}{N}}$$

$$= \frac{-109,5248 - \frac{(215,10469)(-10,88907)}{20}}{2315,7561 - \frac{(215,10469)^2}{20}}$$

$$= 3,366$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \\ &= \frac{-10,88907}{20} - 3,366 \frac{215,10469}{20} \\ &= -36,7478 \end{aligned}$$

Parameter bentuk (β) = $b = 3,366$

Parameter skala (θ) = $\eta = e^{-\frac{a}{b}} = e^{-\frac{-36,7478}{3,366}} = 55104,122$

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \\ &= 55104,122 \Gamma \left(\frac{1}{3,366} + 1 \right) \\ &= 49454 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Komponen Heater (Lognormal)

Diketahui :

$$\sum T_l = \frac{\sum T_i}{N} = \frac{165,67465}{15}$$

$$\sum T_i = 165,67465$$

$$N = 13$$

$$\sum (T_i - T_l)^2 = 1,502$$

Maka,

$$\mu = T_l = \frac{\sum T_i}{N} = \frac{165,67465}{15} = 11,0449$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - T_l)^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,502}{14}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,10729 \\
 \text{MTTR} &= e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \\
 &= e^{11,0449 + \frac{1}{2}(0,10729)^2} \\
 &= 622990 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

3. Komponen As pusher opp (Lognormal)

Diketahui :

$$\sum Tl = \frac{\sum Ti}{N} = \frac{146,37213}{13}$$

$$\sum Ti = 146,37213$$

$$N = 13$$

$$\sum (Ti - Tl)^2 = 0,67998$$

Maka,

$$\mu = Tl = \frac{\sum Ti}{N} = \frac{146,37213}{13} = 11,259395$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Ti - Tl)^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,67998}{12}}$$

$$= 0,2380$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \\
 &= e^{11,259 + \frac{1}{2}(0,2380)^2} \\
 &= 79835 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Parameter dan MTTR komponen

Perlu diperhatikan bahwa melakukan perhitungan nilai MTTR untuk komponen mesin chimei menggunakan data interval perbaikan. Berdasarkan pengujian pola distribusi yang telah dilakukan sebelumnya, data interval perbaikankomponen mesin chimei sebagai berikut:

Tabel 4.35 Data Interval Perbaikan Komponen Mesin Chimei.

Komponen	Pola Distribusi	Nilai Fit of Index (FOI)
Cutting plat	Weibull	0,9630
Heater	Weibull	0,9687
As pusher opp	Lognormal	0,9727

Setiap komponen mesin chimei memiliki pola distribusinya tersendiri maka akan dihitung MTTR untuk mendapatkan komponen mesin chimei yang memiliki hasil MTTR terendah. Contoh perhitungan dan nilai MTTR untuk setiap komponen mesin chimei akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Komponen Cutting plat (Weibull)

Diketahui :

$$\sum TiYi = -30,6668$$

$$\sum Ti = 76,7945$$

$$\sum Yi = -10,8891$$

$$\sum Ti^2 = 300,0024$$

$$N = 20$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\sum_{i=1}^N TiYi - \frac{\sum_{i=1}^N Ti \sum_{i=1}^N Yi}{N}}{\sum_{i=1}^N Ti^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Ti)^2}{N}} \\
 &= \frac{-30,6668 - \frac{(76,7945)(-10,8891)}{20}}{300,0024 - \frac{(76,7945)^2}{20}} \\
 &= 2,171
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \\
 &= \frac{-10,8891}{20} - 2,171 \frac{76,7945}{20} \\
 &= -8,88153
 \end{aligned}$$

Parameter bentuk (β) = $b = 2,171$

$$\text{Parameter skala } (\theta) = \eta = e^{-\frac{a}{b}} = e^{-\frac{-8,8153}{2,171}} = 59,76855$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \\
 &= 59,768855 \Gamma \left(\frac{1}{2,171} + 1 \right) \\
 &= 52,93 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

b. Komponen Heater (Weibull)

Diketahui :

$$\sum T_i Y_i = -23,2219$$

$$\sum T_i = 56,7322$$

$$\sum Y_i = -8,0508$$

$$\sum T_i^2 = 217,5740$$

$$N = 15$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\sum_{i=1}^N T_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N T_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N T_i)^2}{N}} \\
 &= \frac{-23,2219 - \frac{(56,7322)(-8,0508)}{15}}{217,5740 - \frac{(56,7322)^2}{15}} \\
 &= 2,405
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \\
 &= \frac{-8,0508}{15} - 2,405 \frac{56,7322}{15} \\
 &= -9,6365
 \end{aligned}$$

Parameter bentuk (β) = $b = 3,366$

$$\text{Parameter skala } (\theta) = \eta = e^{-\frac{a}{b}} = e^{-\frac{-9,6365}{2,405}} = 54,88443$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \\
 &= 54,88443 \Gamma\left(\frac{1}{2,405} + 1\right) \\
 &= 48,66 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

c. Komponen As pusher opp (Lognormal)

Diketahui :

$$\sum T_i = \frac{\sum T_i}{N} = \frac{52,65}{13}$$

$$\sum T_i = 52,65$$

$$N = 13$$

$$\sum (T_i - T_l)^2 = 3,543$$

Maka,

$$\mu = T_l = \frac{\sum T_i}{N} = \frac{52,65}{13} = 4,0506$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - T_l)^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3,543}{12}}$$

$$= 0,5434$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \\
 &= e^{4,0506 + \frac{1}{2}(0,5434)^2} \\
 &= 66,57 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4.6 Usulan Kegiatan Perawatan Komponen

Berikut ini merupakan table summary dari nilai MTTF dan MTTR. Dari komponen cutting plat, heater dan as pusher opp. Data summary tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut ini. Berdasarkan data ini akan diuraikan kembali informasi terkait perawatan terjadwal komponen Mesin Chimei.

Tabel 4.36 Rekapitulasi Nilai MTTF dan MTTR

Komponen	Data	Distribusi	β	α	θ	μ	σ	MTTF (menit)	MTTR (menit)
Cutting plat	Kerusakan	weibull	3.366	-36.747	49454.296	-	-	49454	-
	Perbaikan	weibull	2.171	-8.881	52.93	-	-	-	52.93
Heater	Kerusakan	lognormal	-	-	-	11.044	0.107	62990	-
	Perbaikan	weibull	2.405	-9.636	48.66	-	-	-	48.66
As pusher opp	Kerusakan	lognormal	-	-	-	11.259	0.238	79835	-
	Perbaikan	lognormal	-	-	-	4.050	0.543	-	66.57

4.7 Interval Waktu Perawatan

Sesuai dengan hasil perhitungan dan analisa yang telah dirangkum dari tabel sebelumnya, didapatkan informasi sebagai berikut:

- d. Komponen cutting plat sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 49454 menit = 824 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 52.93 menit per shutdown

- e. Komponen heater sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 62990 menit = 1049 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 48.66 menit per shutdown
- f. Komponen as pusher opp sudah harus dilakukan perawatan pencegahan kerusakan ataupun melakukan pergantian komponen setelah beroperasi maksimal selama 79835 menit = 1330 jam dengan rata-rata perbaikan yang dilakukan selama 66.57 menit per shutdown

4.8 Penentuan Waktu Pemeriksaan Komponen

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan interval waktu optimal untuk dilakukan pemeriksaan terhadap masing-masing komponen dengan penjelasan sebagai berikut.

- Komponen Cutting plat

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 26 hari

Jam kerja tiap hari = 7½ jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 26 x 7½ = 187.2 jam

b. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 20 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{Rata-rata kerja perbulan}} = \frac{52.93}{187.2} = 0.28$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.28} = 3.57$$

d. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam kerja perbulan}} = \frac{0.5}{187.2} = 0.002$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.002} = 500 \text{ menit} = 8.3 \text{ jam}$$

e. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 2 tahun}}{24} = \frac{20}{24} = 0.833$$

f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.833 \times 8.3}{3.87}} = 1.33 \text{ kali/bulan}$$

g. Interval waktu perawatan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja perbulan}}{n} = \frac{187.2}{1.33} = 141 \text{ jam}$$

- Komponen Heater

- a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 26 hari

Jam kerja tiap hari = 7½ jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 26 x 7½ = 187.2 jam

- b. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 15 kali

- c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{Rata - rata kerja perbulan}} = \frac{48.66}{187.2} = 0.26$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.26} = 3.84$$

- d. Waktu rata – rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata - rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata - rata jam kerja perbulan}} = \frac{0.5}{187.2} = 0.002$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.002} = 500 = 8.3 \text{ jam}$$

- e. Rata – rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 2 tahun}}{24} = \frac{15}{24} = 0.625$$

- f. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.625 \times 8.3}{3.84}} = 1.16 \text{ kali/bulan}$$

- g. Interval waktu perawatan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja perbulan}}{n} = \frac{187.2}{1.16} = 161 \text{ jam}$$

- Komponen As pusher opp

- a. Rata-rata jam kerja per bulan

Hari kerja per bulan = 26 hari

Jam kerja tiap hari = 7½ jam

Rata-rata jam kerja per bulan = 26 x 7½ = 187.2 jam

- b. Jumlah Kerusakan selama 2 tahun = 13 kali

- c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{Rata - rata kerja perbulan}} = \frac{66.57}{187.2} = 0.35$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.35} = 2,85$$

- d. Waktu rata – rata pemeriksaan
- $$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata – rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata – rata jam kerja perbulan}} = \frac{0.75}{187.2} = 0.004$$
- $$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.004} = 250 = 4.2 \text{ jam}$$
- e. Rata – rata kerusakan
- $$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 2 tahun}}{24} = \frac{13}{24} = 0.541$$
- f. Frekuensi pemeriksaan optimal
- $$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,541 \times 4.2}{2.85}} = 0.89 \text{ kali/bulan}$$
- g. Interval waktu perawatan
- $$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja perbulan}}{n} = \frac{187.2}{0.89} = 210 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan ini dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan optimal untuk komponen cutting plat dilakukan setiap 1.33 kali atau 1 kali per 1 bulan dengan interval waktu pemeriksaan 141 jam. Berdasarkan perhitungan yang telah diuraikan diatas, dapat dibuat tabel rekapitulasi untuk memudahkann pembacaan hasil analisa interval pemeriksaan atau periodic inspection seperti pada Tabel 4.39 berikut ini.

Tabel 4.39 Hasil Rekapitulasi Periodic Inspection

No	Komponen	Frekuensi pemeriksaan	Interval pemeriksaan (jam)
1	Cutting plat	1 kali/bulan	141
2	Heater	1 kali/bulan	161
3	As pusher opp	1 kali/bulan	210

4.9 Klasifikasi ABC

Untuk menentukan *spart part* yang di klasifikasikan data *spart part* di ambil dari data part FMEA yang sudah di dapat, maka pengertian dari klasifikasi ABC, yaitu metode yang menempatkan klasifikasi yang berbeda dengan tingkat kepentingan yang semakin menurun. Pengendalian persediaan difokuskan pada beberapa material yang kritissaja. Material yang dianggap kritis yaitu material yang menjadi investasi terbesar bagi perusahaan.

Berikut adalah hasil perhitungan Klasifikasi ABC untuk part kritis mesin *chimei* dari bulan Januari tahun 2019 sampai bulan Desember 2020, dapat dilihat pada Tabel 4.40 dan 4.41 sebagai berikut :

Tabel 4.40 Klasifikasi ABC Komponen kritis

Part kritis	Pergantian part selama 2 tahun	Cost part	Cost unit 2 tahun	Nilai kumulatif	Nilai kumulatif%	Kelas ABC
<i>Cutting plat</i>	18	500000	9.000.000	9.000.000	43%	A
<i>Heater</i>	12	400000	4.800.000	13.800.000	23%	A
<i>As pusher opp</i>	10	300000	3.000.000	16.800.000	14%	B
<i>sensor</i>	8	300000	2.400.000	19.200.000	11%	C
<i>Plc cable</i>	7	275000	1.925.000	21.125.000	9%	C

Tabel 4.41 Klasifikasi ABC Komponen kritis

Part kritis	Inerval kerusakan part dalam 2 tahun	Pergantian part dalam 2 tahun	Harga per part
Cutting plat	20	18	500000
Plat heater	15	12	400000
As pusher opp	13	10	300000
Sensor	8	7	300000
Plc cable	7	7	275000

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa semua part berada pada kelas A di mana kelas A itu dengan criteria persentase kumulatif kelas A berada pada nilai 0% sampai dengan 69%,dimana di dapatkan untuk cutting plat dengan persentase 43%, heater dengan persentase 23%, dengan penjumlahan persentase dari 2 part tersebut 66% maka dapat di simpulkan ke 2 part tersebut masuk dalam katagori kelas A, untuk As pusher opp dengan persentase 14% dengan di jumlahkan dengan 66% dari nilai kumulatif sebelumnya di dapatkan hasil 80%, part tersebut masuk dalam kelas B, untuk sensor dengan persentase 11%, dan di jumlahkan

dari hasil perhitungan sebelumnya di dapatkan hasil 80% maka di dapatkan hasil 91% part tersebut masuk dalam kelas C, dan untuk plc cable dengan persentase 9% dan di jumlahkan dari hasil sebelumnya 91% maka di dapatkan hasil 100%, dapat di simpulkan part-part tersebut masuk dalam kategori yang berbeda berdsarkan hasil dari tingat kekritisan part tersebut.

4.10 Perhitungan *Economic Order Quantity*

Berikut merupakan data untuk perhitungan EOQ dapat dilihat pada tabel 4.38 sebagai berikut:

Tabel 4.38 Data EOQ

Komponen	Jumlah barang	Biaya pemesanan	Harga per unit	Biaya penyimpanan
Cutting plat	11	50.000	500.000	1%
Heater	9	40.000	400.000	1%
As pusher opp	7	30.000	30.0000	1%

Keterangan :

Untuk jumlah barang didapatkan dari hasil Rekapitulasi *Periodic Inspection* dimana 14.1384 didapatkan dari hasil interval pemeriksaan yaitu $485.4863 \text{ jam} / 22 \text{ jam} = 22 \text{ hari}$

dan $26 \times 12 = 312 / 22 = 14.1384$

Untuk mendapatkan jumlah stok yang ideal maka rumus yang di gunakan untuk menghitung setiap komponen yang ada adalah sebagai berikut :

$$\frac{\sqrt{2 \times R \times S}}{P \times I}$$

Untuk cutting plat

$$= \frac{\sqrt{2 \times 11 \times 50000}}{500000 \times 1\%}$$

$$= \sqrt{220}$$

$$= 15 \text{ buah komponen pertahun}$$

Jadi stok yang di butuhkan dalam pergantian komponen adalah 4 buah stok komponen dalam setahun.

$$\begin{aligned}\text{Untuk heater} &= \frac{\sqrt{2 \times 9 \times 40000}}{400000 \times 1\%} \\ &= \sqrt{180} \\ &= 14 \text{ buah komponen pertahun}\end{aligned}$$

Jadi stok yang di butuhkan dalam pergantian komponen adalah 5 buah stok komponen dalam setahun.

$$\begin{aligned}\text{Untuk as pusher opp} &= \frac{\sqrt{2 \times 7 \times 30000}}{300000 \times 1\%} \\ &= \sqrt{140} \\ &= 12 \text{ buah komponen dalam setahun}\end{aligned}$$

Jadi stok yang di butuhkan dalam pergantian komponen adalah 4 buah stok komponen dalam setahun.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis pemecahan masalah maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin *chimei* di pilih dari mesin-mesin yang lain karena tingkat kerusakannya yang tinggi dengan frekuensi 93 kerusakan selama 2 tahun.
2. Untuk menentukan perhitungan maka, dibagi menjadi beberapa sistem yang mengalami masalah kerusakan mulai dari *Panel, conveyor, Plat griffer, cam and follower, rantai utama, dan roller opp*.
3. Dari keenam system tersebut di dapatkan 3 sistem yang mengalami kerusakan paling banyaky aitu:
 - Plat griffer dengan memiliki subsistem : cutting plat dan heater
 - Cam and follower denganmemilikisubsistem : as pusher opp
 - Panel control denganmemilikisubsistem : plc kabel dan sensor

Untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal pada mesin *chimei* diperlukan analisis fungsi sistem serta kegagalan sistem menggunakan metode FMEA didapatkan 3 komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi yaitu komponen cutting plat dengan RPN 126, komponen heater dengan RPN 126, dan komponen as pusher opp dengan RPN 90.

4. Analisa Keandalan dilakukan terhadap tiga komponen dengan nilai RPN tertinggi dengn hasil sebagai berikut.

- a. Cutting plat memiliki nilai MTTF sebesar 49454 menit dan nilai MTTR sebesar 52.93 menit. Hal ini berarti Cutting plat berpotensi mengalami kegagalan setelah 49454 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 53 menit.
 - b. Heater memiliki nilai MTTF sebesar 62990 menit dan nilai MTTR sebesar 48.66 menit. Hal ini berarti Heater berpotensi mengalami kegagalan setelah 62990 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 49 menit.
 - c. As pusher opp memiliki nilai MTTF sebesar 79835 menit dan nilai MTTR sebesar 66.57 menit. Hal ini berarti As pusher opp berpotensi mengalami kegagalan setelah 79835 menit pemakaian dengan rata-rata waktu yang diperlukan untuk kegiatan perbaikan adalah 67 menit.
5. Klasifikasi ABC pada sistem komponen kritis di klasifikasikan sebagai berikut:
- Cutting plat masuk dalam klasifikasi: A
 - Heater masuk dalam klasifikasi: A
 - As pusher opp masuk dalam klasifikasi: B
 - Plc kabel masuk dalam klasifikasi: B
 - Sensor masuk dalam klasifikasi: C
6. *Economic Order Quantity* pada setiap masing-masing komponen mesin chimei yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:
- Cutting plat dibutuhkan 18pcs persediaan komponen dalam setahun.
 - Heater dibutuhkan 16pcs persediaan komponen dalam setahun.
 - As pusher opp dibutuhkan 15pcs persediaan komponen dalam setahun.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan sebagai masukan adalah sebagai berikut ini:

1. Penerapan model perawatan usulan dengan metode RCM dapat dilaksanakan dengan baik apabila setiap pihak yang terkait dalam kegiatan produksi mengerjakan tugasnya sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dan sesuai dengan SOP.
2. Penerapan Metode Klasifikasi ABC , pada setiap mesin di perusahaan dapat di terapkan agar setiap klasifikasi tersebut yang memudahkan perusahaan dalam membeli komponen yang kritis.
3. Penerapan Economic Order Quantity, di usulkan kepada perusahaan untuk menentukan jumlah part yang di butuhkan dalam satu tahun pergantian komponen, untuk meminimalkan terjadinya stok out pada perusahaan tersebut.
4. Perusahaan diusulkan untuk selalu melakukan pembaruan data mengenai aspek potensi kegagalan mesin pada line produksi untuk mengupayakan penanggulangan kegagalan mesin dimasa depan sehingga kondisi mesin dapat terkontrol dan dievaluasi.



Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul