

**MENENTUKAN INTERVAL JARAK PERAWATAN
PADA LOKOMOTIF CC 204 SERI 0304 MENGGUNAKAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II
DAN *AGE REPLACEMENT***

(Studi Kasus: PT Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta)

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan
Kalijaga Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata
Satu (S-1) Dengan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)



Diajukan Oleh:

Gaida Nafsiatul Mutmainnah Saepudin

NIM. 16660026

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2020

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr wb

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengorkesi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Gaida Nafsiatul Mutmainnah Saepudin

NIM : 16660026

Judul Skripsi : Menentukan Interval Jarak Perawatan Pada Lokomotif Cc 204 Seri 0304 Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (Rcm)* Ii Dan *Age Replacement* (Studi Kasus: Pt Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta)

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr wb.

Yogyakarta, 19 April 2020

Pembimbing,



Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T.

NIP. 19890715 201503 1 007

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1621/Un.02/DST/PP.00.9/07/2020

Tugas Akhir dengan judul : Menentukan Interval Jarak Perawatan pada Lokomotif CC 204 Seri 0304 Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II dan Age Replacement (Studi Kasus PT Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta).

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : GAIDA NAFSIATUL MUTMAINNAH SAEPUKIN
Nomor Induk Mahasiswa : 16660026
Telah diujikan pada : Jumat, 10 Juli 2020
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Trio Yonathan Teja Kusuma, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 5f165341ebbf



Penguji I

Ira Setyaningsih, S.T. M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 5f1657237fab2



Penguji II

Dr. Cahyono Sigit Pramudyo, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 5f0fd594725e



Yogyakarta, 10 Juli 2020
UIN Sunan Kalijaga
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Murtono, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 5f18ef359b653

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gaida Nafsiatul Mutmainnah Saepudin

NIM : 16660026

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul
“**MENENTUKAN INTERVAL JARAK PERAWATAN PADA LOKOMOTIF CC 204
SERI 0304 MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) II DAN AGE REPLACEMENT** (Studi Kasus: Pt Kereta Api
Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta)” merupakan asli hasil dari penelitian yang saya
lakukan dan bukan hasil dari kegiatan menjiplak atau meniru penelitian dari orang lain,
kecuali bagian tertentu yang saya ambil sebagai bahan acuan.

Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak
manapun. Terima Kasih.

Yogyakarta 30 April 2020.

Penulis,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gaida Nafsiatul M S
NIM 16660026

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 06)

“

*“Salah satu kunci kebahagiaan adalah menggunakan uangmu
untuk pengalaman, bukan untuk keinginan”*

(BJ Habibie)

“Jika kau ingin mengatur orang lain, atur dirimu sendiri dulu”

(Abu Bakar)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengharap rahmat dan ridho Allah SWT secara khusus karya sederhana ini saya persembahkan untuk orang-orang dalam keluarga saya yang tidak pernah lelah dan mengeluh untuk memberikan kasih sayangnya yang tidak dapat terwakilkan terutama kedua orang tua saya

Ibu Aan Nurjanah dan Bapak Saepudin

Karya ini juga saya persembahkan kepada:

Keluarga besar Teknik Industri dan Khususnya angkatan 2016 (Inspirasi'16)

Universitas UIN Sunan Kalijaga

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Menentukan Interval Jarak Perawatan Pada Lokomotif CC 204 Seri 0304 Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (Rcm)* dan *Age Replacement* (Studi Kasus: PT Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta)” dengan baik, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Industri di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya juga segala kemudahan yang telah diberikan.
2. Kedua orang tuaku Bapak Saepudin dan Ibu Aan Nurjanah yang telah berjuang dengan segala kemampuannya tanpa mengenal lelah baik doa maupun materi dan dukungannya untuk kelancaran studi anaknya selama menuntut ilmu.
3. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
4. Ibu Dwi Agustina Kurniawati, S.T, M. Eng, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri.

5. Bapak Trio Yonathan Teja Kusuma, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan serta masukan untuk tugas akhir ini.
6. Bapak Taufiq Aji, M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah mengajarkan ilmu selama perkuliahan berlangsung.
8. Bapak Teguh Widodo selaku KUPT Dipo Lokomotif Yogyakarta yang telah memberikan izin, arahan, panduan, dan bimbingannya selama penelitian berlangsung.
9. Bapak Ibnu, Bapak Andri, dan Bapak Wahyu yang selalu bersedia untuk membimbing dan mendampingi selama penelitian berlangsung. Juga kepada seluruh karyawan Dipo Lokomotif Yogyakarta atas kerjasama dan bimbingannya selama penelitian.
10. Keluarga besar Teknik Industri 2016 (Inspirasi'16) yang dari awal sampai akhir selalu bahu membahu dan tiada hentinya memberikan dukungan dan semangat terutama dalam kegiatan penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Teman serta sahabat perjuangan Arsyia, Icha, Erma, Lukman, Anisa, Ijah serta Nana yang selalu mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan.
12. Teman serta sahabatku King Abdul Aziz yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
13. Keluarga besar Kos Putri Ibu aryanti yang selalu mendukung, mengingatkan, serta do'a yang diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir.

14. Keluarga besar KKN 99 Tematik Perajin Tembaga Dusun Blimbing yang sudah menemani selama masa KKN.

15. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum mendekati kesempurnaan, justru masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Oleh karena itu, dengan kerendahan dan kesadaran, penulis berharap saran dan kritikan yang konstruktif dari pihak-pihak yang menyempatkan waktunya untuk membaca sebagai bahan perbaikan dalam penyusunan laporan dimasa yang akan datang.

Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan bagi kita semua. Aamiin.

Yogyakarta 30 April 2020.
Penulis,

Gaida Nafsiatul M S
NIM 16660026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan dan Asumsi Penelitian	4
1.6. Sitematika Penulisan	5
BAB II TIJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Posisi Penelitian.....	7
2.2 Teori Penelitian	15
2.2.1 Pengertian Pemeliharaan atau Perawatan (<i>Maitenance</i>).....	15
2.2.2 Reliability Centered Maintneance (RCM).....	15
2.2.3 Functional Block Diagram (FBD).....	18
2.2.4 Fault Tree Analysis (FTA).....	19
2.2.5 The Analytic Hierarchi Process (AHP).....	20
2.2.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	26
2.2.7 Diagram Pareto.....	29

2.2.8	Pengertian RCM (Reliability Centered Maintenance) II Decision Worksheet	35
2.2.9	Distribusi Kerusakan	36
2.2.10	Pengertian Penggantian Pencegahan <i>Age Replacement</i>	41
2.2.11	Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Pemeriksaan Optimal	46
2.2.12	Perhitungan Biaya Kerusakan (CF) dan Biaya Pemeliharaan (CP)	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		50
3.1	Objek Penelitian	54
3.2	Jenis Data	54
3.3	Metode Pengumpulan Data	54
3.4	Tahapan Penelitian	55
3.5	Diagram Alir Penelitian	56
BAB IV PENGOLAHAN DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	59
4.1.1.	Sejarah dan Profil Perusahaan	59
4.1.2.	Visi dan Misi Perusahaan	59
4.1.3.	Bidang Pekerjaan	61
4.2	Pengumpulan Data	62
4.2.1	Data Komponen dan Harga Perbaikan Komponen	62
4.2.2	Data Interval Jarak Penggantian dan Pemeriksaan Komponen	63
4.2.3	Data Waktu Kerusakan Lokomotif	64
4.3	Pengolahan Data	64
4.3.1	Deskripsi Fungsi Sistem dan <i>Functional Block Diagram</i>	64
4.3.2	Fault Tree Analysis (FTA)	65
4.3.3	Analytic Hierarchi Process (AHP)	70
4.3.4	Failure Mode and Effect Anaysis (FMEA)	73
4.3.5	Perhitungan Nilai RPN dengan Pembobotan AHP	79
4.3.6	Diagram Pareto	80
4.3.7	Pengertian RCM (Reliability Centered Maintenance) II Decisio n Worksheet	81
4.3.8	Perhitungan Jarak Antar Kerusakan (TTF) dan Perbaikan (TTR)	85

4.3.9	Data Interval Jarak Kerusakan atau <i>Time to Failure</i> (TTF) dan <i>Time To Repair</i> (TTR) Pada Komponen <i>Locotrack</i>	86
4.3.10	Identifikasi Distribusi Selang Jarak Antar Kerusakan (TTF)	87
4.3.11	Identifikasi Distribusi Data Waktu Perbaikan (TTR)	89
4.3.12	Menghitung Parameter Data TTF Pada Komponen <i>Locotrack</i>	92
4.3.13	Menghitung Parameter Data TTR Pada Komponen <i>Locotrack</i>	93
4.3.14	Menghitung MTTF dan MTTR Komponen <i>Locotrack</i>	95
4.3.15	Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen <i>Locotrack</i> ..	96
4.3.16	Menentukan Jarak Penggantian Pencegahan <i>Age Replacement</i> ...	98
4.3.17	Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen <i>Locotrack</i> .	101
4.3.18	Perhitungan Biaya Preventive dan Corective Maintenance	104
4.4	Analisis dan Pembahasan	107
4.4.1	Analisis dan Pembahasan Dari Hasil Pengolahan RCM II <i>Decision Worksheet</i> dalam Menentukan Kebijakan Kegiatan Perawatan	107
4.4.2	Analisis dan Pembahasan Dari Hasil Pengolahan <i>Agde Replacement</i> Dalam Menentukan Interval Jarak Waktu Perawatan.....	111
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
5.1	Kesimpulan.....	125
5.2	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA		128
LAMPIRAN		131

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian terdahulu.....	11
Tabel 2.2 Simbol <i>Fault Tree</i>	23
Tabel 2.3 Nilai Perbandingan.....	27
Tabel 2.4 Langkah Kerja Metode FMEA	30
Tabel 2.5 <i>Worksheet</i> FMEA.....	30
Tabel 2.6 Kriteria <i>Severity</i> dan Sistem Pringkat untuk <i>Severity of Effects</i> dalam FMEA <i>Process</i>	32
Tabel 2.7 Automotive Industry Group (AIAG) Occurrence rating (lanjutan)	33
Tabel 2.8 Automotive Industry Action Group (AIAG) detection rating	34
Tabel 2.9 Decision Worksheet RCM	39
Tabel 4.1 Harga Perbaikan Komponen	62
Tabel 4.2 Data Interval Jarak Penggantian dan Pemeriksaan Komponen	64
Tabel 4. 3 Pendapat <i>Expert</i> Terhadap Kriteria.....	71
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Priority Weight</i>	72
Tabel 4.5 Nilai <i>Index Random</i>	73
Tabel 4.6 Hasil FMEA Nilai RPN Pada Komponen Lokomotif.....	74
Tabel 4.7 Perhitungan Nilai RPN Dengan Pembobotan AHP	79
Tabel 4.8 Penentuan Nilai RPN Kegagalan Komponen Pada Lokomotif	80

Tabel 4.9 Hasil Nilai RCM <i>Decision Worksheet</i>	82
Tabel 4.10 Interval Jarak Kerusakan Pada Komponen <i>Locotrack</i>	85
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan TTR Pada Komponen <i>Locotrack</i>	86
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan TTR Pada Komponen <i>Locotrack</i>	86
Tabel 4.13 Distribusi ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen <i>Locotrack</i>	88
Tabel 4.14 Nilai <i>Correlation Coefficient</i> dan <i>Andersson Darling</i> Distribusi Terpilih Data TTF	89
Tabel 4.15 Distribusi ID Plot: Waktu Perbaikan Komponen <i>Locotrack</i> .	90
Tabel 4.16 Nilai <i>Correlation Coefficient</i> dan <i>Andersson Darling</i> Distribusi Terpilih Data TTR.....	91
Tabel 4.17 Nilai Parameter Distribusi dan MTTF Komponen Kritis	93
Tabel 4.18 Nilai Parameter Distribusi dan MTTR Komponen Kritis.....	94
Tabel 4.19 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen <i>locotrack</i>	96
Tabel 4.20 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Pada Komponen Kritis	98
Tabel 4.21 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen <i>Locotrack</i>	98
Tabel 4.22 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Kritis	101
Tabel 4.23 Nilai Jarak Pemeriksaan Komponen Kritis	103
Tabel 4.24 Biaya Perbaikan Pada Komponen <i>Locotrack</i>	104
Tabel 4.25 Nilai Interval Jarak Kritis, Penggantian, dan Pemeriksaan...	104
Tabel 4.26 Biaya Perbaikan Pada Komponen <i>Locotrack</i>	105
Tabel 4.27 Nilai Perbandingan Biaya <i>Corrective</i> dan <i>Preventive</i>	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 RCM Decision Diagram.....	40
Gambar 2.2 Pola Distribusi	42
Gambar 2.3 Distribusi Normal.....	43
Gambar 2.4 Pola Distribusi Lognormal	44
Gambar 2.5 Distribusi Eksponensial.....	45
Gambar 2.6 Model <i>Age Replacement</i>	48
Gambar 2.7 Grafik Kurva Biaya Total.....	51
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 4.1 Letak Geografis Daop VI Yogyakarta	61
Gambar 4.2 Functional Block Diagram	65
Gambar 4.3 <i>Fault Tree</i> Lokomotif tidak dapat dimatikan	66
Gambar 4.4 <i>Fault Tree</i> Lokomotif tidak dapat distart atau tenaga lemah	67
Gambar 4.5 <i>Fault Tree</i> Roda Benjol.....	69
Gambar 4.6 <i>Fault Tree</i> Speedometer Mati.....	69
Gambar 4.7 <i>Fault Tree</i> Locotrack Mati.....	70
Gambar 4. 8 Diagram Pareto Pada Kegagalan Komponen Lokomotif.....	84
Gambar 4.9 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen <i>Locotrack</i>	90
Gambar 4.10 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen <i>Locotrack</i>	93
Gambar 4.11 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen <i>Locotrack</i> ..	100
Gambar 4.12 Perbandingan Biaya Perawatan Komponen <i>Locotrack</i>	108

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambaran Umum Perusahaan	134
Lampiran 2. Foto Komponen Kerusakan Pada Lokomotif Kereta Api	141
Lampiran 3. Pengumpulan dan Pengolahan data	143
Lampiran 4. Tabel Standar Distribusi (Z) dan tabel Gamma.....	240
Lampiran 6. Glosarium	243



**MENENTUKAN INTERVAL JARAK PERAWATAN PADA LOKOMOTIF
CC 204 SERI 0304 MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE (RCM) II* DAN *AGE REPLACEMENT* (Studi
Kasus: Pt Kereta Api Indonesia Dipo Lokomotif Yogyakarta)
Gaida Nafsiatul Mutmainnah Saepudin**

16660026

Program studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta

ABSTRAK

*PT. Kereta Api Indonesia merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang menyelenggarakan pelayanan berkaitan dengan transportasi darat yang alat angkutnya berupa kereta. Besarnya kapasitas layanan angkutan ditentukan oleh jumlah ketersediaan lokomotif yang siap dinas. Pada penelitian ini objek yang dikaji adalah lokomotif jenis CC 204 seri 0304 dikarenakan jenis lokomotif yang memiliki tingkat frekuensi kerusakan paling tinggi pada Januari 2018 sampai dengan Desember 2019 selain itu, tindakan perawatan selama ini yang diterapkan perusahaan berupa *corrective maintenance*, tetapi tetap saja masih sering terjadi kerusakan pada lokomotif. Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka dibutuhkan metode perawatan yang tepat salah satunya dengan menerapkan tindakan *preventive maintenance* melalui metode *RCM II decision worksheet* dan *Age Replacement*. Tujuan diterapkannya kedua metode tersebut adalah untuk Mengidentifikasi kegagalan serta menentukan kebijakan kegiatan perawatan dan Menentukan interval jarak penggantian pencegahan dan pemeriksaan yang bertujuan agar dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian. Dari hasil penelitian maka diketahui jenis kegiatan perawatan dan interval waktu penggantian secara berurutan yaitu untuk komponen *locotrack* pada jarak ke 27161Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled restoration task*. Pada komponen roda pada jarak ke 21039Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen baterai pada jarak ke 75958Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen radiator pada jarak ke 73547Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen *fuel pump* pada jarak ke 72090Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen komutator pada jarak ke 57218Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen *carbon brush* pada jarak ke 96569Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada komponen diesel pada jarak ke 52890Km dengan memberikan kegiatan perawatan *scheduled restoration task*. Tindakan *preventive* bila dibandingkan dengan tindakan sebelumnya memperoleh penurunan biaya pada masing-masing komponen lokomotif sebesar 5%, 61%, 15%, 21%, 7%, 24% 25%, dan 18%*

Kata Kunci: *perawatan, preventive maintenance, corrective maintenance, RCM II decision worksheet, age replacement.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

PT. Kereta Api Indonesia merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang menyelenggarakan pelayanan berkaitan dengan transportasi darat yang alat angkutnya berupa kereta. Dalam perkembangannya, pelayanan angkutan ini semakin diminati oleh masyarakat karena biayanya masih terjangkau oleh penggunaannya terutama pelayanan angkutan penumpang. Salah satu sarana kereta api adalah lokomotif. Tindakan *maintenance* yang diselenggarakan belum maksimal karena masih tingginya kerusakan (*breakdown*) pada saat lokomotif melakukan dinas maupun saat dilakukan perawatan dan pemeriksaan seperti lokomotif yang *shutdown* dalam perjalanan dan lokomotif harus diperbaiki kembali padahal baru saja dilakukan perbaikan.

Besarnya kapasitas layanan angkutan ditentukan oleh jumlah ketersediaan lokomotif yang siap dinas. Penggunaan lokomotif yang kondisinya kurang baik seperti terdapat satu sistem atau lebih mengalami gangguan dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan antara lain terjadinya kereta anjlok dan kecelakaan. Selain itu, adanya komponen-komponen yang termasuk dalam kategori “*No Go Items*” mempengaruhi kelayakan lokomotif untuk melakukan perjalanan dinas.

Lokomotif akan mengalami penurunan tingkat keandalan (*reliability*) apabila digunakan secara terus-menerus. Keandalan merupakan peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk periode waktu tertentu. Meskipun demikian, tingkat keandalan dapat dijaga dan masa

pakai mesin dapat diperpanjang dengan melakukan penjadwalan perawatan mesin dengan baik dan teratur. Pemeliharaan merupakan aktivitas menjaga sistem peralatan dan mesin selalu tetap konsisten dalam proses produksi. Secara umum, masalah pemeliharaan sering terabaikan sehingga kegiatan pemeliharaan tidak teratur, yang pada akhirnya mempengaruhi terhadap operasional mesin itu sendiri. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan harus dilakukan secara tepat dan konsisten.

Berdasarkan data historis kerusakan di Dipo Lokomotif Yogyakarta pada bulan Januari 2018 hingga Desember 2019 diketahui masih sering mendapatkan informasi dari masinis bahwa adanya gangguan pada lokomotif yang mengakibatkan tidak maksimal dalam operasional kereta api bahkan samapai terjadi *breakdown* dalam perjalanan dan membutuhkan biaya yang cukup besar seperti contoh dalam perbaikan komponen radiator yaitu sebesar Rp. 12.116.009.- padahal biaya perbaikan yang direncanakan oleh perusahaan adalah Rp. 13.840.230.-. Solusi yang dapat diterapkan kepada perusahaan dalam menentukan kebijakan kegiatan perawatan dan perencanaan waktu perawatan agar dapat menurunkan biaya perawatan yaitu dengan pendekatan *preventive maintenance* melalui metode RCM II dan *Age Replacement*.

Penelitian ini mengenai perawatan pada lokomotif jenis CC 204 seri 0304 dikarenakan jenis lokomotif yang memiliki tingkat frekuensi kerusakan paling tinggi pada Januari 2018 sampai dengan Desember 2019 dengan mengimplementasikan metode RCM II dan *age replacement*. Dalam penelitian ini metode RCM II digunakan untuk menentukan kebijakan kegiatan perawatan yang

tepat untuk diterapkan, sedangkan penentuan waktu perawatan penggantian komponen dapat melalui *Age Replacment*, metode ini juga bisa digunakan untuk mencari pengeluaran biaya yang paling minimum . Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi kerusakan dan menilai resiko kerusakan pada lokomotif jenis CC 204 seri 03 dengan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II, (2) menentukan jadwal *preventive maintenance* lokomotif jenis CC 204 seri 0304 yang berlokasi di Dipo Yogyakarta dengan model *age replacment* yang bertujuan untuk mencari interval jarak lokomotif jenis CC 204 seri 0304 agar dapat mengurangi biaya perawatan.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu “Bagaimana Mengidentifikasi kegagalan dan menentukan kebijakan kegiatan perawatan serta merancang penjadwalan aktivitas pemeliharaan interval jarak pada komponen lokomotif CC 204 seri 0304 agar dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian?”.
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.3.Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.3.1. Mengidentifikasi kegagalan dan menentukan kebijakan kegiatan perawatan pada lokomotif jenis CC 204 seri 0304 dengan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *decision worksheet* .

- 1.3.2. Menentukan interval jarak penggantian pencegahan dan pemeriksaan lokomotif jenis CC 204 seri 0304 yang berlokasi di Dipo Yogyakarta dengan model *age replacment* yang bertujuan agar dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.4.1. Membantu perusahaan dalam menganalisis penyebab kerusakan sehingga memudahkan perusahaan dalam menentukan kegiatan perawatan yang tepat.
- 1.4.2. Memudahkan perusahaan dalam menentukan interval jarak penggantian pencegahan dan pemeriksaan pada lokomotif jenis CC 204 seri 0304 secara berkala sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian.

1.5. Batasan dan Asumsi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki batasan-batasan agar fokus dalam menjawab permasalahan penelitian. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1.5.1. Penelitian hanya meneliti perbaikan lokomotif lokomotif jenis CC 204 seri 0304 di Dipo Lokomotif Yogyakarta atau DAOP VI Yogyakarta.

1.5.2. Kegiatan perawatan berupa cara perbaikan, pembongkaran, penggantian, dan pemasangan peralatan tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5.3. Data kerusakan yang diamati dan dianalisis adalah data Januari 2018 sampai dengan Desember 2019.

Sedangkan asumsi yang diambil peneliti adalah sebagai berikut:

1.5.1. Pada tanggal 1 Januari 2018 lokomotif kembali ke angka 0 atau lokomotif dalam keadaan semula.

1.5.2. Waktu untuk perbaikan (TTR) dianggap jarak kilometer yang harus ditempuh yang terganggu oleh perbaikan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah yang diangkat, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan asumsi, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan penelitian-penelitian terdahulu, landasan teori diantaranya definisi perawatan dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Landasan teori digunakan untuk menguatkan metode yang dipakai dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III ini berisikan penggambaran langkah spesifik dari penelitian ini, antara lain objek penelitian, data atau jenis data yang digunakan, metode pengumpulan data serta informasi hasil analisis

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan profil perusahaan, objek penelitian, pengumpulan data, pengolahan data dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan atas semua yang telah diuraikan pada bab sebelumnya dan memberikan saran-saran yang mungkin dapat dipertimbangkan oleh perusahaan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun hasil pengolahan dari BAB iv maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. berdasarkan hasil analisis FTA (*Failure Tree Analysis*) kegagalan lokomotif tidak dapat di start atau tenaga lemah bisa disebabkan oleh kerusakan pada komponen *fuel pump* yang tidak bisa lagi memompa dan menyaring bahan bakar, komponen komutator putus atau kotor, komponen *carbon brush* yang terlalu pendek sehingga cepat habis, kemudian pada komponen radiator air radiator habis, Klem yang mengikat selang karet rusak atau hilang, dan adanya debu atau kotoran yang menumpuk menjadi gumpalan lumpur dalam radiator, dan komponen baterai tidak lagi menyimpan energi listrik karena elemen-elemen sel yang ada pada baterai ruak mengakibatkan lokomotif tidak dapat distart. Kegagalan lokomotif tidak dapat dimatikan disebabkan oleh komponen busi dan juga diesel yang tidak bisa mengontrol perapian. Kegagalan pada roda benjol akibat pengereman yang tidak stabil atau pengereman yang mendadak sehingga roda tidak memutar tapi masih ada dorongan beban yang mengakibatkan roda panas. Kegagalan *speedometer* mati karena jarum *speedometer* patah, kaca *speedometer* pecah, dan *gearbox* rusak. Terakhir kegagalan *locotrack* mati disebabkan oleh dua faktor

yaitu lampu LED pada *locotrack* mati dan hilangnya *signal* GPS hilang. Kemudian kebijakan kegiatan perawatan berdasarkan analisis pembahasan RCM II *decision worksheet* untuk diberikan kebijakan *maintenance* yang tepat adalah untuk komponen *locotrack* dan diesel adalah dengan memberikan kegiatan perawatan berupa *scheduled restoration task*, kemudian pada komponen roda, baterai, radiator, *fuel pump*, komutator, dan *carbon brush* adalah dengan memberikan kegiatan perawatan berupa *scheduled discard task*.

2. Berdasarkan hasil analisis pembahasan maka diperoleh interval jarak penggantian pencegahan yang optimal dan penghematan biaya secara berurutan yaitu komponen *locotrack* pada jarak ke 27161Km dengan penghematan biaya Rp. 1.317.283,860 atau 5%. Pada komponen roda pada jarak ke 21039Km dengan penghematan biaya Rp. 267.841.327,730 atau 61%. Pada komponen baterai pada jarak ke 75958Km dengan penghematan biaya Rp. 23.612.967,058 atau 15%. Pada komponen radiator pada jarak ke 73547Km dengan penghematan biaya Rp. 17.642.516,734 atau 21%. Pada komponen *fuel pump* pada jarak ke 72090Km dengan penghematan biaya Rp. 5.430.405,667 atau 7%. Pada komponen komutator pada jarak ke 57218Km dengan penghematan biaya Rp. 13.608.225,299 atau 24%. Pada komponen *carbon brush* pada jarak ke 96569 Km dengan penghematan biaya Rp. 13.392.259,290 atau 25%. Pada komponen

diesel pada jarak ke 52890Km dengan penghematan biaya Rp. 19.900.401,872 atau 18%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diperoleh rekomendasi berupa saran kepada pihak perusahaan dan peneliti selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat menerapkan kegiatan *preventive maintenance* dalam melakukan perawatan lokomotif, salah satunya dengan menggunakan metode RCM II dan *Age Replacement* yang telah dipaparkan oleh peneliti pada bab sebelumnya. Harapannya dengan di identifikasinya jenis dan penyebab kerusakan pada masing-masing komponen maka dapat membantu perusahaan dalam menentukan kebijakan perawatan yang tepat. Selain itu perusahaan juga dapat menjadwalkan interval jarak dilakukannya pemeriksaan dan penggantian komponen secara berkala atau terjadwal agar dapat mengurangi timbulnya *downtime* dan kerusakan secara tiba-tiba.
2. Peneliti selanjutnya dapat mengobservasi penyebab kegagalan pada masing-masing komponen mesin secara lebih spesifik dengan melakukan pendekatan pada *decision worksheet* dalam menentukan jenis kegiatan perawatan yang tepat. Agar lebih terukur peneliti dapat menggunakan *intermediate Decision Tree* (IDT) yaitu analisa untuk mengetahui kegagalan yang nampak atau tersembunyi sehingga dapat diperoleh analisis penyebab kerusakan yang lebih rinci dan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afefy, I. H. 2010 *Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study*. 2010(November), pp. 863–873. doi: 10.4236/eng.2010.211109.
- Assagaf, Muhammad Khaedzar. 2019. *Perencanaan Interval Waktu Perawatan Mesin Induksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II dan Age Replacement*. Skripsi. SAINTEK, Teknik Industri, Universitas Islam Negeri. Yogyakarta.
- Basuki Ari. et al. 2015. *Design an Adaptive E-learning Application Architecture Based on IEEE LTSA Reference Model*. *Journal Telkomnika*.
- Choudhary, Devendra dan Mayank. 2018. *Reliability Paper Reliability, Availability and Maintainability Analysis Of A Cement Plant: A Case Study*. India: Government Engineering College Ajmer.
- Ebeling, Charles E. 1997. *Reliability and Maintenance Engineering*. McGraw Hill.
- Ghozali dan Fuad, 2008, *Teori dan Konsep Dengan Program LISREL*, Semarang: Bp-UNDIP.
- Hidayat, Rachmat. et al. 2010. *Perencanaan Kegiatan Manitenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance II*. Madura: Jurnal Teknik Industri. Universitas Trunojoyo.
- Jain, Abhishek. et al. 2013. *Total Productive Maintenance (TPM) Implementation Practice A Literature Review and Directions*. India: *Journal Mechanical Engineering*. Department of Mechanical Engineering.

- Jardine, A.K.S dan Albert H.C. Tsang. 2013. *Maintenance Replacemenet and Reliability Theory and Applications Second Edition*. Taylor & Francis Group.
- Kurniawan, Fajar. 2013. *Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- McDermott, E, Robin. 2009. *The Basic of FMEA*. Edisi 2. USA: CRC Press
- Mourbray, J. 1997. *Reliability Centered Miantenance 2nd Edition*. New York: Industrial Press Inc. Madison Avenue.
- Montgomery, Dauglas C. dan Runger, George C. 2002. *Applied Statistics an probability for Engineers*. New York: Permissions departement. Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Rausand, M. 1998. *Rebiality Centered Maintenance. Department of Production and Quality Engineering, Norwegian University of Sciece and Technology, N-7034 Trondheim Norway*.
- Setyadi. 2013. Analisis Penyebab Kecacatan Produk Celana Jeans Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Di CV Fragile Din Co. Bandung: Jurnal Teknik Industri. Universitas Widyatama.
- Saaty, T.L. 2004. *Decision Making-The Analytic Hierarichal Process and The Analytic Network Process. Journal of System Science an Systems Engineering*. Vol 13(1) : 35

- Sri, Dian Puspita dan Ridho. 2016. *Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin Blowing 1 di Plant 1 PT. Pisma Putra Textile*. Semarang: Jurnal Teknik Industri. Universitas Diponogoro.
- Taufik dan Selly Septyani. 2015. *Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin di PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangkit Ombilin*. Padang: Jurnal Teknik Industri. Universitas Andalas.
- Priyanta, Dwi. 2000. *Kehandalan dan Perawatan*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Zulaikha, Sajaradj. et al. 2015. *The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review)*. International Conference on Industrial and Manufacturing Engineering.



LAMPIRAN

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Lampiran 1. Gambaran Umum Perusahaan

Pertama kali didirikan sampai pada tahun 2010, perkeretaapian Indonesia sempat beberapa kali berganti status yang awalnya Djawatan Kereta Api atau disingkat DKA sampai sekarang menjadi PT. Kereta Api Indonesia (Persero), berikut tabel pergantian status perkeretaapian Indonesia dari tahun ke tahun:

Periode	Status	Dasar Hukum
1864	Pertama kali dibangun jalan rel sepanjang 26 km antara Kemijen Tanggung oleh pemerintahan Hindia Belanda	
1964-1945	<i>Staat Spoorwegwn (SS) Verenidge Spoorwegwnbwdrijf (VS) Deli Spoorwegen Maatschappij (DSM)</i>	IBW
1945-1950	Djawatan Kereta Api	IBW
1950-1963	Djawatan Kereta Api Republik Indonesia	IBW
1963-1971	Perusahaan Negara Kereta Api	PP. No. 22 Th. 1963
1971-1991	Perusahaan Jawatan Kereta Api	PP. No 61 Th. 1971
1991-1998	Perusahaan Umum Kereta Api	PP. No 57 Th.1990
1998-2010	PT. Kereta Api (PERSERO)	PP. No 19 Th. 1998 Keppres No. 39 Th. 1999 Akte Notaris

		Imas Fatimah
Mei 2010- Sekarang	PT. Kereta Api Indonesia (PERSERO)	Instruksi Direksi No. 16/OT.203/KA 2010

Pembagian Tugas Unit Dipo Lokomotif Yogyakarta

Pembagian tugas di unit Dipo Lokomotif Yogyakarta adalah sebagai berikut:

1. KUPT (Kepala Unit Pelaksana Teknis) DEPO LOK YK

Tugasnya:

Menyediakan Lok dalam keadaan yang sebaik baiknya dapat diandalkan sehingga selalu siap melayani perjalanan kereta api dengan waktu yang telah dijadwalkan:

Fungsinya:

- a) Melakukan pembinaan terhadap personilnya.
- b) Mengatur kediaman para pegawai kereta api.
- c) Mengadakan koordinasi dengan bagian lainnya dalam rangka pengaturan kedinasan lok.
- d) Mengadakan pengawasan terhadap lingkungan pekerjaan.
- e) Memberikan bimbingan, petunjuk, pelaksanaan kerja terhadap bawhaannya.

2. Bagian Pemeliharaan NR.Tools dan Bangunan

Tugasnya:

Bertanggung jawab atas kelancaran operasional bangunan, yaitu pelaksanaan pengoprasian sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan secara efisien dan efektif.

Fungsinya:

- a) Mengawasi pelaksanaan pemeliharaan dan perawatan peralatan gedung, melakukan inspeksi langsung secara teratur ke seluruh area gedung, serta menerapkan sistem pengarsipan yang teratur untuk seluruh dokumen, buku manual pengoprasian, dan laporan kegiatan yang ada.
- b) Memelihara dan membina hubungan kerja baik internal dan eksternal agar tercipta suasana kerja yang baik dan saling mendukung agar gedung dapat beroperasi dengan efektif dan efisien.

3. Bagian Ruas *Quality Control*

Tugasnya:

Melakukan monitoring, uji-tes dan memeriksa semua proses perawatan dan perbaikan pada lokomotif. Memeriksa secara visual untuk menguji lokomotif. Pemeriksaan lokomotif dapat berlangsung sebelum, selama dan setelah proses perawatan atau perbaikan.

Fungsinya:

- a) Memantau perkembangan seluruh lokomotif yang dilakukan perawatan atau perbaikan di perusahaan.

- b) Bertanggung jawab untuk memperoleh kualitas setiap bagian komponen.
- c) Bertanggung jawab untuk mengidentifikasi masalah dan isu-isu mengenai kualitas dan juga harus membuat rekomendasi kepada otoritas yang lebih tinggi.
- d) Membuat analisis catatan sejarah perangkat dan dokumentasi perawatan atau perbaikan untuk referensi di masa yang datang.

4. Bagian Ruas LOSD

Tugasnya:

Menangani pemeliharaan dan perbaikan lokomotif

Fungsinya:

- a) Melakukan pemeliharaan berkala lokomotif dan perbaikan lokomotif.
- b) Memberikan laporan terhadap persediaan bahan dan peralatan perawatan dan perbaikan lokomotif.

5. Bagian Ruas Perencanaan

Tugasnya:

Melaksanakan kebijaksanaan-kebijaksanaan KUPT dalam rangka menunjang tugas pokok keadministrasian teknik.

Fungsinya:

- a) Melakukan kegiatan pendataan kondisi atau situasi lokomotif.

- b) Merencanakan jadwal pemeliharaan lokomotif.
- c) Merencanakan pengadaan barang dan pelumas.
- d) Merencanakan penggantian spartpart dan pelumas.

6. Bagian Ruas Administrasi

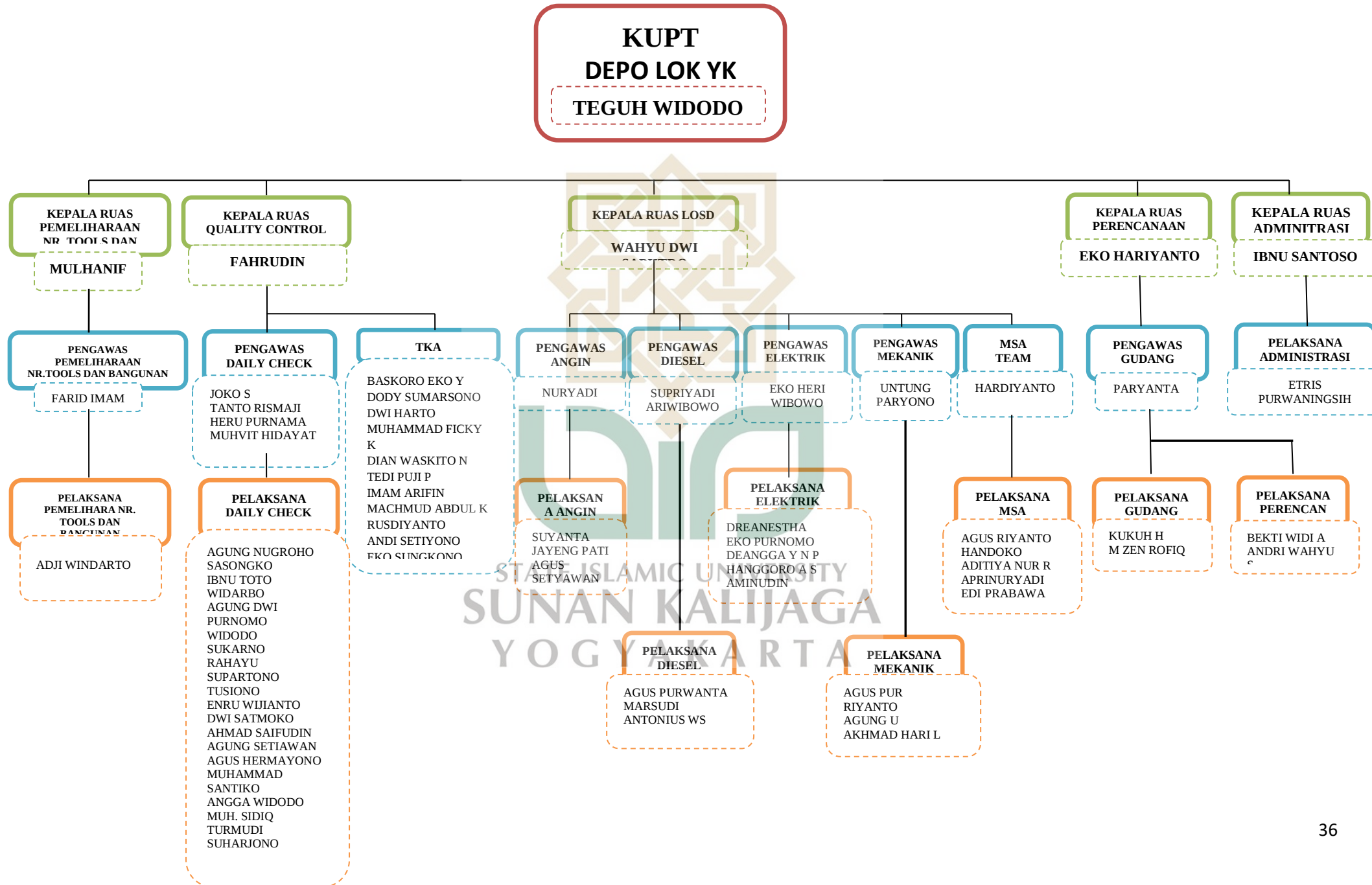
Tugasnya:

Melaksanakan kebijaksanaan-kebijaksanaan dalam rangka menunjang tugas pokok KUPT dalam bidang administrasi.

Fungsinya:

- a) Melaksanakan keadministrasian pegawai.
- b) Melakukan keadministrasian pegawai dan keuangan.
- c) Melakukan ketatausahaan.

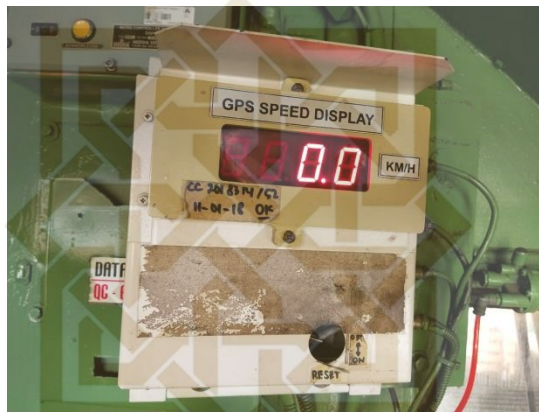
Struktur Organisasi



Lampiran 2. Foto Komponen Kerusakan Pada Lokomotif Kereta Api



Speedometer



Locotrack



PC (Power Control) Open



Bagian Roda Kereta Api



STATE ISLAMIC UNIVERSITY,
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Proses Perbaikan Lokomotif

Lampran 3. Pengumpulan dan Pengolahan data

Tabel 1 Data Waktu *Downtime* Kerusakan Komponen Tahun 2018

No	Jenis Gangguan	Komponen	Tanggal	Mulai kerusakann	Selesai Perbaikan
	Lokomotif tidak bisa di start atau tenaga lemah	Fuel Pump	12/06/2018	16.25	18.55
			05/10/2018	08.55	11.10
		Komutator	16/03/2018	19.17	22.00
			20/11/2018	14.54	16.00
		Carbon Brush	12/06/2018	05.45	07.38
		Baterai	22/07/2018	09.45	12.56
			14/12/2018	03.27	06.04
		Radiator	21/04/2018	21.21	24.01
			18/12/2018	08.30	10.36
2.	Lokomotif tidak dapat dimatikan	Busi	04/05/2018	06.06	11.14
			03/03/2018	10.28	12.35
		Diesel	12/06/2018	07.19	11.48
			19/10/2018	20.00	23.11
3.	Roda benjol	Roda	26/02/2018	03.50	06.00
			29/05/2018	18.02	21.49
			15/09/2018	21.52	01.58
			10/12/2018	04.42	06.40
4.	Baut Patah	Baut	25/01/2018	17.54	19.09
			28/03/2018	12.39	14.00
			29/06/2018	11.43	13.29
			28/07/2018	02.53	03.29
			11/08/2018	13.13	14.30
			18/10/2018	23.36	01.50
5.	Locotrack mati	Locotrack	30/12/2018	14.35	18.41
			09/03/2018	19.46	21.00
			15/04/2018	19.04	20.53
			25/07/2018	09.29	11.59
			17/09/2018	22.51	01.00
6.	Speedometer mati	Speedometer	10/12/2018	24.32	02.03
			18/02/2018	18.55	20.21
		Gearbox	12/10/2018	04.25	06.00
			05/08/2018	12.52	14.54

Tabel 2 Data Waktu *Downtime* Kerusakan Komponen Tahun 2019

No	Jenis Gangguan	Komponen	Tanggal	Mulai Kerusakan	Selesai Kerusakan
1.	Lokomotif tidak bisa di start atau tenaga lemah	Fuel Pump	20/03/2019	14.13	16.00
			19/10/2019	24.12	02.13
		Komutator	15/02/2019	01.43	02.59
			31/12/2019	17.29	19.08
		Carbon Brush	27/05/2019	08.12	11.00
			11/12/2019	09.45	11.13
		Baterai	06/07/2019	18.23	20.08
			22/11/2019	23.25	01.10
		Radiator	08/05/2019	12.35	14.42
			30/10/2019	03.32	05.25
2.	Lokomotif tidak dapat dimatikan	Busi	20/08/2019	16.48	18.00
		Diesel	31/03/2019	24.43	02.54
			13/09/2019	19.17	21.00
3.	Roda benjol	Roda	27/04/2019	07.15	10.35
			31/07/2019	18.55	20.49
			08/12/2019	01.30	03.23
4.	Baut Patah	Baut	28/02/2019	12.46	14.53
			11/04/2019	22.00	24.12
			30/05/2019	22.35	24.20
			07/07/2019	14.44	16.00
			24/10/2019	23.11	24.50
			15/12/2019	18.21	19.20
5.	Locotrack Mati	Locotrack	27/03/2019	09.15	10.20
			24/04/2019	05.45	07.38
			18/06/2019	16.42	18.00
			07/11/2019	13.14	16.08
6.	Speedometer mati	Speedometer	17/04/2019	04.19	06.16
			23/10/2019	08.29	10.10
		Gearbox	05/07/2019	17.43	19,18

Tabel 3 Data Lama Waktu Penggantian Komponen *Fuel Pump*

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	40	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	30	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada <i>Fuel Pump</i> .	45	45
4.	Memasang komponen pengganti.	40	40
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	30	30
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		200	130

Tabel 4 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Komutator

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	40	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	20	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada komutator.	35	35
4.	Memasang komponen pengganti.	30	30
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	25	25
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		165	105

Tabel 5 Data Lama Waktu Penggantian Komponen *Carbon Brush*

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	30	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	25	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada <i>Carbon Brush</i>	30	30
4.	Memasang komponen pengganti.	30	30
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	25	25
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		155	100

Tabel 6 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Baterai

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	35	
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	30	
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada baterai.	30	30
4.	Mengganti komponen.	40	40
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	35	35
8.	Trial mesin	15	20
Total (menit)		185	120

Tabel 7 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Radiator

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	15	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	20	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada radiator.	15	15
4.	Memperbaiki atau mengganti radiator	30	30
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	20	20
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		115	80

Tabel 8 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Busi

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	20	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	30	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada busi.	20	20
4.	Memasang komponen pengganti.	20	20
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	20	20
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		105	75

Tabel 9 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Diesel

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	30	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	40	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada diesel.	40	40
4.	Memperbaiki diesel.	45	45
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	30	30
8.	Trial mesin	20	20
Total (menit)		205	135

Tabel 10 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Roda

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	15	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	20	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada roda .	30	30
4.	Memasang komponen pengganti.	45	45
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	40	40
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		165	130

Tabel 11 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Baut

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	15	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	20	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada baut yang patah.	20	20
4.	Memasang komponen pengganti.	15	15
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	15	15
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		100	65

Tabel 12 Data Lama Waktu Penggantian Komponen Locotrack

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	25	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	30	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu.	15	15
4.	Memperbaiki <i>locotrack</i> .	30	30
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	25	25
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		140	85

Tabel 13 Data Lama Waktu Penggantian Komponen *Speedometer*

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	15	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	25	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada <i>speedometer</i> .	20	20
4.	Memasang komponen pengganti.	20	20
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	15	15
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		110	70

Tabel 14 Data Lama Waktu Penggantian Komponen *Gearbox*

No	Kegiatan Perawatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (menit)
1.	Mencari dan menemukan kerusakan.	15	-
2.	Memeriksa komponen yang rusak.	25	-
3.	Membersihkan area sekitar dari kotoran dan debu dan memeriksa komponen yang terhubung pada <i>Gearbox</i> .	20	20
4.	Memasang komponen pengganti.	20	20
7.	Memasang dan mengecek kesiapan dari mesin.	15	15
8.	Trial mesin	15	15
Total (menit)		110	70

- **Perhitungan Jarak Tempuh Perhari**

$$\frac{\text{Jarak tempuh tahun 2018} + \text{Jarak tempuh tahun 2019}}{\text{Jumlah hari pada tahun 2018} + \text{Jumlah hari pada tahun 2019}} =$$

$$\frac{181.891\text{KM} + 160.187\text{KM}}{365 \text{ Hari} + 365 \text{ Hari}} = 468,6 \text{ Km/hari}$$

- **Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR**

1. Komponen *Fuel Pump*

$$\begin{aligned} \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\ &= 163 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\ &= 76.381,8 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\ &= 115 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\ &= 53.889,0 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\ &= 166 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\ &= 77.787,6 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\ &= 213 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\ &= 99.811,8 \text{ Km} \end{aligned}$$

Tabel 15 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Fuel Pump

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	12/06/2018	76.381,8	16,25	18,55	2,30
2	05/10/2018	53.889,0	8,55	11,10	2,55

3	20/03/2019	77.787,6	14,13	16,00	1,87
4	19/10/2019	99.811,8	24,12	2,13	2,01

2. Komponen Komutator

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 75 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 35,145 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 249 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 116.681,4 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 87 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 40.768,2 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 246 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 115.275,6 \text{ Km}$$

Tabel 16 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen Komutator

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	16/03/2018	35,145,0	19,17	22,00	2,83
2	20/11/2018	116.681,40	14,54	16,00	1,46
3	15/02/2019	40.768,20	01,43	02,59	1,16
4	31/12/2019	115.275,60	17,29	19,08	1,79

3. Komponen Carbon Brush

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 163 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 76.381,8 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 349 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 163.541,4 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 198 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 92.782,8 \text{ Km}$$

Tabel 17 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Carbon Brush

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	12/06/2018	76.381,80	05,45	07,38	1,93
2	27/05/2018	163.541,40	08,12	11.00	2,88
3	11/12/2019	92.782,80	09,45	11,13	1,68

4. Komponen Baterai

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 203 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 95.125,8 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 145 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 67.947 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 204 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 95.594,4\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 139 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 65.135,4 \text{ Km}$$

Tabel 18 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Baterai

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	22/07/2018	95.125,80	09,45	12,56	3,11
2	14/12/2018	67.947,00	03,27	06,04	2,77
3	06/07/2019	95.594,40	18,23	20,08	1,85
4	22/11/2019	65.135,40	23,25	01,10	1,76

5. Komponen Radiator

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 111 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 52.014,6\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 241 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 112.932,6\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 141 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 66.072,6 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 175 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 82.005\text{Km}$$

Tabel 19 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Radiator

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	21/04/2018	52.014,60	21,21	24,01	2,80
2	18/12/2018	112.932,60	08,30	10,36	2,06
3	08/05/2019	66.072,60	13,35	14,42	1,07
4	30/10/2019	82.005,00	03,32	05,25	1,85

6. Komponen Diesel

$$\begin{aligned}
 \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\
 &= 62 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\
 &= 29.053,2\text{Km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\
 &= 101 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\
 &= 47.328,6\text{Km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\
 &= 129 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\
 &= 60.449,4\text{Km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\
 &= 163 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\
 &= 76.381,8\text{Km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Interval kilometer kerusakan} &= \text{selang antar kerusakan} \times \text{jarak tempuh/hari} \\
 &= 166 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari} \\
 &= 77.787,6\text{Km}
 \end{aligned}$$

Tabel 20 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Diesel

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	03/03/2018	29.053,20	10,28	12,35	2,07
2	12/06/2018	47.328,60	07,19	11,48	4,29
3	19/10/2018	60.449,40	20,00	23,11	3,11
4	31/03/2019	76.381,80	24,43	02,54	2,11
5	13/09/2019	77.787,60	19,17	21,00	1,83

7. Komponen Roda

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 57 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 26.710,2 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 92 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 43.111,2 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 109 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 51.077,4 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 86 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 40.299,6 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 138 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 64.666,8 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 95 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 44,517 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 130 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 60,918 \text{ Km}$$

Tabel 21 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Roda

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	
1	26/02/2018	26.710,20	03,50	06,00	2,50
2	29/05/2018	43.111,20	18,02	21,49	3,47
3	15/09/2018	51.077,40	21,52	01,58	4,06
4	10/12/2018	40.299,60	04,42	06,40	2,11
5	27/04/2019	64.666,80	07,15	10,35	3,20
6	31/07/2019	44.517,00	18,55	20,49	1,94
7	08/12/2019	60.918,00	01,3	03,23	1,93

8. Komponen *Locotrack*

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 68 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 31,864,8 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 37 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 17,338,2 \text{ Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 101 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 47.328,6\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 54 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 23.304,4\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 84 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 39.362,4\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 101 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 47.328,6\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 28 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 13.120,8\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 55 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 25.773\text{Km}$$

Interval kilometer kerusakan = selang antar kerusakan x jarak tempuh/hari

$$= 142 \text{ Hari} \times 468,6 \text{ Km/hari}$$

$$= 66.541,2\text{Km}$$

Tabel 21 Hasil Perhitungan Interval Jarak Kerusakan (TTF) dan TTR Pada Komponen

Locotrack

No	Tanggal	Interval Jarak Kerusakan (KM)	Waktu (Jam)		TTR (Jam)
			Mulai Perbaikan	Selesai Perbaikan	

1.	09/03/2018	31.864,8	19.46	21.00	1,54
2.	15/04/2018	17.338,2	19.04	20.53	1.49
3.	25/07/2018	47.328,6	09.29	11.59	2,30
4.	17/09/2018	23.304,4	22.51	01.00	2,49
5.	10/12/2018	39.362,4	24.32	02.03	1,71
6.	27/03/2019	47.328,6	09.15	10.20	1,05
7.	24/04/2019	13.120,8	05.45	07.38	1,93
8.	18/06/2019	25.773,0	16.42	18.00	1,58
9.	07/11/2019	66.541,2	13.14	16.08	2,94

- **Perhitungan Waktu Reparasi dan Interval Jarak Kerusakan Yang Diurutkan**

Tabel 22 Data TTF dan TTR Komponen Fuel Pump

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	53.889,00	1,87
2	76.381,80	2,01
3	77.787,60	2,30
4	99.811,80	2,55

Tabel 22 Data TTF dan TTR Komponen Komutator

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	35.145,00	1,16
2	40.768,20	1,46
3	115.275,60	1,79
4	116.275,40	2,83

Tabel 23 Data TTF dan TTR Komponen Carbon Brush

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	76.381,80	1,68
2	92.782,80	1,93

3	163.541,40	2,88
---	------------	------

Tabel 24 Data TTF dan TTR Komponen Baterai

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	65.135,40	1,76
2	67.947,00	1,85
3	95.125,80	2,77
4	95.594,40	3,11

Tabel 25 Data TTF dan TTR Komponen Raditor

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	52.014,60	1,07
2	66.072,60	1,85
3	82.005,00	2,06
4	112.932,60	2,80

Tabel 26 Data TTF dan TTR Komponen Diesel

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	29.053,20	1,83
2	47.328,60	2,07
3	60.449,40	2,11
4	76.381,80	3,11
5	77.787,60	4,29

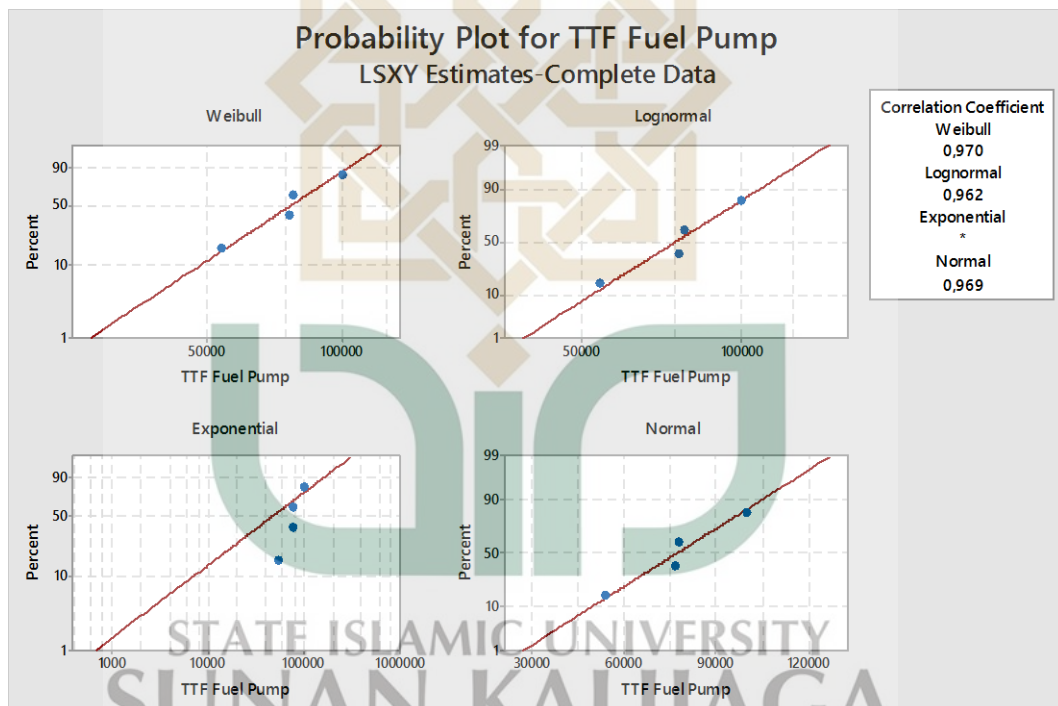
Tabel 27 Data TTF dan TTR Komponen Roda

No	Interval Jarak Kerusakan (TTF)	Waktu Reparasi (TTR)
1	26.710,20	1,93
2	40.299,60	1,94
3	43.111,20	2,11
4	44.517,00	2,50
5	51.077,40	3,20

6	60.918,00	3,47
7	64.666,80	4,06

- **Penentuan Distribusi Interval Jarak Kerusakan Atau *Time To Failure* (TTF)**

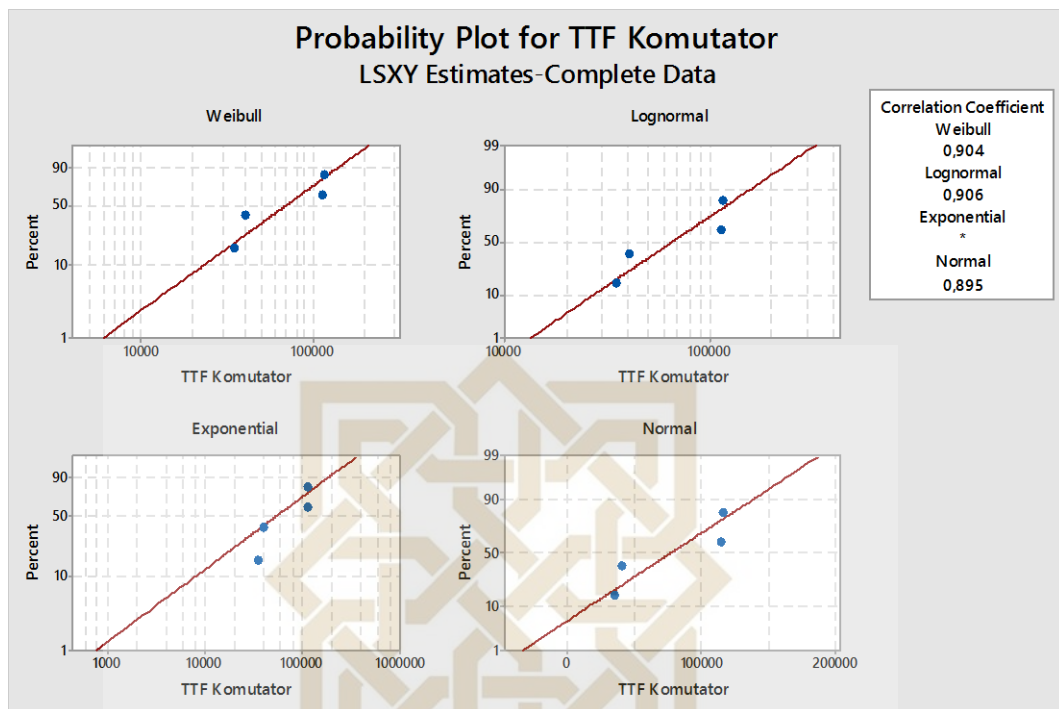
Adapun penentuan nilai *Correlation Coefficient* dan *Anderson Darling* adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen *Fuel Pump*

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen *Fuel Pump*
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,851	0,970
Lognormal	2,866	0,962
Exponential	3,980	*
Normal	2,846	0,969

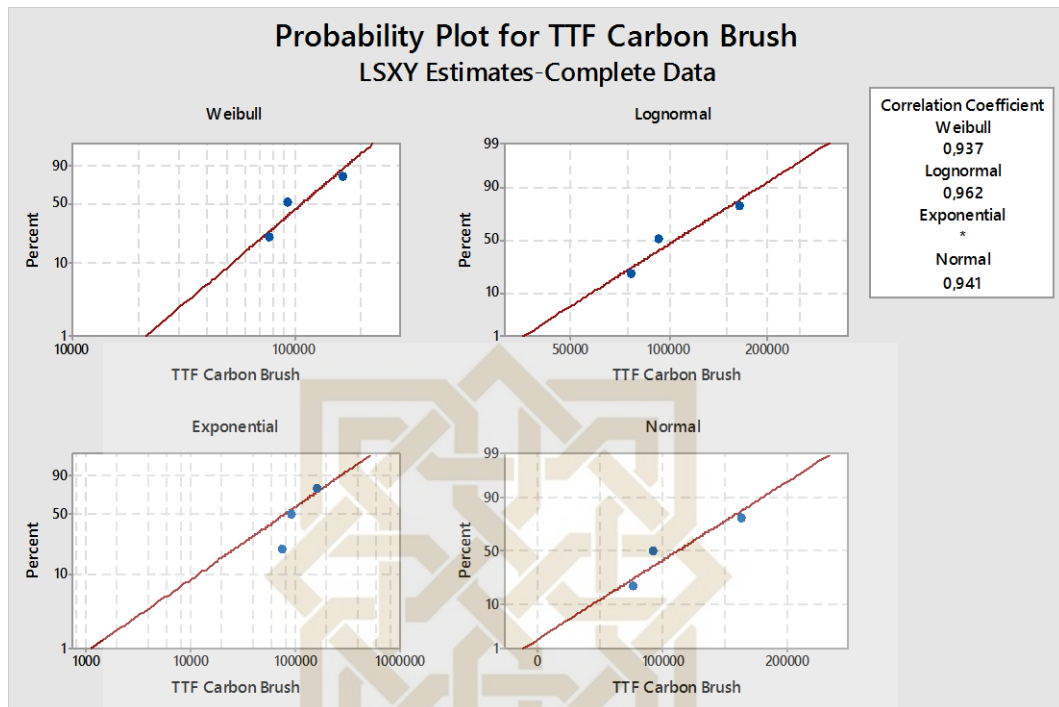


Gambar 2 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen Komutator

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen Komutator

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,046	0,904
Lognormal	2,989	0,906
Exponential	3,251	*
Normal	3,016	0,895

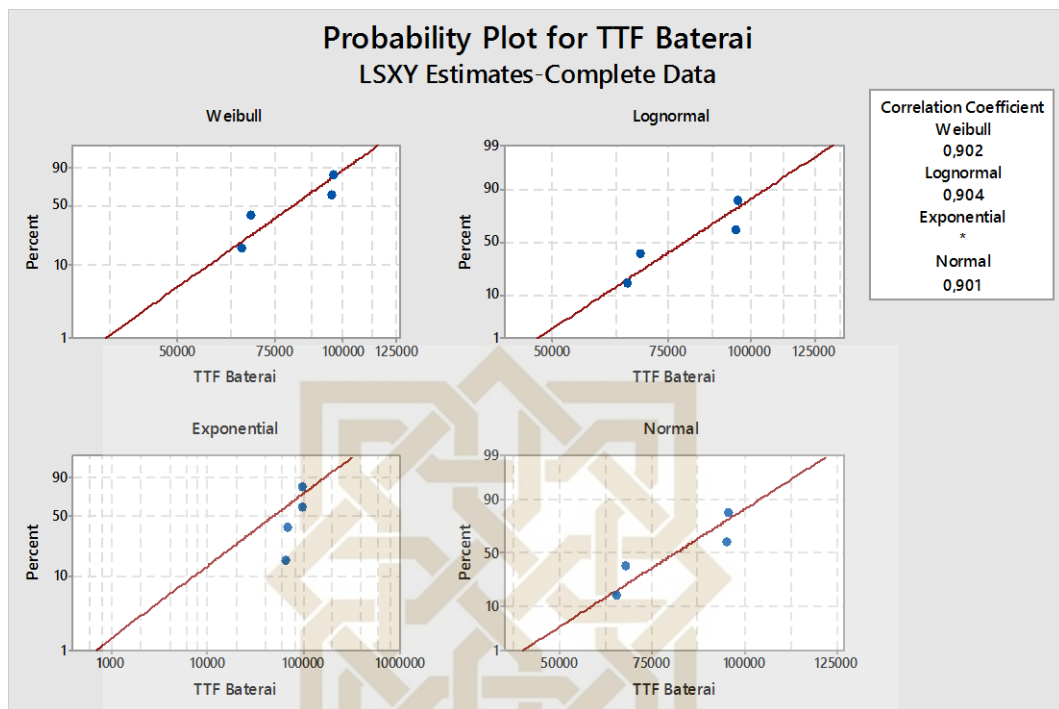


Gambar 3 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen *Carbon Brush*

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen *Carbon Brush*

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,560	0,937
Lognormal	3,474	0,962
Exponential	3,869	*
Normal	3,501	0,941

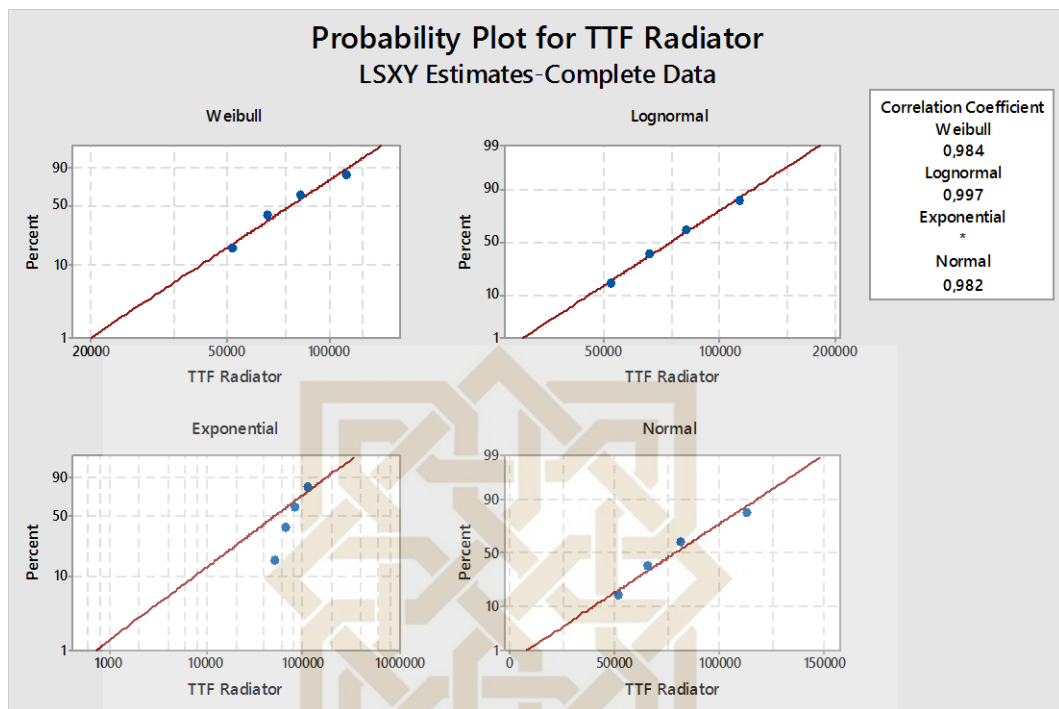


Gambar 4 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen Baterai

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen Baterai

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,049	0,902
Lognormal	2,992	0,904
Exponential	4,105	*
Normal	3,000	0,901



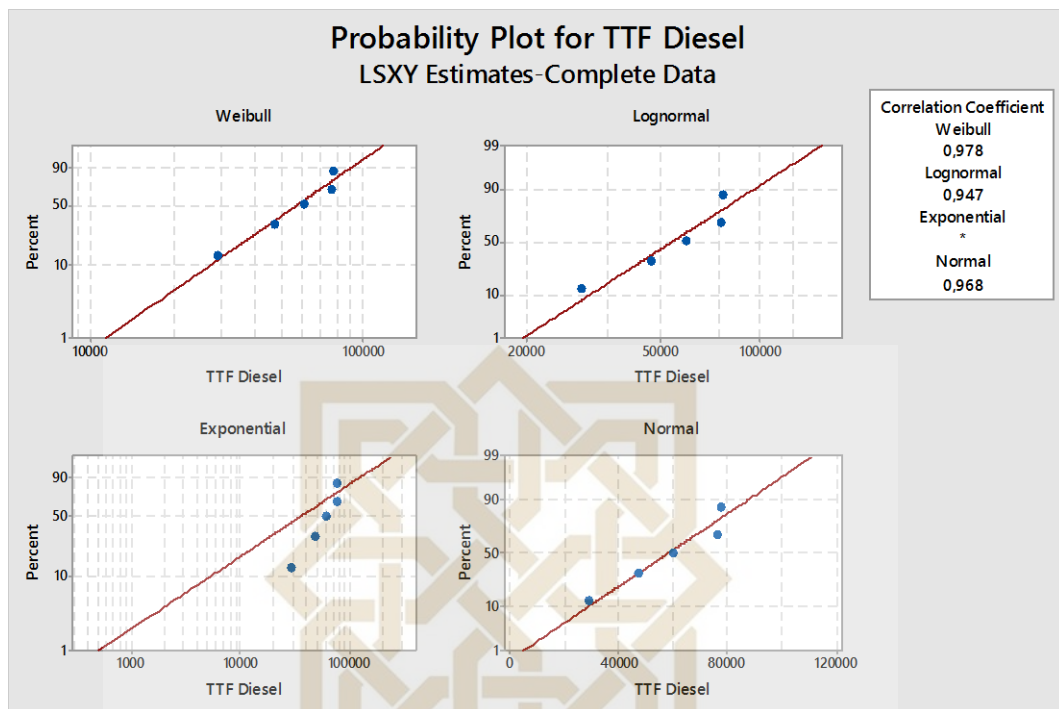
Gambar 5 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen Radiator

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen Radiator

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,807	0,984
Lognormal	2,753	0,997

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

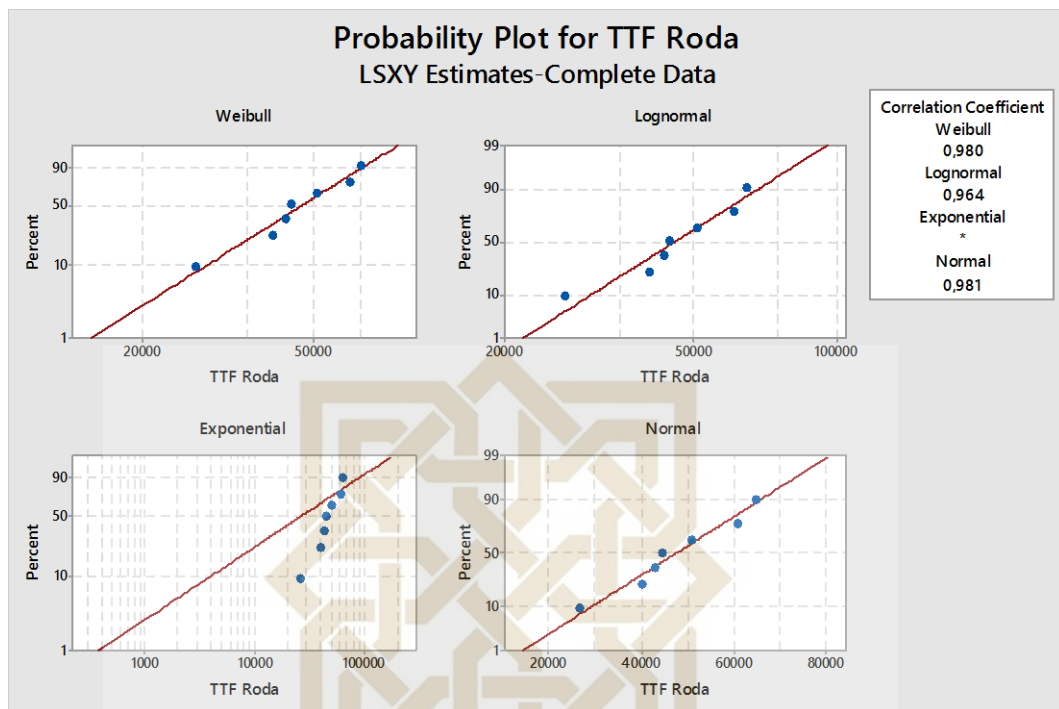


Gambar 6 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen Diesel

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen Diesel

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,385	0,978
Lognormal	2,463	0,947
Exponential	3,620	*
Normal	2,395	0,968



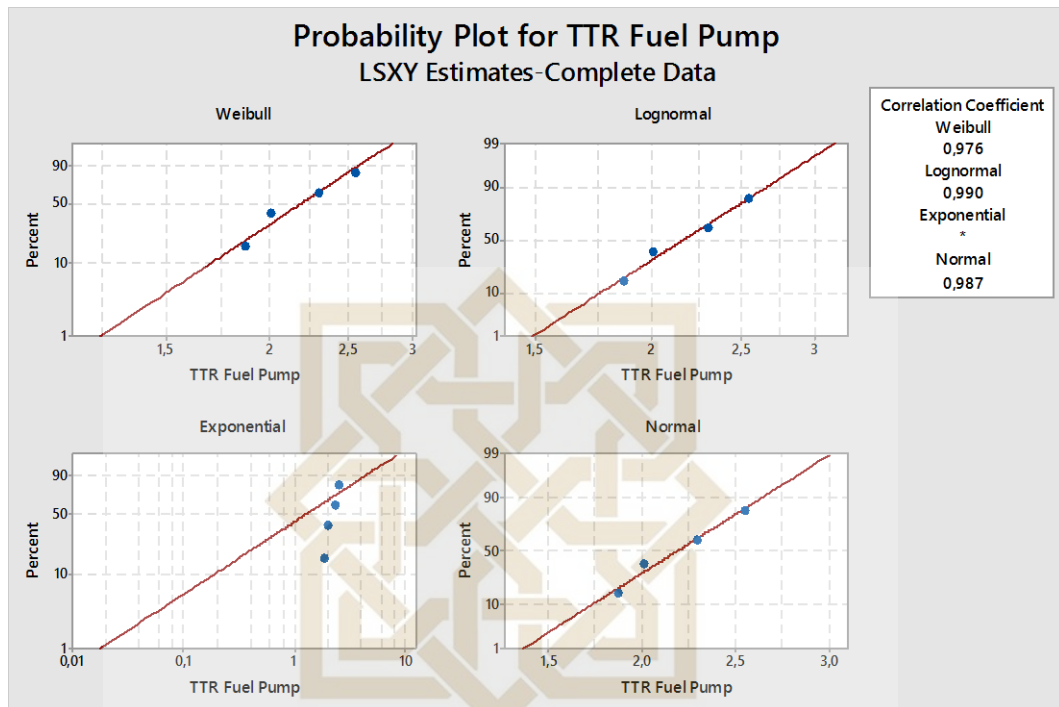
Gambar 7 Plot Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komponen Roda

Distribution ID Plot: Interval Jarak Kerusakan Komponen Roda

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1,820	0,980
Lognormal	1,881	0,964
Exponential	4,285	*
Normal	1,821	0,981

- **Penentuan Distribusi *Time To Repair* (TTR)**

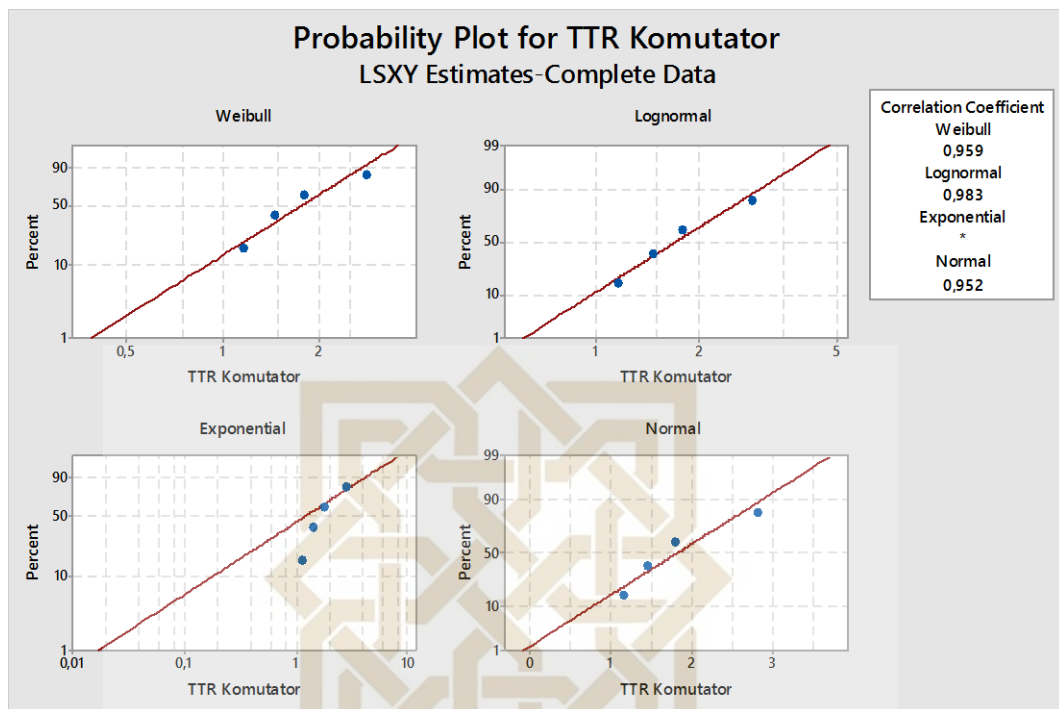


Gambar 8 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen *Fuel Pump*

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen *Fuel Pump*

Goodness-of-Fit

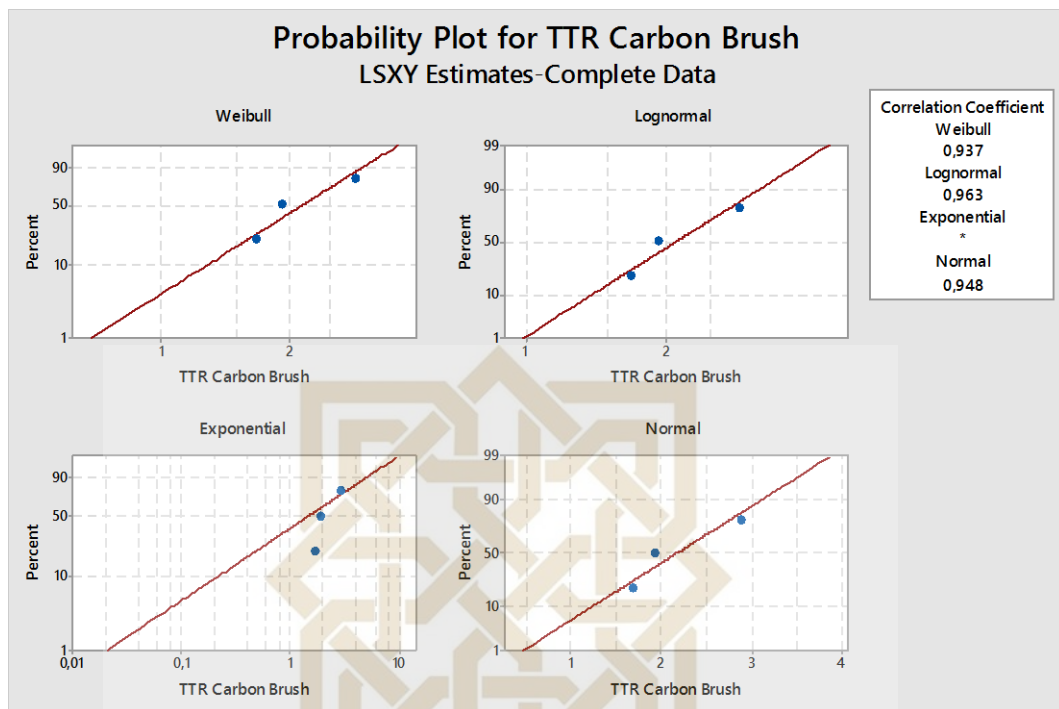
Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,803	0,976
Lognormal	2,763	0,990
Exponential	4,265	*
Normal	2,765	0,987



Gambar 9 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Komutator

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Komutator

Goodness-of-Fit		
Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,904	0,959
Lognormal	2,778	0,983
Exponential	3,504	*
Normal	2,838	0,952

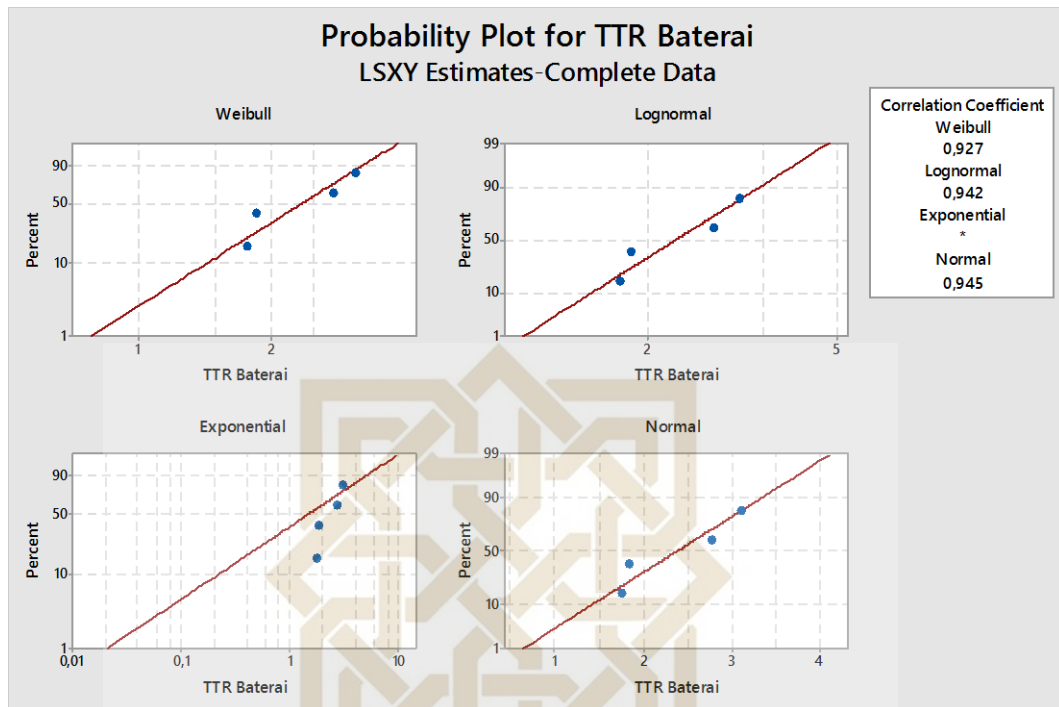


Gambar 10 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen *Carbon Brush*

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen *Carbon Brush*

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3,559	0,937
Lognormal	3,473	0,963
Exponential	4,057	*
Normal	3,492	0,948

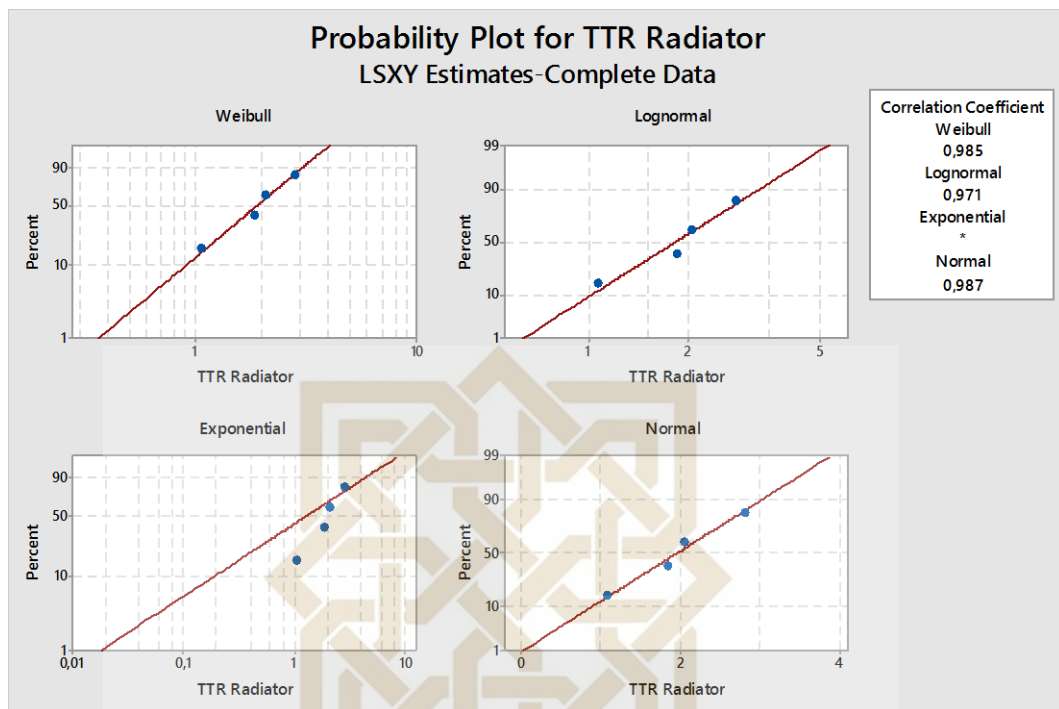


Gambar 10 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Baterai

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Baterai

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,910	0,927
Lognormal	2,870	0,942
Exponential	3,824	*
Normal	2,858	0,945

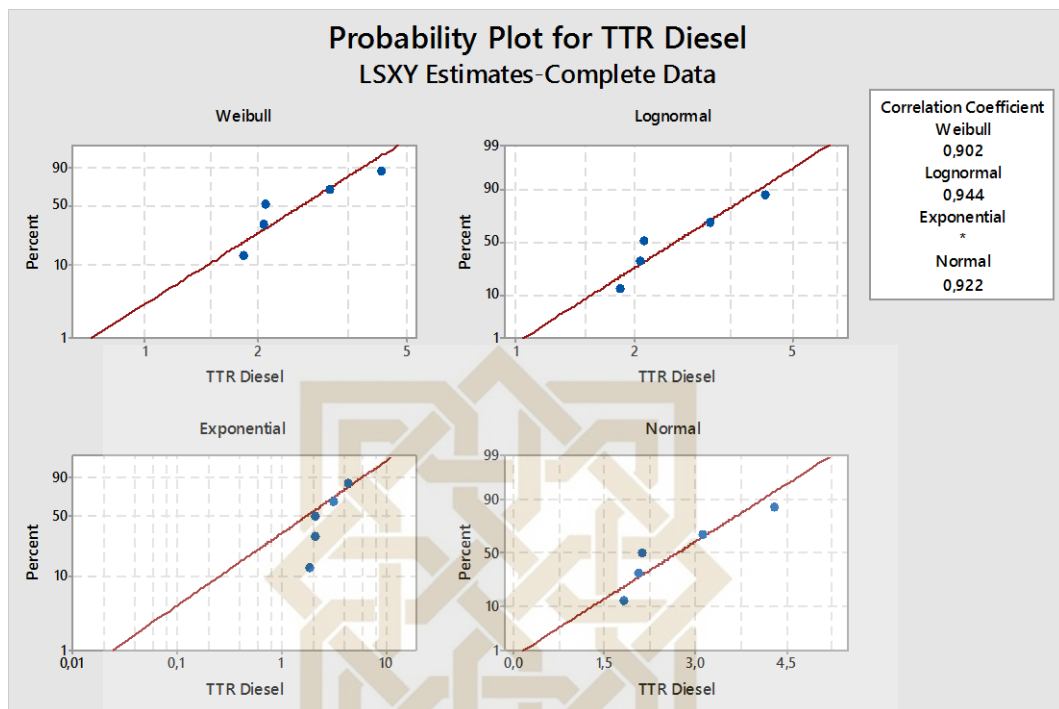


Gambar 11 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Radiator

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Radiator
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,796	0,985
Lognormal	2,840	0,971
Exponential	3,627	*
Normal	2,794	0,987

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

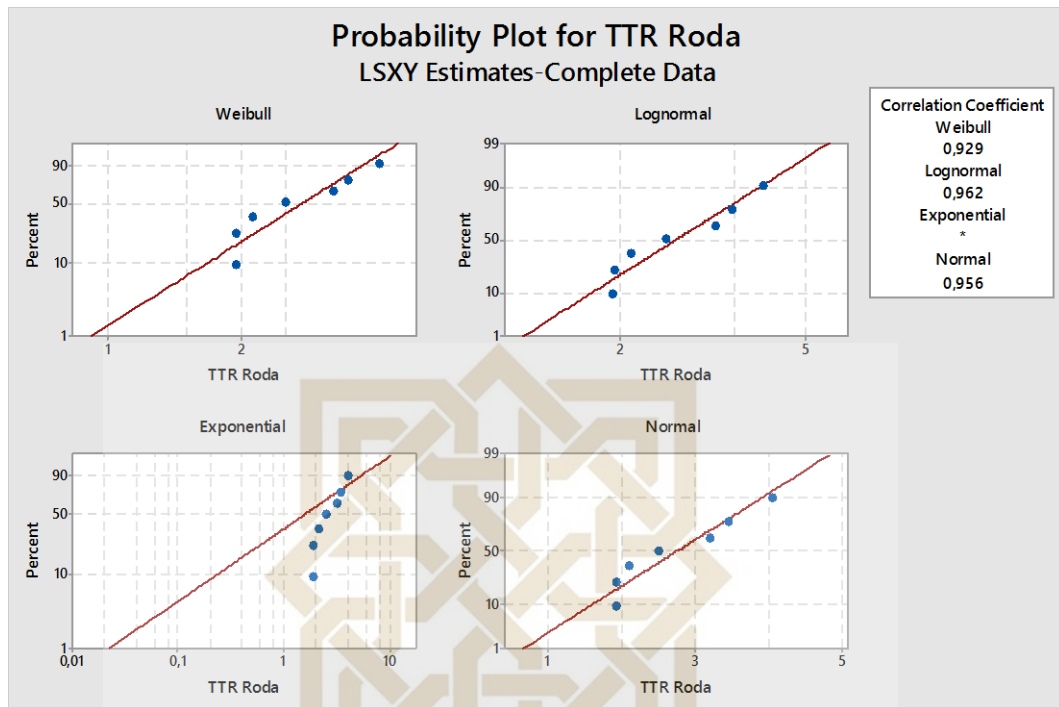


Gambar 11 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Diesel

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Diesel
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,748	0,902
Lognormal	2,452	0,944
Exponential	3,445	*
Normal	2,513	0,922

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gambar 11 Plot Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Roda

Distribution ID Plot: Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Roda

Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2,054	0,929
Lognormal	1,860	0,962
Exponential	3,936	*
Normal	1,879	0,956

- Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) Roda**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* pada tabel 4. Dimana distribusi yang terpilih untuk komponen roda yaitu distribusi Normal. Adapun perhitungan parameter data Interval jarak Kerusakan (TTF) distribusi Normal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi normal (σ dan μ)

$$\sigma = 101.107,751$$

Mencari nilai b yaitu:

Tabel 28 Tabel Perhitungan σ dan μ Distribusi Normal Komponen Roda TTF

I	Interval Jarak Kerusakan (Xi)	f(ti)= (i-0,3/n+0,4)	Zi = Yi	XiYi	Xi^2
1	26.710,20	0,0945945946	-1,31	-34990,4	713.434.784,04
2	40.299,60	0,2297297297	-0,74	-29821,7	1.624.057.760,16
3	43.111,20	0,3648648649	-0,35	-15088,9	1.858.575.565,44
4	44.517,00	0,5000000000	0	0	1.981.763.289,00
5	51.077,40	0,6351351351	0,35	17877,09	2.608.900.790,76
6	60.918,00	0,7702702703	0,74	45079,32	3.711.002.724,00
7	64.666,80	0,9054054054	1,31	84713,51	4.181.795.022,24
	331.300,20	3,50	0,00	67.768,93	16.679.529.935,64

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]}}$$

$$b = \frac{7(67.768,93) - (331.300,20)(0,00)}{\sqrt{[7(16.679.529.935,64) - (331.300,20)^2]}}$$

$$b = \frac{474.382,510}{83.647,397}$$

$$b = 5,6712$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Yi}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

$$\alpha = \frac{0,00}{7} - (5,6712 \times (\frac{331.300,20}{7}))$$

$$\alpha = -268.409,956$$

Mencari nilai μ

$$\mu = -\frac{a}{b} = -(\frac{-268.400,956}{5,6712}) = 47.327,013$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Normal data TTF pada komponen roda diperoleh nilai σ sebesar 101.107,751 dan μ sebesar 47.327,013.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) Baterai**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen baterai yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data Interval Jarak Kerusakan (TTF) distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{45,141}{4} = 11,285$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{11,285} = 79.618,36$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((11,084 - 11,285)^2) + \dots + ((11,468 - 11,285)^2)}{4}$$

$$s = \sqrt{0,03271375} = 0,181$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data Jarak Kerusakan (TTF) pada komponen baterai diperoleh nilai t_{med} sebesar 79.618,36 dan s sebesar 0,181.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) Radiator**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen radiator yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data Interval Jarak Kerusakan (TTF) distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{44,908}{4} = 11,227$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{11,227} = 75.131,861$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((10,859 - 11,227)^2) + \dots + ((11,635 - 11,227)^2)}{4}$$

$$s = \sqrt{32.785.444,135} = 0,082$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data Jarak Kerusakan (TTF) pada komponen radiator diperoleh nilai t_{med} sebesar 75.131,861 dan s sebesar 0,082.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) *Fuel***

Pump

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen *fuel pump* yaitu distribusi Normal. Adapun perhitungan

parameter data Interval Kilometer Kerusakan (TTF) distribusi Normal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi Normal (σ dan μ)

$$\sigma = 18.757,17$$

Mencari nilai b yaitu:

Tabel 29 Tabel Perhitungan β dan θ Distribusi Normal Komponen *Fuel Pump* TTF

I	Interval Jarak Kerusakan (Xi)	f(ti)= (i-0,3/n+0,4)	Zi = Yi	XiYi	Xi^2
1	53.889,00	0,1590909091	-1	8573,25	2.904.024.321,00
2	76.381,80	0,3863636364	-0,3	29511,15	5.834.179.371,24
3	77.787,60	0,6136363636	0,3	47733,3	6.050.910.713,76
4	99.811,80	0,8409090909	1	83932,65	9.962.395.419,24
	307.870,20	2,00	0,00	169.750,35	24.751.509.825,24

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]}}$$

$$b = \frac{4(169.750,35) - (307.870,20)(0,00)}{\sqrt{[4(24.751.509.825,24) - (307.870,20)^2]}}$$

$$b = \frac{679.001,40}{64.976,759}$$

$$b = 10,450$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Yi}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

$$\alpha = \frac{0,00}{4} - (10,450 \times (\frac{307.870,20}{4}))$$

$$\alpha = -804.310,898$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\mu = -\frac{a}{b} = -(\frac{-804.310,898}{10,450}) = 76.967,550$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Normal data Kilometer Kerusakan (TTF) pada komponen *fuel pump* diperoleh nilai σ sebesar 18.757,17 dan μ sebesar 76.967,550.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) Komutator**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen komutator yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data Interval Kilometer Kerusakan (TTF) distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{44,402}{4} = 11,1005$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{11,1005} = 66,204,254$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((10,4670 - 11,1005)^2) + \dots + ((11,6640 - 11,1005)^2)}{4}$$

$$s = \sqrt{0,31526625} = 0,561$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data Kilometer Kerusakan (TTF) pada komponen komutator diperoleh nilai t_{med} sebesar 66,204,254 dan s sebesar 0,561.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) *Carbon Brush***

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen *carbon brush* yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data Interval Kilometer Kerusakan (TTF) distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{34,686}{3} = 11,562$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{11,562} = 105.029,863$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((11,243 - 11,562)^2) + \dots + ((12,005 - 11,562)^2)}{3}$$

$$s = \sqrt{0,104462} = 0,323$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data Kilometer Kerusakan (TTF) pada komponen *carbon brush* diperoleh nilai t_{med} sebesar 105.029,863 dan s sebesar 0,323.

- **Menghitung Parameter Data Interval Jarak Kerusakan (TTF) Diesel**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen diesel yaitu distribusi Normal. Adapun perhitungan parameter data Interval Kilometer Kerusakan (TTF) distribusi Normal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi Normal (σ dan μ)

$$\sigma = 20.536,766$$

Mencari nilai b yaitu:

Tabel 30 Tabel Perhitungan β dan θ Distribusi Normal Komponen Diesel TTF

I	Interval Jarak Kerusakan (Xi)	f(ti)= (i-0,3/n+0,4)	Zi = Yi	XiYi	Xi^2
1	29.053,20	0,129629630	-1,13	29.054,33	844.088.430,24
2	47.328,60	0,314814815	-0,48	47.329,08	2.239.996.377,96
3	60.449,40	0,500000000	0	60.449,40	3.654.129.960,36
4	76.381,80	0,685185185	0,48	76.381,32	5.834.179.371,24
5	77.787,60	0,870370370	1,13	77.786,47	6.050.910.713,76
	291.000,60	2,50	0,00	291.000,60	18.623.304.853,56

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]}}$$

$$b = \frac{5(291.000,60) - (291.000,60)(0,00)}{\sqrt{[5(18.623.304.853,56) - (291.000,60)^2]}}$$

$$b = \frac{1.455,003}{8.435.175.067,44}$$

$$b = 0,00000017249$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\alpha = \frac{0,00}{5} - (0,00000017249 \times (\frac{291.000,60}{5}))$$

$$\alpha = -0,0100389387$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\mu = -\frac{a}{b} = -\left(\frac{-0,0100389387}{0,00000017249}\right) = 58.200.120$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Normal data Kilometer Kerusakan (TTF) pada komponen diesel diperoleh nilai σ sebesar 20.536,766 dan μ sebesar 58.200.120.

- **Menghitung Parameter Data TTR Roda**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen roda yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{6,792}{7} = 0,970$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{0,970} = 2,638$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((0,658 - 0,970)^2) + \dots + ((1,401 - 0,970)^2)}{7}$$

$$s = \sqrt{0,007747485714} = 0,278$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data TTR pada komponen roda diperoleh nilai t_{med} sebesar 2,638 dan s sebesar 0,278.

- **Menghitung Parameter Data TTR Baterai**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen baterai yaitu distribusi Normal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Normal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi Normal (σ dan μ)

$$\sigma = 0,670$$

Mencari nilai b yaitu:

Tabel 30 Tabel Perhitungan β dan θ Distribusi Normal Komponen Baterai TTR

I	Interval Kilometer Kerusakan (Xi)	f(ti)= (i-0,3/n+0,4)	Zi = Yi	XiYi	Xi^2
1	1,76	0,159090909	-1	-1,76	3,10
2	1,85	0,386363636	-0,3	-0,56	3,42
3	2,77	0,613636364	0,3	0,83	7,67
4	3,11	0,840909091	1	3,11	9,67
	9,49	2,00	0,00	1,63	23,87

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]}}$$

$$b = \frac{4(1,63) - (9,49)(0,00)}{\sqrt{[4(23,87) - (9,49)^2]}}$$

$$b = \frac{6,520}{5,420}$$

$$b = 1,203$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Yi}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

$$\alpha = \frac{0,00}{4} - (1,203 \times (\frac{9,49}{4}))$$

$$\alpha = -2,854$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\mu = -\frac{a}{b} = -(\frac{-2,854}{1,203}) = 2,372$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Normal data TTR pada komponen diesel diperoleh nilai σ sebesar 0,670 dan μ sebesar 2,372.

- **Menghitung Parameter Data TTR Radiator**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen radiator yaitu distribusi Normal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Normal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi Normal (σ dan μ)

$$\sigma = 0,710$$

Mencari nilai b yaitu:

Tabel 30 Tabel Perhitungan β dan θ Distribusi Normal Komponen Radiator TTR

I	Interval Kilometer Kerusakan (Xi)	f(ti)= (i-0,3/n+0,4)	Zi = Yi	XiYi	Xi^2
1	1,07	0,159090909	-1	-1,07	1,14
2	1,85	0,386363636	-0,3	-0,56	3,42
3	2,06	0,613636364	0,3	0,62	4,24
4	2,80	0,840909091	1	2,80	7,84
	7,78	2,00	0,00	1,79	16,65

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi)(\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]}}$$

$$b = \frac{4(1,79) - (7,78)(2,00)}{\sqrt{[4(16,65) - (7,78)^2]}}$$

$$b = \frac{7,160}{6,072}$$

$$b = 1,179$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\alpha = \frac{0,00}{4} - (1,179 \times (\frac{7,78}{4}))$$

$$\alpha = -2,293$$

Mencari nilai μ yaitu:

$$\mu = -\frac{\alpha}{b} = -(\frac{-2,293}{1,179}) = 1,945$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Normal data TTR pada komponen radiator diperoleh nilai σ sebesar 0,710 dan μ sebesar 1,945.

- **Menghitung Parameter Data TTR Fuel Pump**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen *fuel pump* yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{3,093}{4} = 0,773$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{0,773} = 2,166$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((0,626-0,773)^2) + \dots + ((0,936-0,773)^2)}{4}$$

$$s = \sqrt{0,01435075} = 0,120$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data TTR pada komponen *fuel pump* diperoleh nilai t_{med} sebesar 2,166 dan s sebesar 0,120.

- **Menghitung Parameter Data TTR Komutator**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen komutator yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{2,148}{4} = 0,537$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{0,537} = 1,711$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((0,148-0,537)^2) + \dots + ((1,040-0,537)^2)}{4}$$

$$s = \sqrt{1,107909} = 0,328$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data TTR pada komponen komutator diperoleh nilai t_{med} sebesar 1,711 dan s sebesar 0,328.

- **Menghitung Parameter Data TTR Carbon Brush**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen *carbon brush* yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{2,235}{3} = 0,745$$

$$t_{med} = e^{\mu} = e^{0,745} = 2,106$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((0,519 - 0,745)^2) + \dots + ((1,058 - 0,745)^2)}{3}$$

$$s = \sqrt{0,05220466667} = 0,228$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data TTR pada komponen *carbon brush* diperoleh nilai t_{med} sebesar 2,106 dan s sebesar 0,228.

- **Menghitung Parameter Data TTR Diesel**

Berdasarkan hasil dari uji *goodness of fit* diperoleh distribusi yang terpilih untuk komponen diesel yaitu distribusi Lognormal. Adapun perhitungan parameter data TTR distribusi Lognormal diketahui sebagai berikut:

- Parameter distribusi lognormal (t_{med} dan s)

Mencari nilai t_{med}

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

$$\mu = \frac{4,670}{5} = 0,934$$

$$t_{\text{med}} = e^{\mu} = e^{0,934} = 2,545$$

Mencari nilai s

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ atau } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^9 ((0,604 - 0,934)^2) + \dots + ((1,456 - 0,934)^2)}{5}$$

$$s = \sqrt{0,099838} = 0,316$$

Hasil perhitungan parameter distribusi Lognormal data TTR pada komponen diesel diperoleh nilai t_{med} sebesar 2,545 dan s sebesar 0,316.

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Roda**

$$MTTF_{\text{Normal}} = \mu$$

$$MTTF_{\text{Normal}} = 47.327,013 \text{ Km}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = t_{\text{med}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,638 \cdot 2,71828^{\frac{0,278^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,742 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Baterai**

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = t_{\text{med}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = 79.618,36 \cdot 2,71828^{\frac{0,181^2}{2}}$$

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = 80.933,289 \text{ Km}$$

$$MTTR_{\text{Normal}} = \mu$$

$$MTTR_{Normal} = 2,372 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Radiator**

$$MTTF_{Lognormal} = t_{med.} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF_{Lognormal} = 75.131,861 \cdot 2,71828^{\frac{0,082^2}{2}}$$

$$MTTF_{Lognormal} = 75.384,879 \text{ Km}$$

$$MTTR_{Normal} = \mu$$

$$MTTR_{Normal} = 1,945 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Fuel Pump**

$$MTTF_{Normal} = \mu$$

$$MTTF_{Normal} = 76.967,550 \text{ Km}$$

$$MTTR_{Lognormal} = t_{med.} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR_{Lognormal} = 2,166 \cdot 2,71828^{\frac{0,120^2}{2}}$$

$$MTTR_{Lognormal} = 2,182 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Komutator**

$$MTTF_{Lognormal} = t_{med.} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF_{Lognormal} = 66.204,254 \cdot 2,71828^{\frac{0,561^2}{2}}$$

$$MTTF_{Lognormal} = 77.486,616 \text{ Km}$$

$$MTTR_{Lognormal} = t_{med.} e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR_{Lognormal} = 1,711 \cdot 2,71828^{\frac{0,328^2}{2}}$$

$$MTTR_{Lognormal} = 1,806 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Carbon Brush**

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = t_{\text{med.}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = 105.029,863 \cdot 2,71828^{\frac{0,323^2}{2}}$$

$$MTTF_{\text{Lognormal}} = 110.654,111 \text{ Km}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = t_{\text{med.}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,106 \cdot 2,71828^{\frac{0,228^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,161 \text{ Jam}$$

- **Menghitung MTTF dan MTTR Komponen Diesel**

$$MTTF_{\text{Normal}} = \mu$$

$$MTTF_{\text{Normal}} = 58.200.120 \text{ Km}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = t_{\text{med.}} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,545 \cdot 2,71828^{\frac{0,316^2}{2}}$$

$$MTTR_{\text{Lognormal}} = 2,675 \text{ Jam}$$

- **Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Roda**

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(47330) = \frac{1}{12.907,07\sqrt{2*3,14}} \cdot 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{47330-47.328,60}{12.907,07}\right)^2\right]}$$

$$f(47330) = 0,0000309166474 \times 2,71828^{[-5,88262E-09]}$$

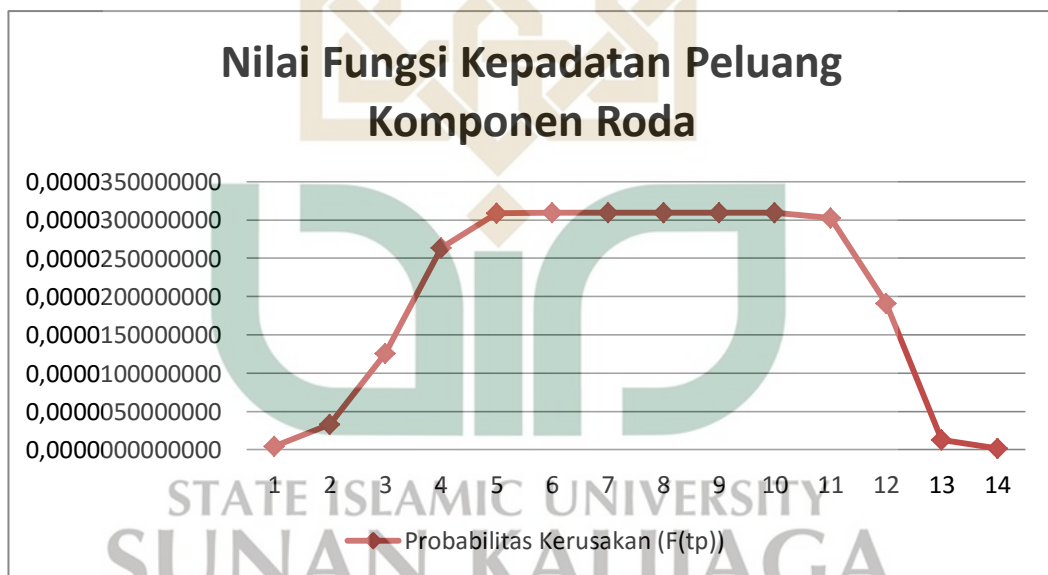
$$f(47330) = 0,0000309166474 \times 0,999999994$$

$$f(47330) = 0,0000309166472$$

Tabel 31 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Roda

No	Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
1	10000	0,0000004719721

2	20000	0,0000032862343
3	30000	0,0000125541774
4	40000	0,0000263139200
5	47000	0,0000309066296
6	47328	0,0000309166473
7	47329	0,0000309166473
8	47330	0,0000309166472
9	47331	0,0000309166468
10	47332	0,0000309166463
11	50000	0,0000302614960
12	60000	0,0000190942582
13	80000	0,0000012555969
14	90000	0,0000001308535



Gambar 12 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Roda

- **Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Baterai**

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(80951) = \frac{1}{16679,24\sqrt{2} \times 3,14} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{30951-80950,65}{16679,24}\right)^2\right]}$$

$$f(80951) = 0,00002392455503 \times 2,71828^{[-2,20168E-10]}$$

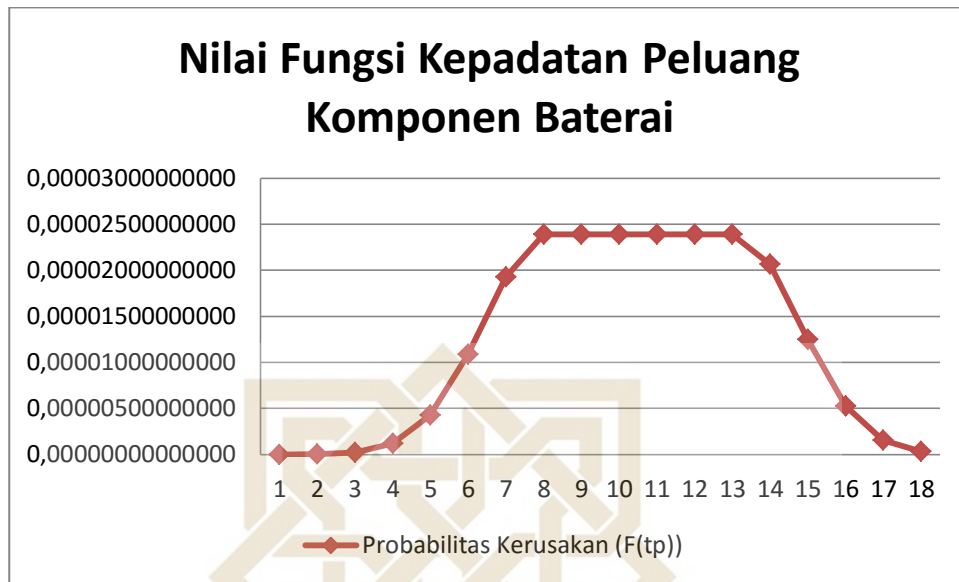
$$f(80951) = 0,00002392455503 \times 0,99999999978$$

$$f(80951) = 0,00002392455503$$

Tabel 32 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Baterai

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
10000	0,00000000281548
20000	0,00000003013772
30000	0,00000022519426
40000	0,00000117461090
50000	0,00000427681535
60000	0,00001087017985
70000	0,00001928602455
80000	0,00002388572662
80949	0,00002392455491
80950	0,00002392455501
80951	0,00002392455503
80952	0,00002392455495
80953	0,00002392455479
90000	0,00002065018544
100000	0,00001246232896
110000	0,00000525005946
120000	0,00000154389937
130000	0,00000031693012

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gambar 13 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Baterai

- Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Radiator

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(78256) = \frac{1}{26163,38\sqrt{2*3,14}} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{78256-78256,20}{26163,38}\right)^2\right]}$$

$$f(78256) = 1,5252\text{E-}05 \times 2,71828^{[-2,92174\text{E-}11]}$$

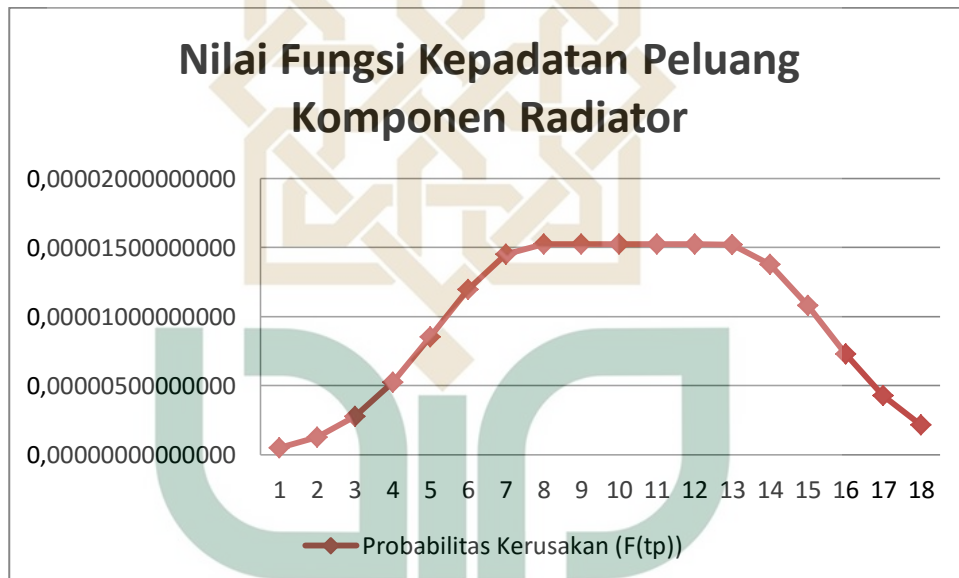
$$f(78256) = 1,5252\text{E-}05 \times 1,0000000000$$

$$f(78256) = 0,00001525198158$$

Tabel 33 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Radiator

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
10000	0,00000050746720
20000	0,00000127860335
30000	0,00000278367718
40000	0,00000523669253
50000	0,00000851236929
60000	0,00001195636078
70000	0,00001451118039
78254	0,00001525198153

78255	0,00001525198157
78256	0,00001525198158
78257	0,00001525198157
78258	0,00001525198155
80000	0,00001521814244
90000	0,00001379036380
100000	0,00001079804111
110000	0,00000730582734
120000	0,00000427119113
130000	0,00000215766384



Gambar 14 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Radiator

- **Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Fuel Pump***

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(76968) = \frac{1}{18757,17\sqrt{2*3,14}} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{76968-76967,55}{18757,17}\right)^2\right]}$$

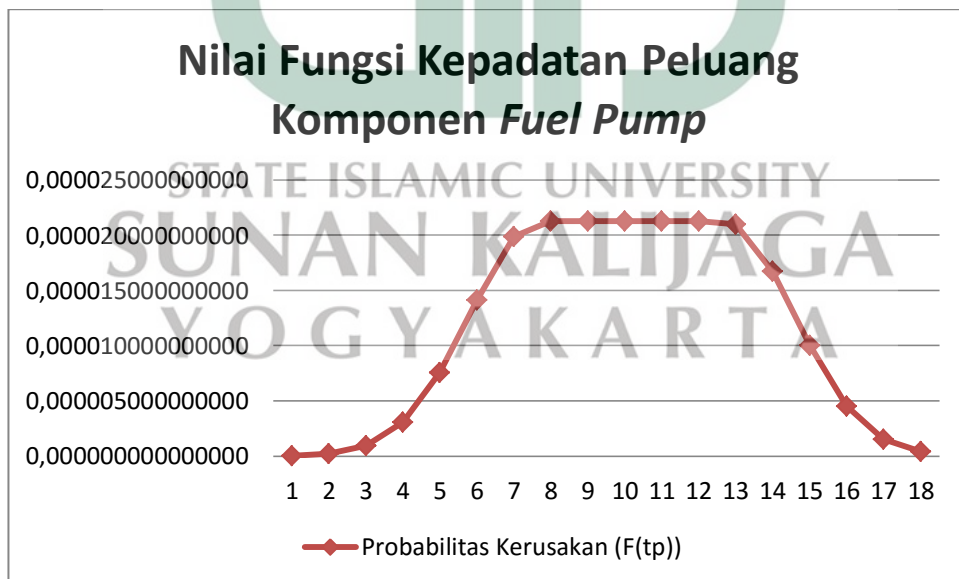
$$f(76968) = 2,12742\text{E-}05 \times 2,71828^{[-2,8778\text{E-}10]}$$

$$f(76968) = 2,12742\text{E-}05 \times 0,9999999997$$

$$f(76968) = 0,00002127417628$$

Tabel 34 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Fuel Pump*

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
10000	0,000000036305134
20000	0,000000211292270
30000	0,000000925467319
40000	0,000003050706879
50000	0,000007568360181
60000	0,000014130743699
70000	0,000019855926794
76966	0,000021274176218
76967	0,000021274176281
76968	0,000021274176284
76969	0,00002127417623
76970	0,00002127417611
80000	0,00002099796575
90000	0,00001671191429
100000	0,00001001006950
110000	0,00000451242402
120000	0,00000153089226
130000	0,00000039087804



Gambar 15 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Fuel Pump*

- Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Komutator

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(76866) = \frac{1}{44989,23\sqrt{2*3,14}} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{76866-76866,05}{44989,23}\right)^2\right]}$$

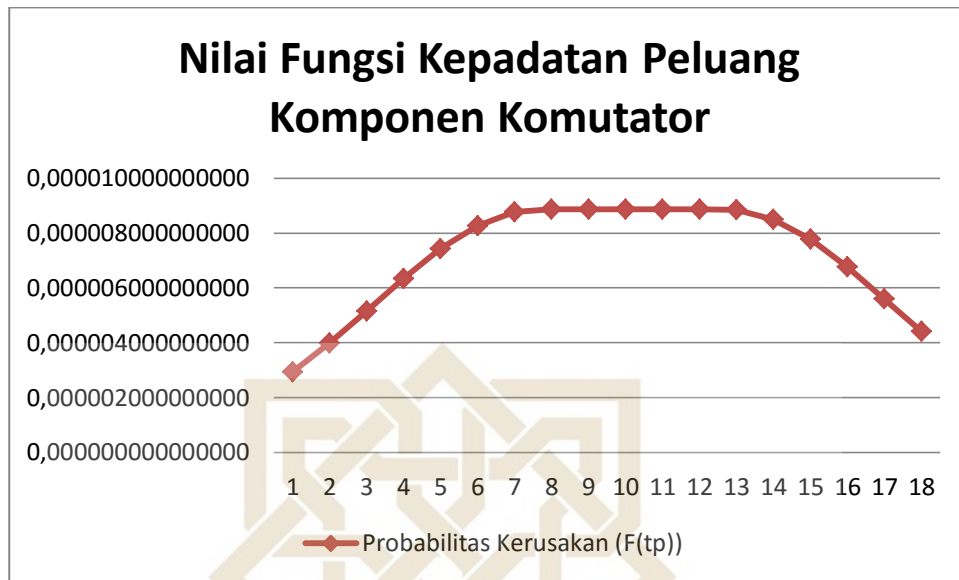
$$f(76866) = 8,86976\text{E-}06 \times 2,71828^{[-6,1758\text{E-}13]}$$

$$f(76866) = 8,86976\text{E-}06 \times 1,0000000000$$

$$f(76866) = 0,000008869755799$$

Tabel 35 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Komutator

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
10000	0,000002939241603
20000	0,000003990071284
30000	0,000005155480191
40000	0,000006340166889
50000	0,000007421220857
60000	0,000008267860161
70000	0,000008767060188
76864	0,000008869755790
76865	0,000008869755797
76866	0,000008869755799
76867	0,000008869755797
76868	0,000008869755791
80000	0,000008848261577
90000	0,000008499727790
100000	0,000007771326958
110000	0,000006762829592
120000	0,000005601506018
130000	0,000004415951235



Gambar 16 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Komutator

- Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Carbon Brush*

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(110902) = \frac{1}{46318,77\sqrt{2*3,14}} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{110902-110902,00}{46318,77}\right)^2\right]}$$

$$f(110902) = 8,61516\text{E-}06 \times 2,71828^{[0]}$$

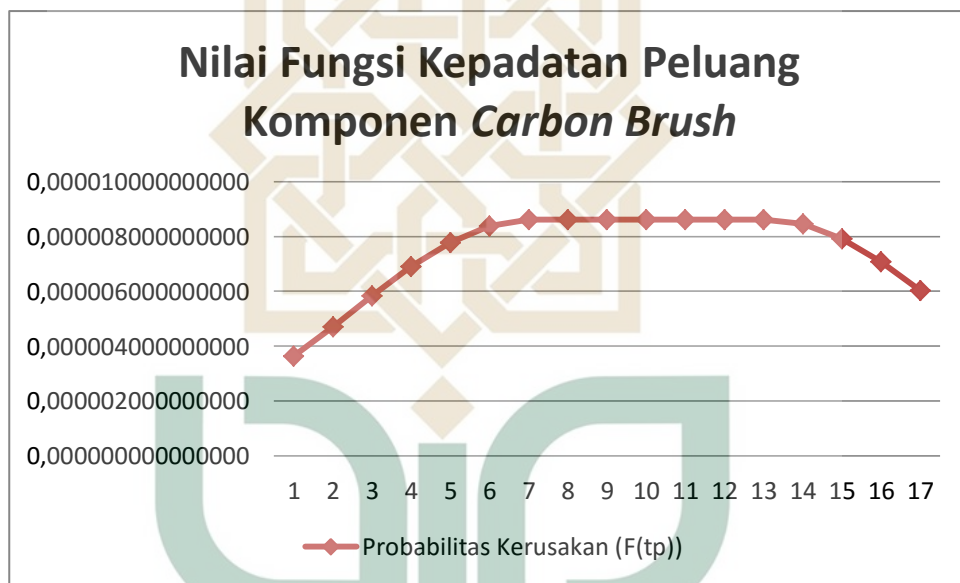
$$f(110902) = 8,61516\text{E-}06 \times 1,0000000000$$

$$f(110902) = 0,000008615157143$$

Tabel 36 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Carbon Brush*

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
50000	0,000003629572674
60000	0,000004709953974
70000	0,000005833578598
80000	0,000006896213021
90000	0,000007781144969
100000	0,000008379798371
110000	0,000008613523749
110900	0,000008615157135

110901	0,000008615157141
110902	0,000008615157143
110903	0,000008615157141
110904	0,000008615157135
110905	0,000008615157125
120000	0,000008450557592
130000	0,000007913108129
140000	0,000007072387674
150000	0,000006033123852



Gambar 17 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen *Carbon Brush*

- Menentukan Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Diesel

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, \text{ untuk } -\infty \leq t \leq \infty$$

$$f(58200) = \frac{1}{20536,77\sqrt{2} \times 3,14} 2,71828^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{58200-58200,12}{20536}\right)^2\right]}$$

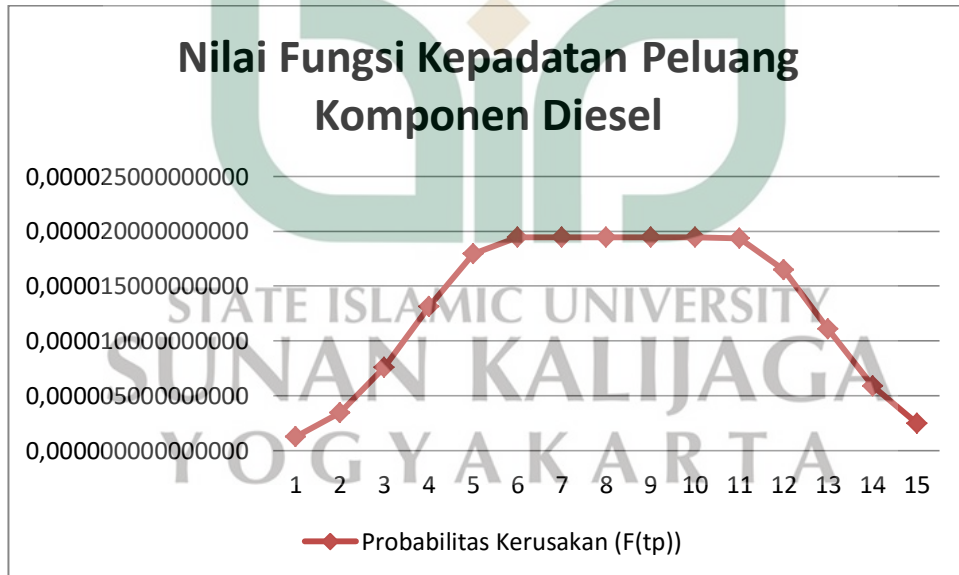
$$f(58200) = 1,94307\text{E-}05 \times 2,71828^{[-1,70714\text{E-}11]}$$

$$f(58200) = 1,94307\text{E-}05 \times 1,0000000000$$

$$f(58200) = 0,000019430685644$$

Tabel 37 Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Diesel

Interval (tp) dalam Km	Probabilitas Kerusakan (F(tp))
10000	0,000001236906048
20000	0,000003444909153
30000	0,000007569141991
40000	0,000013120287433
50000	0,000017941876582
58198	0,000019430685541
58199	0,000019430685616
58200	0,000019430685644
58201	0,000019430685627
58202	0,000019430685563
60000	0,000019356204363
70000	0,000016474048904
80000	0,000011061354762
90000	0,000005859278081
100000	0,000002448542898



Gambar 18 Grafik Nilai Fungsi Kepadatan Peluang Komponen Diesel

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen Roda**

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen roda yang berdistribusi normal yaitu sebagai berikut:

$$T_f = MTTR = 2,742 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 53,538 \text{ Km}$$

$$T_p = 130 \text{ menit} = 2,17 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,369 \text{ Km}$$

$$\sigma = 101.107,751$$

$$\mu = MTTF = 47.327,013$$

Tabel 37 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Roda

Interval tp (Km)	(tp-miu)/stdv	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
20000	-0,2702761	0,3936	0,6064	120241,39	0,00078594
20100	-0,2692871	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078687
20200	-0,2682981	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078607
20300	-0,2673090	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078527
20400	-0,2663200	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078448
20500	-0,2653309	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078369
20600	-0,2643419	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078290
20700	-0,2633528	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078211
20800	-0,2623638	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078133
20900	-0,2613747	0,3974	0,6026	119091,63	0,00078054
21000	-0,2603857	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077976
21010	-0,2602868	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077968
21020	-0,2601879	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077960
21030	-0,2600890	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077952
21031	-0,2600791	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077951
21032	-0,2600692	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077951
21033	-0,2600593	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077950
21034	-0,2600494	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077949
21035	-0,2600395	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077948
21036	-0,2600296	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077947
21037	-0,2600198	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077947
21038	-0,2600099	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077946
21039	-0,2600000	0,3974	0,6026	119091,63	0,00077945
21040	-0,2599901	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078124
21041	-0,2599802	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078123
21042	-0,2599703	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078122

21043	-0,2599604	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078121
21044	-0,2599505	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078120
21045	-0,2599406	0,4013	0,5987	117934,25	0,00078120

Dimana:

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{tp-\mu}{\sigma}\right)$$

$$F(21039) = \Phi\left(\frac{21039-47.327,013}{101.107,751}\right)$$

$$F(21039) = \Phi -0,2600000 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{21039-47.327,013}{101.107,751}\right)$$

$$R(21039) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(21039) = \frac{47.327,013}{0,3974} = 119091,63$$

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

$$D(21039) = \frac{42,369 * 0,6026 + 53,538 * (1 - 0,6026)}{(21039 + 42,369) * 0,6026 + 119091,63 + 53,538 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(21039) = 0,00077945$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(21039) = 1 - 0,00077945 = 0,99922055$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 21039 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen Baterai**

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen baterai yang berdistribusi lognormal yaitu sebagai berikut:

$$Tf = MTTR = 2,372 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 46,313 \text{ Km}$$

$$Tp = 120 \text{ menit} = 2 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 39,05 \text{ Km}$$

$$t_{med} = 79.618,36 \text{ dan } s = 0,181$$

$$MTTF = 80.933,289$$

Tabel 38 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Baterai

Interval tp (Km)	(1/s)*ln(t/tmed)	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
75000	-0,3301470	0,3707	0,6293	218325,57	0,000326
75100	-0,3227854	0,3745	0,6255	216110,25	0,000326
75200	-0,3154336	0,3783	0,6217	213939,44	0,000327
75300	-0,3080916	0,3821	0,6179	211811,80	0,000328
75400	-0,3007594	0,3821	0,6179	211811,80	0,000328
75500	-0,2934368	0,3859	0,6141	209726,07	0,000329
75600	-0,2861240	0,3897	0,6103	207681,01	0,000329
75700	-0,2788208	0,3936	0,6064	205623,19	0,000330
75800	-0,2715272	0,3936	0,6064	205623,19	0,000330
75900	-0,2642433	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75950	-0,2606049	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75951	-0,2605322	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75952	-0,2604594	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75953	-0,2603867	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75954	-0,2603140	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75955	-0,2602412	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75956	-0,2601685	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75957	-0,2600957	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75958	-0,2600230	0,3974	0,6026	203656,99	0,000331
75959	-0,2599503	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75960	-0,2598775	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75961	-0,2598048	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75962	-0,2597321	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75963	-0,2596593	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75964	-0,2595866	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75965	-0,2595139	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332
75966	-0,2594411	0,4013	0,5987	201677,77	0,000332

Dimana:

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

$$F(75958) = \Phi \left(\frac{1}{0,181} \ln \frac{75958}{79.618,36} \right)$$

$$F(75958) = \Phi -0,2600230 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{0,181} \ln \frac{75958}{79.618,36} \right)$$

$$R(75958) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(75958) = \frac{80.933,289}{0,3974} = 203656,99$$

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

$$D(75958) = \frac{39,05 * 0,6026 + 46,313 * (1 - 0,6026)}{(75958 + 39,05) * 0,6026 + 203656,99 + 46,313 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(75958) = 0,000331$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(75958) = 1 - 0,000331 = 0,9997$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 75958 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen Radiator**

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen radiator yang berdistribusi lognormal yaitu sebagai berikut:

$$Tf = MTTR = 1,945 \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 37,976 \text{ Km}$$

$$Tp = 80 \text{ menit} = 1,333 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 26,027 \text{ Km}$$

$$t_{med} = 75.131,861 \text{ dan } s = 0,082$$

Tabel 39 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Radiator

Interval tp (Km)	(1/s)*ln(t/tmed)	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
73100	-0,3343457	0,3707	0,6293	203358,18	0,000251
73200	-0,3176743	0,3783	0,6217	199272,74	0,000253
73300	-0,3010257	0,3821	0,6179	197290,97	0,000253
73400	-0,2843998	0,3897	0,6103	193443,36	0,000255

73500	-0,2677965	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73510	-0,2661374	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73520	-0,2644785	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73530	-0,2628199	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73540	-0,2611615	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73541	-0,2609956	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73542	-0,2608298	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73543	-0,2606640	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73544	-0,2604982	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73545	-0,2603324	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73546	-0,2601665	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73547	-0,2600007	0,3974	0,6026	189695,22	0,000257
73548	-0,2598349	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73549	-0,2596691	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73550	-0,2595033	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73551	-0,2593375	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73552	-0,2591717	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73553	-0,2590059	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73554	-0,2588401	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73555	-0,2586743	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73556	-0,2585085	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73557	-0,2583427	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258
73558	-0,2581769	0,4013	0,5987	187851,68	0,000258

Dimana:

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

$$F(73547) = \Phi \left(\frac{1}{0,082} \ln \frac{73547}{75.131,861} \right)$$

$$F(73547) = \Phi -0,2600007 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{0,082} \ln \frac{73547}{75.131,861} \right)$$

$$R(73547) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(73547) = \frac{75.384,879}{0,3974} = 189695,22$$

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

$$D(73547) = \frac{26,027 * 0,6026 + 37,976(1 - 0,6026)}{(73547 + 26,027) * 0,6026 + 189695,22 + 37,976 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(73547) = 0,000257$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(73547) = 1 - 0,000257 = 0,9997$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 73547 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen *Fuel Pump***

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen *fuel pump* yang berdistribusi normal yaitu sebagai berikut:

$$Tf = MTTR = 2,182 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,604 \text{ Km}$$

$$Tp = 130 \text{ menit} = 2,17 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,369 \text{ Km}$$

$$\sigma = 18.757,17$$

$$\mu = MTTF = 76.967,550$$

Tabel 40 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen *Fuel Pump*

Interval tp (Km)	(tp - μ)/stdv	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
71000	-0,3181477	0,3783	0,6217	203456,38	0,00035046
71500	-0,2914912	0,3859	0,6141	199449,47	0,00035114
71600	-0,2861599	0,3897	0,6103	197504,62	0,00035176
71700	-0,2808286	0,3897	0,6103	197504,62	0,00035159
71800	-0,2754973	0,3936	0,6064	195547,64	0,00035223
71900	-0,2701660	0,3936	0,6064	195547,64	0,00035206
72000	-0,2648347	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035269
72010	-0,2643016	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035267
72020	-0,2637685	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035265
72030	-0,2632353	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035263
72040	-0,2627022	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035262
72050	-0,2621691	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035260
72060	-0,2616360	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035258

72070	-0,2611028	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035256
72080	-0,2605697	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035254
72090	-0,2600366	0,3974	0,6026	193677,78	0,00035253
72091	-0,2599832	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035336
72092	-0,2599299	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035336
72093	-0,2598766	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72094	-0,2598233	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72095	-0,2597700	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72096	-0,2597167	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72097	-0,2596634	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72098	-0,2596101	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035335
72099	-0,2595567	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035334
72100	-0,2595034	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035334
72101	-0,2594501	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035334
72102	-0,2593968	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035334
72103	-0,2593435	0,4013	0,5987	191795,54	0,00035334

Dimana:

$$F(tp) = \Phi\left(\frac{tp - \mu}{\sigma}\right)$$

$$F(72090) = \Phi\left(\frac{72090 - 76.967,550}{18.757,17}\right)$$

$$F(72090) = \Phi - 0,2600366 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi\left(\frac{72090 - 76.967,550}{18.757,17}\right)$$

$$R(72090) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(72090) = \frac{76.967,550}{0,3974} = 193677,78$$

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

$$D(72090) = \frac{42,369 * 0,6026 + 42,604 * (1 - 0,6026)}{(72090 + 42,369) * 0,6026 + 193677,78 + 42,604 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(72090) = 0,00035253$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(72090) = 1 - 0,00035253 = 0,99964747$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 72090 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen Komutator**

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen komutator yang berdistribusi lognormal yaitu sebagai berikut:

$$T_f = \text{MTTR} = 1,806 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 32,262 \text{ Km}$$

$$T_p = 105 \text{ menit} = 1,75 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 34,169 \text{ Km}$$

$$t_{\text{med}} = 66.204,254 \text{ dan } s = 0,561$$

$$\text{MTTF} = 77.486,616$$

Tabel 41 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Komutator

Interval tp (Km)	(1/s)*ln(t/tmed)	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
55000	-0,3305018	0,3707	0,6293	209027,83	0,000298
56000	-0,2983833	0,3859	0,6141	200794,55	0,000299
57000	-0,2668332	0,3974	0,6026	194983,94	0,000299
57100	-0,2637087	0,3974	0,6026	194983,94	0,000299
57200	-0,2605897	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57210	-0,2602781	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57211	-0,2602469	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57212	-0,2602158	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57213	-0,2601846	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57214	-0,2601535	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57215	-0,2601223	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57216	-0,2600912	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57217	-0,2600600	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57218	-0,2600289	0,3974	0,6026	194983,94	0,000298
57219	-0,2599977	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57220	-0,2599665	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299

57221	-0,2599354	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57222	-0,2599042	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57223	-0,2598731	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57224	-0,2598419	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57225	-0,2598108	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57226	-0,2597796	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57227	-0,2597485	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57228	-0,2597173	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57229	-0,2596862	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57230	-0,2596551	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299
57231	-0,2596239	0,4013	0,5987	193089,00	0,000299

Dimana:

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

$$F(57218) = \Phi \left(\frac{1}{0,561} \ln \frac{57218}{66.204,254} \right)$$

$$F(57218) = \Phi -0,2600289 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{0,561} \ln \frac{57218}{66.204,254} \right)$$

$$R(57218) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(57218) = \frac{77.486,616}{0,3974} = 194983,94$$

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

$$D(57218) = \frac{34,169 * 0,6026 + 32,262 * (1 - 0,6026)}{(57218 + 34,169) * 0,6026 + 194983,94 + 32,262 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(57218) = 0,000298$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(57218) = 1 - 0,000298 = 0,9997$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 57218 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen *Carbon Brush***

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen *carbon brush* yang berdistribusi lognormal yaitu sebagai berikut:

$$T_f = MTTR = 2,161 \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,194 \text{ Km}$$

$$T_p = 100 \text{ menit} = 1,667 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 32,548 \text{ Km}$$

$$t_{med} = 105.029,863 \text{ dan } s = 0,323$$

$$MTTF = 110.654,111$$

Tabel 42 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen *Carbon Brush*

Interval tp (Km)	$(1/s) \cdot \ln(t/t_{med})$	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
95000	-0,3107363	0,3783	0,6217	292503,60	0,000213
95500	-0,2944844	0,3859	0,6141	286742,97	0,000214
95600	-0,2912443	0,3859	0,6141	286742,97	0,000214
95700	-0,2880075	0,3897	0,6103	283946,91	0,000215
95800	-0,2847741	0,3897	0,6103	283946,91	0,000215
95900	-0,2815441	0,3897	0,6103	283946,91	0,000215
96000	-0,2783174	0,3936	0,6064	281133,41	0,000215
96100	-0,2750941	0,3936	0,6064	281133,41	0,000215
96200	-0,2718742	0,3936	0,6064	281133,41	0,000215
96300	-0,2686576	0,3974	0,6026	278445,17	0,000216
96400	-0,2654443	0,3974	0,6026	278445,17	0,000216
96500	-0,2622344	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96560	-0,2603100	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96561	-0,2602780	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96562	-0,2602459	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96563	-0,2602139	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96564	-0,2601818	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96565	-0,2601497	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96566	-0,2601177	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96567	-0,2600856	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96568	-0,2600535	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96569	-0,2600215	0,3974	0,6026	278445,17	0,000215
96570	-0,2599894	0,4013	0,5987	275739,13	0,000216

96571	-0,2599574	0,4013	0,5987	275739,13	0,000216
96572	-0,2599253	0,4013	0,5987	275739,13	0,000216
96573	-0,2598933	0,4013	0,5987	275739,13	0,000216
96574	-0,2598612	0,4013	0,5987	275739,13	0,000216

Dimana:

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

$$F(96569) = \Phi \left(\frac{1}{0,323} \ln \frac{96569}{105.029,863} \right)$$

$$F(96569) = \Phi -0,2600215 = 0,3974$$

$$R(tp) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{0,323} \ln \frac{96569}{105.029,863} \right)$$

$$R(96569) = 1 - 0,3974 = 0,6026$$

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

$$M(96569) = \frac{110.654,111}{0,3974} = 278445,17$$

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

$$D(96569) = \frac{32,548 * 0,6026 + 42,194 * (1 - 0,6026)}{(96569 + 32,548) * 0,6026 + 278445,17 + 42,194 * (1 - 0,6026)}$$

$$D(96569) = 0,000215$$

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(96569) = 1 - 0,000215 = 0,9998$$

$$T(\text{Age Replacement}) = 96569 \text{ Km}$$

- **Menghitung Jarak Penggantian Pencegahan Pada Komponen Diesel**

Adapun hasil perhitungan jarak penggantian pencegahan *age replacement* pada komponen diesel yang berdistribusi normal yaitu sebagai berikut:

$$Tf = MTTR = 2,675 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 52,229 \text{ Km}$$

$$T_p = 135 \text{ menit} = 2,25 \text{ jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 43,931 \text{ Km}$$

$$\sigma = 20.536,766$$

$$\mu = \text{MTTF} = 58.200.120$$

Tabel 43 Interval Jarak Penggantian Pencegahan Komponen Diesel

Interval tp (Km)	(tp- miu)/stdv	Tabel F(tp)(kumulatif)	R(tp)	M(tp)	D(Tp)
50000	-0,3992897	0,3783	0,6217	153846,47	0,00052691
51000	-0,3505966	0,3859	0,6141	150816,58	0,00052624
52000	-0,3019034	0,3897	0,6103	149345,96	0,00052415
52100	-0,2970341	0,3897	0,6103	149345,96	0,00052380
52200	-0,2921648	0,3936	0,6064	147866,16	0,00052499
52300	-0,2872955	0,3936	0,6064	147866,16	0,00052463
52400	-0,2824262	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052579
52500	-0,2775568	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052544
52600	-0,2726875	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052509
52700	-0,2678182	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052474
52800	-0,2629489	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052439
52850	-0,2605142	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052421
52860	-0,2600273	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052418
52870	-0,2595404	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052414
52880	-0,2590534	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052411
52890	-0,2585665	0,3974	0,6026	146452,24	0,00052407
52900	-0,2580796	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052560
52910	-0,2575927	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052556
52920	-0,2571057	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052553
52930	-0,2566188	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052549
52940	-0,2561319	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052546
52950	-0,2556449	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052542
52960	-0,2551580	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052539
52970	-0,2546711	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052535
52980	-0,2541841	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052532
52990	-0,2536972	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052528
53000	-0,2532103	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052525
53010	-0,2527233	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052521
53020	-0,2522364	0,4013	0,5987	145028,96	0,00052518

Dimana:

$$\begin{aligned}
F(tp) &= \Phi\left(\frac{tp-\mu}{\sigma}\right) \\
F(52890) &= \Phi\left(\frac{52890-58.200.120}{20.536,766}\right) \\
F(52890) &= \Phi -0,2585665 = 0,3974 \\
R(tp) &= 1\Phi\left(\frac{52890-58.200.120}{20.536,766}\right) \\
R(52890) &= 1- 0,3974 = 0,6026 \\
M(tp) &= \frac{MTTF}{F(tp)} \\
M(52890) &= \frac{58.200.120}{0,3974} = 146452,24 \\
D(tp) &= \frac{Tp*R(tp)+Tf*(1-R(tp))}{(tp+Tp)*R(tp)+M(tp)+Tf*(1-R(tp))} \\
D(52890) &= \frac{43,931*0,6026+52,229*(1-0,6026)}{(52890+43,931)*0,6026+146452,24+52,229*(1-0,6026)} \\
D(52890) &= 0,00052407 \\
A(tp) &= 1-D(tp) \\
A(52890) &= 1- 0,00052407 = 0,99947582 \\
T(Age Replacement) &= 52890Km
\end{aligned}$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen Roda**

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen roda berdasarkan jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

- 1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh**

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = 19,525 x 468,6 = 9.149,415Km/bulan

- 2. Jumlah Kerusakan**

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 4 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 2,742 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 53,538 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{53,538}{9149,415} = 0,00585$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00585} = 170,940 \text{ Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

$$\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)} = 100 \text{ menit} = 1,67 \text{ jam} \times 19,525$$

$$\text{Km/Jam} = 32,607 \text{ Km}$$

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{32,607}{9149,415} = 0,0035$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0035} = 285,714 \text{ Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,167 \times 285,714}{170,940}} = 0,528$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$K_{mi} = \frac{9149,415}{0,528} = 17.328,438 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,167}{0,528 \times 170,940} + \frac{0,528}{285,714}$$

$$D(n) = 0,00369828779$$

9. Perhitungan *availability* (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00369828779 = 0,99630171221$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen Baterai**

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen baterai berdasarkan

jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = $19,525 \times 468,6 = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$

2. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 4 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 2,372 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 46,313 \text{ Km}$$

Jarak tempuh perbulan (km) = 9.149,415Km/bulan

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{46,313}{9149,415} = 0,00506$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00506} = 197,491\text{Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi) = 100 menit = 1,67 jam x 19,525

Km/Jam = 32,607Km

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{32,607}{9149,415} = 0,0035$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0035} = 285,714\text{Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,167 \times 285,714}{197,491}} = 0,492$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$Kmi = \frac{9149,415}{0,492} = 18.614,140 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,167}{0,492 \times 197,491} + \frac{0,492}{285,714}$$

$$D(n) = 0,00344071748$$

9. Perhitungan availability (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00344071748 = 0,99655928252$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen Radiator**

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen radiator berdasarkan jarak operasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

- 1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh**

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = $19,525 \times 468,6 = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$

- 2. Jumlah Kerusakan**

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 4 kali

- 3. Rata-Rata Kerusakan (K)**

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

- 4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)**

$$MTTR = 1,945 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 37,976 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{37,976}{9149,415} = 0,00415$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00415} = 240,925 \text{ Km}$$

- 5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)**

$$\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)} = 90 \text{ menit} = 1,5 \text{ jam} \times 19,525$$

$$\text{Km/Jam} = 29,288 \text{ Km}$$

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{29,288}{9149,415} = 0,0032$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0032} = 312,50 \text{ Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,167 \times 312,50}{240,925}} = 0,465$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$Kmi = \frac{9149,415}{0,465} = 19.658,529 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,167}{0,465 \times 240,925} + \frac{0,465}{312,50}$$

$$D(n) = 0,00297867048$$

9. Perhitungan *availability* (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00297867048 = 0,99702132952$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen *Fuel Pump***

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen *fuel pump* berdasarkan jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = $19,525 \times 468,6 = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$

2. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 4 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 2,182 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,604 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{42,604}{9149,415} = 0,00466$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00466} = 214,757 \text{ Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

$$\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)} = 100 \text{ menit} = 1,67 \text{ jam} \times 19,525$$

$$\text{Km/Jam} = 32,607 \text{ Km}$$

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{32,607}{9149,415} = 0,0035$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0035} = 285,714 \text{ Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,167 \times 285,714}{214,757}} = 0,471$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$Kmi = \frac{9149,415}{0,471} = 19.410,780 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,167}{0,471 \times 214,757} + \frac{0,471}{285,714}$$

$$D(n) = 0,00329950607$$

9. Perhitungan *availability* (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00329950607 = 0,99670049393$$

• Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen Komutator

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen komutator berdasarkan jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = 19,525 x 468,6 = 9.149,415Km/bulan

2. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 4 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 1,806 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 35,262 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{35,262}{9149,415} = 0,00385$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00385} = 259,468 \text{ Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

$$\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)} = 90 \text{ menit} = 1,5 \text{ jam} \times 19,525$$

$$\text{Km/Jam} = 29,288 \text{ Km}$$

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{29,288}{9149,415} = 0,0032$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0032} = 312,50 \text{ Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,167 \times 312,50}{259,468}} = 0,448$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$K_{mi} = \frac{9149,415}{0,448} = 20.401,025 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,167}{0,448 \times 259,468} + \frac{0,448}{312,50}$$

$$D(n) = 0,00287026216$$

9. Perhitungan *availability* (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00287026216 = 0,99712973784$$

$$A(tp) = 1 - 0,00297867048 = 0,99702132952$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen *Carbon Brush***

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen *carbon brush* berdasarkan jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = $19,525 \times 468,6 = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$

2. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 3 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{3}{24} = 0,125 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 2,161 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 42,193 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{42,193}{9149,415} = 0,00461$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00461} = 216,844 \text{ Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

$$\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)} = 100 \text{ menit} = 1,67 \text{ jam} \times 19,525$$

$$\text{Km/Jam} = 32,607 \text{ Km}$$

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{32,607}{9149,415} = 0,0035$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0035} = 285,714 \text{ Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,125 \times 285,714}{216,844}} = 0,406$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$Kmi = \frac{9149,415}{0,406} = 22.544,794 \text{ Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,125}{0,406 \times 216,844} + \frac{0,406}{285,714}$$

$$D(n) = 0,00284083214$$

9. Perhitungan *availability* (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00284083214 = 0,996715916786$$

- **Perhitungan Jarak Pemeriksaan Optimal Komponen Diesel**

Perhitungan jarak pemeriksaan optimal pada komponen diesel berdasarkan jarak oprasional lokomotif yang ada dapat diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Rata-Rata Jarak Yang Ditempuh

Jarak tempuh perjam adalah 19,525 Km/Jam

Jarak tempuh dalam sehari 468,6 Km/hari

Jumlah jarak tempuh perbulan = $19,525 \times 468,6 = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$

2. Jumlah Kerusakan

Jumlah kerusakan komponen roda selama 2 tahun = 5 kali

3. Rata-Rata Kerusakan (K)

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan selama 2 tahun}}{24 \text{ bulan}}$$

$$k = \frac{5}{24} = 0,208 \text{ kerusakan}$$

4. Rata-Rata Jarak Yang Dibutuhkan Untuk Melakukan Perbaikan (μ)

$$MTTR = 2,675 \text{ Jam} \times 19,525 \text{ Km/Jam} = 52,229 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak tempuh perbulan (km)} = 9.149,415 \text{ Km/bulan}$$

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jarak tempuh Perbulan}} = \frac{52,229}{9149,415} = 0,00571$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0,00571} = 175,178 \text{Km}$$

5. Rata-Rata Jarak Melakukan Pemeriksaan (i)

Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi) = 100 menit = 1,67 jam x 19,525

Km/Jam = 32,607Km

$$1/i = \frac{\text{Rata-rata 1 kali pemeriksaan (kmi)}}{\text{Jarak tempuh perbulan (km)}}$$

$$1/i = \frac{32,607}{9149,415} = 0,0035$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,0035} = 285,714 \text{Km}$$

6. Perhitungan frekuensi (n) dan Intervar Jarak Pemeriksaan (kmi)

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

$$n = \sqrt{\frac{0,208 \times 285,714}{175,178}} = 0,582$$

7. Kmi = Interval Jarak Pemeriksaan

$$Kmi = \frac{\text{Jarak tempuh perbulan}}{n}$$

$$Kmi = \frac{9149,415}{0,582} = 15.708,535 \text{Km}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime (D)

$$D(n) = \frac{k}{n \times \mu} + \frac{n}{i}$$

$$D(n) = \frac{0,208}{0,339 \times 175,178} + \frac{0,339}{285,714}$$

$$D(n) = 0,00469129574$$

9. Perhitungan availability (A)

$$A(tp) = 1 - D(tp)$$

$$A(tp) = 1 - 0,00469129574 = 0,99530870426$$

- **Perhitungan Biaya *Corrective* dan *Preventive Maintenance***

1. Komponen Roda

Tabel 43 Biaya Perbaikan Pada Komponen Roda

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 47.421.197
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.500.673
Total Biaya		Rp. 49.001.870

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 53,538 \text{ Km}$$

$$T_p = 42,369 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned} C_f &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f \\ &= \text{Rp. } 47.421.197 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.500.673) \times 53,538 \\ &= \text{Rp. } 2.623.462.116,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p \\ &= \text{Rp. } 47.421.197 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.500.673) \times 42,369 \\ &= \text{Rp. } 2.076.160.230,03 \end{aligned}$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

- 1) Biaya *corrective maintenance*

$$K_f = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

$$\begin{aligned} TC(tp) &= C_f \times K_f = 2.623.462.116,06 \times 0,167 \\ &= \text{Rp. } 438.118.173,382 \text{ /bulan} \end{aligned}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

Age Replacement (tp)= 21039Km

$$C_p = \text{Rp. } 2.076.160.230,03$$

$$C_f = \text{Rp. } 2.623.462.116,06$$

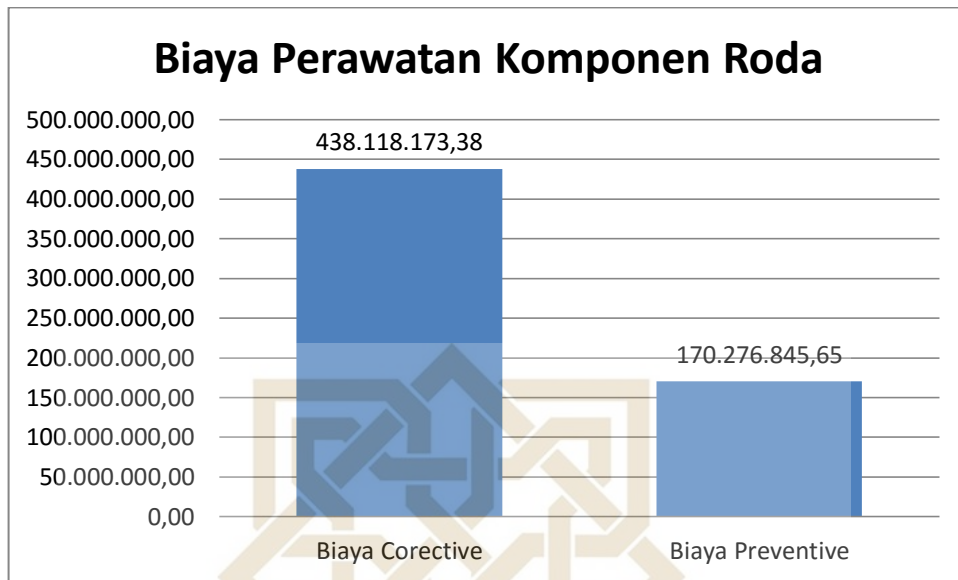
$$R(T_p) = 0,6026$$

$$M(T_p) = 119091,63$$

$$\begin{aligned} TC(T_p) &= \frac{[2.076.160.230,03 \times 0,6026] + [2.623.462.116,06 (1-0,6026)]}{0,6026 + [119091,63 \times (1-0,6026)]} \\ &= \frac{\text{Rp. } 2.293.657.999,54}{\text{Rp. } 47.327,616} \\ &= \text{Rp. } 48.463,417 \times 21039 \times 0,167 \\ &= \text{Rp. } 170.276.845,654/\text{bulan} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 21039$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 267.841.327,73 atau 61% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Gambar 12 Perbandingan Biaya Perawatan Roda

2. Komponen Baterai

Tabel 44 Biaya Perbaikan Pada Komponen Baterai

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 19.515.223
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.324.611
Total Biaya		Rp. 20.919.834

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 46,313 \text{ Km}$$

$$T_p = 39,05 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned}
 C_f &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f \\
 &= \text{Rp. } 19.515.223 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.324.611) \times 46,313 \\
 &= \text{Rp. } 968.860.272,042
 \end{aligned}$$

$$C_p = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p$$

$$= \text{Rp. } 19.515.223 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.324.611) \times 39,05$$

$$= \text{Rp. } 816.919.517,700$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$K_f = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

$$TC(tp) = C_f \times K_f = 968.860.272,042 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 161.799.665,431/\text{bulan}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 75958 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 816.919.517,700$$

$$C_f = \text{Rp. } 968.860.272,042$$

$$R(T_p) = 0,6026$$

$$M(T_p) = 203656,99$$

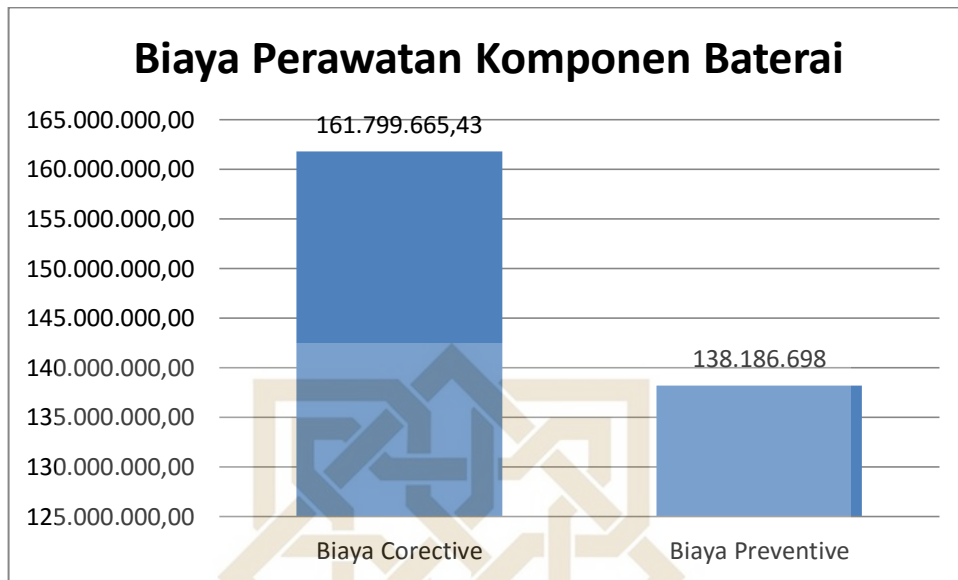
$$TC(T_p) = \frac{[816.919.517,700 \times 0,6026] + [968.860.272,042 (1 - 0,6026)]}{0,6026 + [203656,99 \times (1 - 0,6026)]}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 877.300.775,463}{\text{Rp. } 80.933,890}$$

$$= \text{Rp. } 10.893,721 \times 75958 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 138.186.698,373/\text{bulan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 75958$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 23.612.967,058 atau 15% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 19 Perbandingan Biaya Perawatan Baterai

3. Komponen Radiator

Tabel 45 Biaya Perbaikan Pada Komponen Radiator

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 12.116.009
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.090.828
Total Biaya		Rp. 13.286.837

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 37,976 \text{ Km}$$

$$T_p = 26,027 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned}
 C_f &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f \\
 &= \text{Rp. } 12.116.009 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.090.828) \times 37,976 \\
 &= \text{Rp. } 504.580.921,912
 \end{aligned}$$

$$C_p = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p$$

$$= \text{Rp. } 12.116.009 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.090.828) \times 26,027$$

$$= \text{Rp. } 345.816.506,599$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$K_f = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

$$TC(tp) = C_f \times K_f = 504.580.921,912 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 84.265.012,304/\text{bulan}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 73547 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 345.816.506,599$$

$$C_f = \text{Rp. } 504.580.921,912$$

$$R(Tp) = 0,6026$$

$$M(Tp) = 189695,22$$

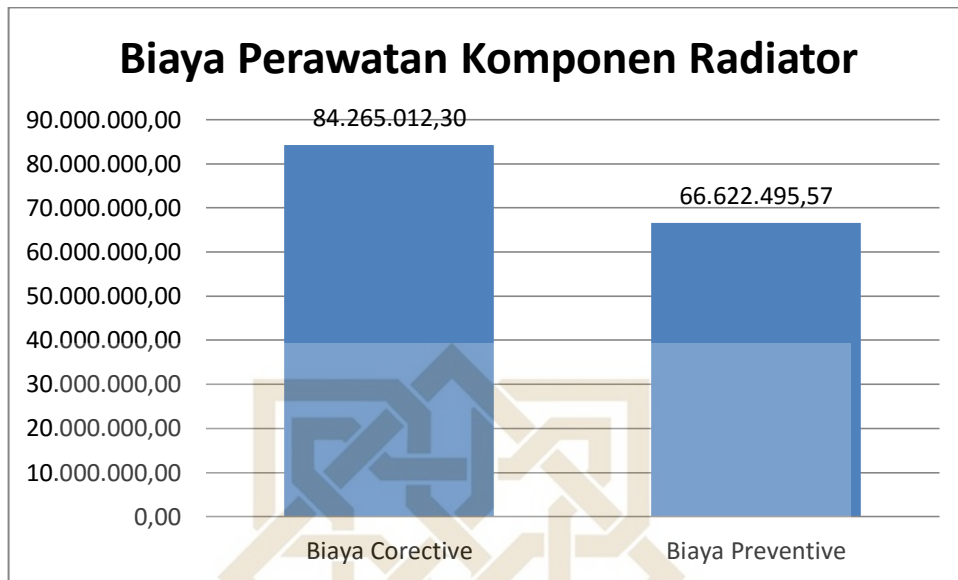
$$TC(Tp) = \frac{[345.816.506,599 \times 0,6026] + [504.580.921,912(1-0,6026)]}{0,6026 + [189695,22 \times (1-0,6026)]}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 408.909.485,244}{\text{Rp. } 75.385,483}$$

$$= \text{Rp. } 5.424,247 \times 73547 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 66.622.495,570/\text{bulan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 73547$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 17.642.516,734 atau 21% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 21 Perbandingan Biaya Perawatan Radiator

4. Komponen *Fuel Pump*

Tabel 46 Biaya Perbaikan Pada Komponen *Fuel Pump*

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 9.507.819
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.890.958
Total Biaya		Rp. 11.478.777

Penentuan biaya siklus *failure* (C_f) dan siklus *Preventive* (C_p)

$$T_f = 42,604 \text{ Km}$$

$$T_p = 42,369 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned}
 C_f &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f \\
 &= \text{Rp. } 9.507.819 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 42,604 \\
 &= \text{Rp. } 489.041.815,308
 \end{aligned}$$

$$C_p = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p$$

$$= \text{Rp. } 9.507.819 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 42,369$$

$$= \text{Rp. } 486.344.302,713$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$K_f = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

$$TC(tp) = C_f \times K_f = 489.041.815,308 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 81.669.983,156/\text{bulan}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 72090 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 486.344.302,713$$

$$C_f = \text{Rp. } 489.041.815,308$$

$$R(Tp) = 0,6026$$

$$M(Tp) = 193677,78$$

$$TC(Tp) = \frac{[486.344.302,713 \times 0,6026] + [489.041.815,308(1-0,6026)]}{0,6026 + [193677,78 \times (1-0,6026)]}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 487.416.294,218}{\text{Rp. } 76.968,152}$$

$$= \text{Rp. } 6.332,701 \times 72090 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 76.239.577,489/\text{bulan}$$

$$= \text{Rp. } 76.239.577,489/\text{bulan}$$

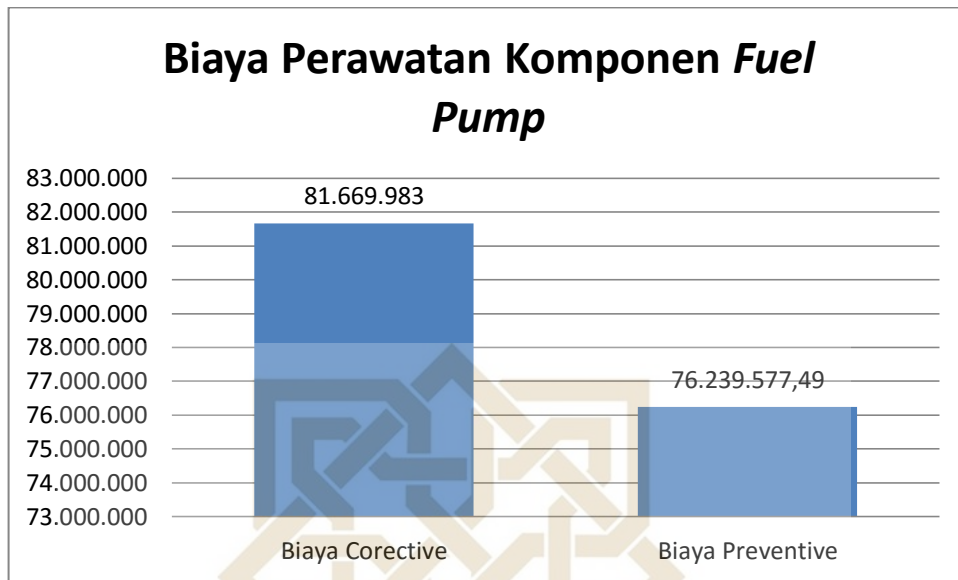
Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance*

dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 72090$ maka diperoleh

penghematan biaya sebesar Rp. 5.430.405,667 atau 7% bila dibandingkan

dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya

perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 21 Perbandingan Biaya Perawatan *Fuel Pump*

5. Komponen Komutator

Tabel 47 Biaya Perbaikan Pada Komponen Komutator

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 8.764.238
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.890.958
Total Biaya		Rp. 10.735.196

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 32,262 \text{ Km}$$

$$T_p = 34,169 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned}
 C_f &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f \\
 &= \text{Rp. } 8.764.238 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 32,262 \\
 &= \text{Rp. } 346.338.893,352
 \end{aligned}$$

$$C_p = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p$$

$$= \text{Rp. } 8.764.238 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 34,169$$

$$= \text{Rp. } 366.810.912,124$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$K_f = \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{4}{24} = 0,167 \text{ kerusakan}$$

$$\begin{aligned} TC(tp) &= C_f \times K_f = \text{Rp. } 346.338.893,352 \times 0,167 \\ &= \text{Rp. } 57.838.595,190/\text{bulan} \end{aligned}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 57218 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 366.810.912,124$$

$$C_f = \text{Rp. } 346.338.893,352$$

$$R(Tp) = 0,6026$$

$$M(Tp) = 194983,94$$

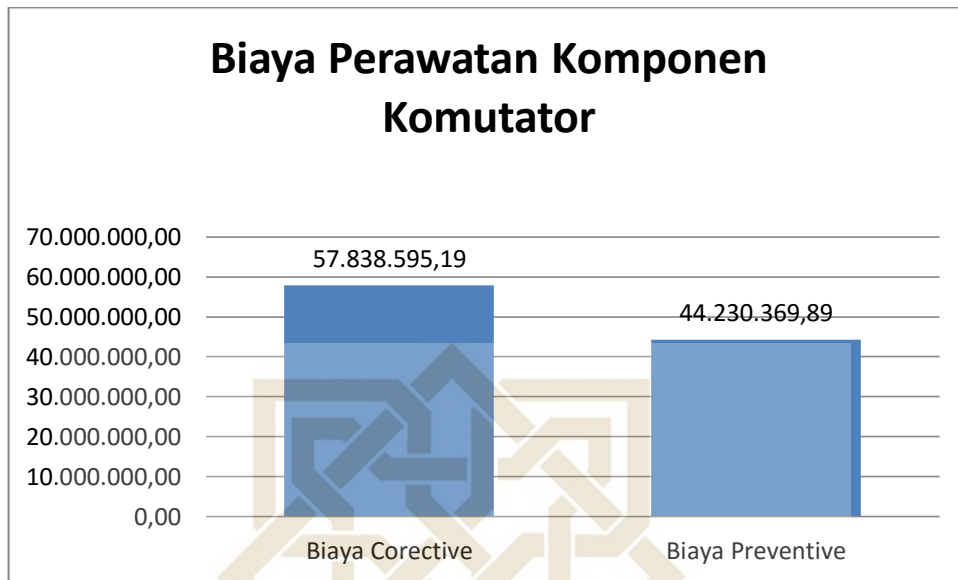
$$TC(Tp) = \frac{[366.810.912,124 \times 0,6026] + [346.338.893,352(1-0,6026)]}{0,6026 + [194983,94 \times (1-0,6026)]}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 358.675.331,864}{\text{Rp. } 77.487,220}$$

$$= \text{Rp. } 4.628,832 \times 57218 \times 0,167$$

$$= \text{Rp. } 44.230.369,891/\text{bulan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 57218$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 13.608.225,299 atau 24% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 22 Perbandingan Biaya Perawatan Komutator

6. Komponen *Carbon Brush*

Tabel 48 Biaya Perbaikan Pada Komponen *Carbon Brush*

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 8.287.562
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 1.890.958
Total Biaya		Rp. 10.258.520

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 42,194 \text{ Km}$$

$$T_p = 32,548 \text{ Km}$$

$$C_f = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f$$

$$= \text{Rp. } 8.287.562 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 42,194$$

$$= \text{Rp. } 432.847.992,880$$

$$\begin{aligned}
C_p &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p \\
&= \text{Rp. } 8.287.562 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 1.890.958) \times 32,548 \\
&= \text{Rp. } 333.894.308,960
\end{aligned}$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$\begin{aligned}
K_f &= \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{3}{24} = 0,125 \text{ kerusakan} \\
TC(tp) &= C_f \times K_f = \text{Rp. } 432.847.992,880 \times 0,125 \\
&= \text{Rp. } 54.105.999,110/\text{bulan}
\end{aligned}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 96569 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 333.894.308,960$$

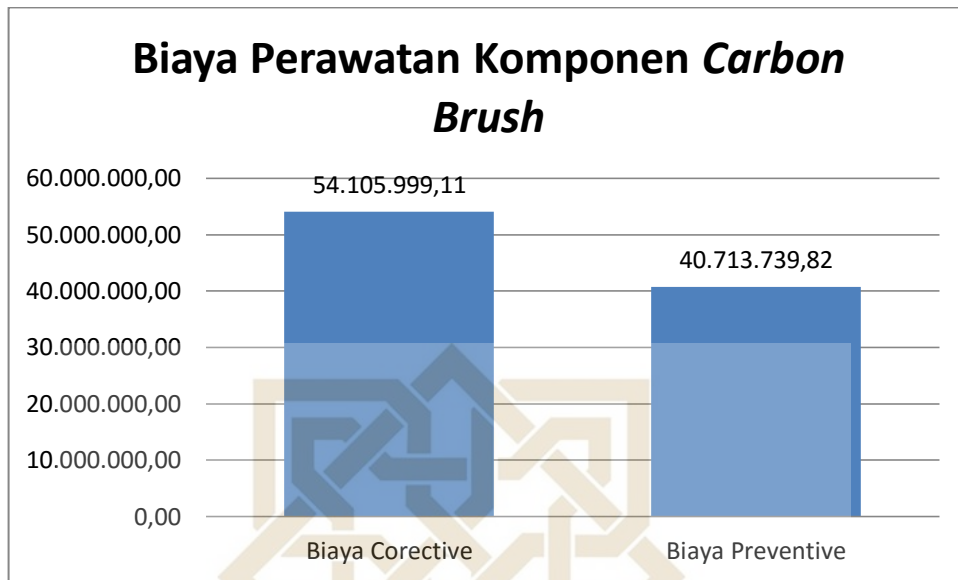
$$C_f = \text{Rp. } 432.847.992,880$$

$$R(T_p) = 0,6026$$

$$M(T_p) = 278445,17$$

$$\begin{aligned}
TC(T_p) &= \frac{[333.894.308,960 \times 0,6026] + [432.847.992,880(1-0,6026)]}{0,6026 + [278445,17 \times (1-0,6026)]} \\
&= \frac{\text{Rp. } 373.218.502,950}{\text{Rp. } 110.654,713} \\
&= \text{Rp. } 3.372,821 \times 96569 \times 0,125 \\
&= \text{Rp. } 40.713.739,820/\text{bulan}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 96569$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 13.392.259,290 atau 25% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 23 Perbandingan Biaya Perawatan *Carbon Brush*

7. Komponen Diesel

Tabel 49 Biaya Perbaikan Pada Komponen Diesel

No	Keterangan	Biaya
1	Biaya komponen pengganti	Rp. 7.879.245
2	Biaya mekanik per jam (19,525Km/Jam (4 orang))	Rp. 80.000
3	Biaya pelumas	Rp. 2.290.636
Total Biaya		Rp. 10.249.881

Penentuan biaya siklus *failure* (Cf) dan siklus *Preventive* (Cp)

$$T_f = 52,229 \text{ Km}$$

$$T_p = 43,931 \text{ Km}$$

$$C_f = \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_f$$

$$= \text{Rp. } 7.879.245 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 2.290.636) \times 52,229$$

$$= \text{Rp. } 535.341.034,749$$

$$\begin{aligned}
C_p &= \text{Biaya komponen} + (\text{Biaya mekanik} + \text{Biaya pelumas}) \times T_p \\
&= \text{Rp. } 7.879.245 + (\text{Rp. } 80.000 + \text{Rp. } 2.290.636) \times 43,931 \\
&= \text{Rp. } 450.287.522,211
\end{aligned}$$

Biaya *preventive* dan biaya *corrective maintenance*

1) Biaya *corrective maintenance*

$$\begin{aligned}
K_f &= \frac{\text{jumlah frekuensi kerusakan}}{\text{jumlah bulan}} = \frac{5}{24} = 0,208 \text{ kerusakan} \\
TC(tp) &= C_f \times K_f = \text{Rp. } 535.341.034,749 \times 0,208 \\
&= \text{Rp. } 111.350.935,228/\text{bulan}
\end{aligned}$$

2) Biaya *preventive maintenance*

$$\text{Age Replacement (tp)} = 52860 \text{ Km}$$

$$C_p = \text{Rp. } 450.287.522,211$$

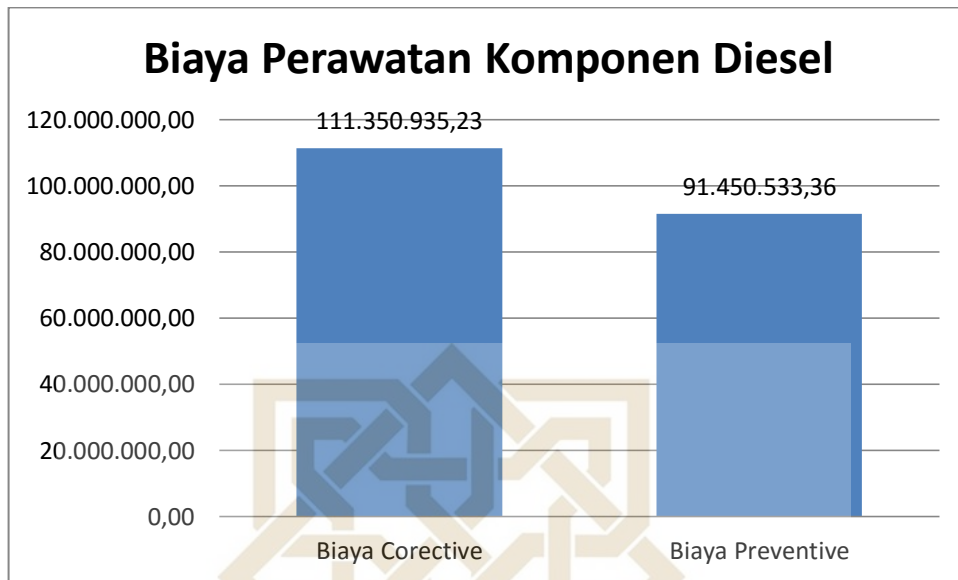
$$C_f = \text{Rp. } 535.341.034,749$$

$$R(T_p) = 0,6026$$

$$M(T_p) = 146452,24$$

$$\begin{aligned}
TC(T_p) &= \frac{[450.287.522,211 \times 0,6026] + [535.341.034,749(1-0,6026)]}{0,6026 + [146452,24 \times (1-0,6026)]} \\
&= \frac{\text{Rp. } 484.087.788,094}{\text{Rp. } 58.200,723} \\
&= \text{Rp. } 8.317,556 \times 52860 \times 0,208 \\
&= \text{Rp. } 91.450.533,356/\text{bulan}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *preventive maintenance* dengan waktu penggantian komponen pada saat $tp = 52860$ maka diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 19.900.401,872 atau 18% bila dibandingkan dengan biaya *corrective maintenance*, seperti gambar grafik biaya perawatan komponen roda dibawah ini:



Gambar 24 Perbandingan Biaya Perawatan Diesel

Lampiran 4. Tabel Standar Distribusi (Z) dan tabel Gamma

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

Tabel Sebaran Peluang Kumulatif Normal Z

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,6	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
-3,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359

Wilaya : Tabel Statistika

1

Gambar 25 Tabel Distribusi Normal (Z)

Sumber: Montgomery (2003. Hlm. 638)

Tabel Sebaran Peluang Kumulatif Normal Z

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

Gambar 26 Tabel Distribusi Normal (Z)

Sumber: Montgomery (2003. Hlm. 639)

1. Tabel Fungsi Gamma

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.01	0.99433	1.51	0.88659	2.01	1.00427	2.51	1.33875
1.02	0.98884	1.52	0.88704	2.02	1.00862	2.52	1.34830
1.03	0.98355	1.53	0.88757	2.03	1.01306	2.53	1.35798
1.04	0.97844	1.54	0.88818	2.04	1.01758	2.54	1.36779
1.05	0.97350	1.55	0.88887	2.05	1.02218	2.55	1.37775
1.06	0.96874	1.56	0.88964	2.06	1.02687	2.56	1.38784
1.07	0.96415	1.57	0.89049	2.07	1.03164	2.57	1.39807
1.08	0.95973	1.58	0.89142	2.08	1.03650	2.58	1.40844
1.09	0.95546	1.59	0.89243	2.09	1.04145	2.59	1.41896
1.10	0.95133	1.60	0.89352	2.10	1.04649	2.60	1.42962
1.11	0.94740	1.61	0.89468	2.11	1.05161	2.61	1.44044
1.12	0.94359	1.62	0.89592	2.12	1.05682	2.62	1.45140
1.13	0.93993	1.63	0.89724	2.13	1.06212	2.63	1.46251
1.14	0.93642	1.64	0.89864	2.14	1.06751	2.64	1.47377
1.15	0.93304	1.65	0.90012	2.15	1.07300	2.65	1.48519
1.16	0.92980	1.66	0.90167	2.16	1.07857	2.66	1.49677
1.17	0.92670	1.67	0.90330	2.17	1.08424	2.67	1.50851
1.18	0.92373	1.68	0.90500	2.18	1.09000	2.68	1.52040
1.19	0.92089	1.69	0.90678	2.19	1.09585	2.69	1.53246
1.20	0.91817	1.70	0.90864	2.20	1.10180	2.70	1.54469
1.21	0.91558	1.71	0.91057	2.21	1.10785	2.71	1.55708
1.22	0.91311	1.72	0.91258	2.22	1.11399	2.72	1.56964
1.23	0.91075	1.73	0.91467	2.23	1.12023	2.73	1.58237
1.24	0.90852	1.74	0.91683	2.24	1.12657	2.74	1.59528
1.25	0.90640	1.75	0.91906	2.25	1.13300	2.75	1.60836
1.26	0.90440	1.76	0.92137	2.26	1.13954	2.76	1.62162
1.27	0.90250	1.77	0.92376	2.27	1.14618	2.77	1.63506
1.28	0.90072	1.78	0.92623	2.28	1.15292	2.78	1.64868
1.29	0.89904	1.79	0.92877	2.29	1.15976	2.79	1.66249
1.30	0.89747	1.80	0.93138	2.30	1.16671	2.80	1.67649
1.31	0.89600	1.81	0.93408	2.31	1.17377	2.81	1.69068
1.32	0.89464	1.82	0.93685	2.32	1.18093	2.82	1.70506
1.33	0.89338	1.83	0.93969	2.33	1.18819	2.83	1.71963
1.34	0.89222	1.84	0.94261	2.34	1.19557	2.84	1.73441
1.35	0.89115	1.85	0.94560	2.35	1.20305	2.85	1.74938
1.36	0.89018	1.86	0.94869	2.36	1.21065	2.86	1.76456
1.37	0.88931	1.87	0.95184	2.37	1.21836	2.87	1.77994
1.38	0.88854	1.88	0.95507	2.38	1.22618	2.88	1.79553
1.39	0.88785	1.89	0.95838	2.39	1.23412	2.89	1.81134
1.40	0.88726	1.90	0.96177	2.40	1.24217	2.90	1.82736
1.41	0.88676	1.91	0.96523	2.41	1.25034	2.91	1.84359
1.42	0.88636	1.92	0.96877	2.42	1.25863	2.92	1.86005
1.43	0.88604	1.93	0.97240	2.43	1.26703	2.93	1.87673
1.44	0.88581	1.94	0.97610	2.44	1.27556	2.94	1.89363
1.45	0.88566	1.95	0.97988	2.45	1.28421	2.95	1.91077
1.46	0.88560	1.96	0.98374	2.46	1.29298	2.96	1.92814
1.47	0.88563	1.97	0.98769	2.47	1.30188	2.97	1.94574
1.48	0.88575	1.98	0.99171	2.48	1.31091	2.98	1.96358
1.49	0.88595	1.99	0.99581	2.49	1.32006	2.99	1.98167
1.50	0.88623	2.00	1.00000	2.50	1.32934	3.00	2.00000

Gambar 27 Tabel Distribusi Gamma

Sumber: Ebeling (1997)

Lampiran 6 Glosarium

- S = Tingkat Keparahan (*Severity*).
- O = Tingkat Kejadian (*Occurance*).
- D = Tingkat deteksi (*Detection*).
- r = nilai *index of fit* atau koefesien korelasi.
- T = *Age Replacement* (Penggantian Pencegahan).
- n = Jumlah pemeriksaan persatuan waktu.
- TTF = Selang jarak perbaikan.
- TTR = Selang jarak perbaikan.
- MTTF = Rata-rata selang jarak antar terjadinya kerusakan.
- MTTR = Rata-rata jarak perbaikan (*repair*).
- C(tp) = Total biaya persatuan jarak penggantian dilakukan dalam interval (tp).
- Cf = Biaya siklus berdasarkan kerusakan (*failure cost*).
- Cp = Biaya siklus berdasarkan pemeliharaan (*preventive cost*).
- Tf = Jarak standar perbaikan kerusakan.
- Tp = Jarak standar pemeliharaan penggantian.
- R(tp) = Nilai keandalan (*Reliability*) pada saat tp.
- M(tp) = Nilai rata-rata jarak terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan paa saat tp.
- TP = Interval jarak penggantian pencegahan.
- F(tp) = Fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi.
- D(tp) = *Breakdown time (Downtime)* persatuan waktu pada saat tp.
- A(tp) = Nilai tingkat ketersediaan (*Availability*) pada saat tp.
- Tp+tp = Panjang siklus berdasarkan pencegahan.
- M(tp)+Tf = Panjang siklus berdasarkan kerusakan.

14 Januari 2020

LEMBAR BRAINTORMING FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

Nama Responden : Bersama Bapak ^{Utihyu} dan Bapak Ibnu
Jabatan : Kepala ruas LOSD , Kepala ruas administrasi juga masinis dari tahun 1999
Lama Kerja : 2001 , 9 tahun masinis

Berdasarkan data kegagalan pada lokomotif CC 204 seri 0304 ada beberapa kegagalan menyebabkan lokomotif mengalami gangguan pada saat beroperasi yaitu: lokomotif tidak bisa dimatikan, lokomotif tidak dapat di start dan tenaga lemah, *locotrack* mati, *speedometer* mati, baut patah, dan roda benjol. Maka dari itu saya ingin mengetahui penyebab dari gelalan komponen tersebut.

1. Apa penyebab lokomotif gagal start atau mengalami tenaga lemah dan komponen apa saja yang mengalami gangguan?

1. Fuel pump (alat pemompa bahan bakar)
2. Komutator (biasanya putus / banyak debu)
3. Baterai rusak / energi listrik habis / elemen sel rusak
4. Carbon brush pendek sehingga cepat mati
5. Radiator habis / panas / kering

2. Apa penyebab lokomotif tidak dapat dimatikan dan komponen apa saja yang mengalami kegagalan?

1. Busi Panas yang sangat tinggi sehingga menghasilkan api yang cukup besar
2. Dinamo Panas karena tidak terendam
↳ suply api yang tinggi
3. Adanya kerak dalam mesin sehingga bisa terbakar

3. Apa penyebab *locotrack* mati dan komponen apa saja yang mengalami gangguan?

hilangnya sinyal / Led mati.

4. Apa yang menyebabkan *speedometer* mati dan komponen apa saja yang mengalami kegagalan?

- ↳ Kabel putus (kara, putus, tertekuk)
- ↳ Gearbox rusak (pecah, aus)
- ↳ Jarum speedometer patah (getaran)
- ↳ Speedometer pecah kaca

5. Apa yang menyebabkan baut patah dan komponen apa saja yang mengalami kegagalan?

Karena getaran yang keras.

6. Apa yang menyebabkan roda benjol dan komponen apa saja yang mengalami gangguan?

Basanya karena rem yang tidak stabil / bisa juga karena tekanan dari gerbong.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA

LEMBAR BRAINSTORMING ANALYTIC HIERARCHI PROCESS (AHP)

Nama Responden : Bersama bapak Ibnu

Jabatan : Kep. Ruas Administrasi

Lama Kerja : dari 1994

1. ~~Kriteria~~ ^{Faktor} apa saja yang dipertimbangan perusahaan mengenai kegagalan komponen lokomotif?

tingkat bahaya → bisa mencelakakan penumpang, masinis, dan lingkungan sekitar
 " biaya → setiap kerusakan ada anggarannya jadi kalau harus bisa kurang dari anggaran
 " Kesulitan → semakin parah kegagalan semakin lama perbaikan.

2. Dari ~~kriteria~~ ^{Faktor} tersebut kriteria apa yang paling diutamakan atau diprioritaskan?

↳ Tingkat bahaya karena berefek ke biaya juga ke tingkat kesulitan
 ↳ Tingkat kesulitan → berefek ke biaya yang akan mahal dan harus teliti agar tidak membahayakan
 ↳ Tingkat biaya → hanya dampak dari 2 faktor diatas

3. Dalam FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ada 3 jenis kriteria yang harus dilakukan pembobotan dalam AHP yaitu severity, occurrence, dan detection. Diantara ketiga kriteria tersebut mana yang paling penting untuk perbaikan komponen lokomotif? ^{↳ tingkat kejadian} ^{↳ tingkat keparahan berdasarkan efek yg ditimbulkan}
 severity lebih penting dari occurrence dan detection
 occurrence lebih penting dari detection

Kriteria	sev	occ	det
sev	1	4	4
occ	0.125	1	2
det	0.125	0.15	1

20 Januari 2020

LEMBAR BRAINSTORMING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Nama Responden : Besama Bapak Irena dan Bapak Andri
Jabatan : sbg Pelaksana Perencanaan
dari 2013
Lama Kerja :

FMEA WORKSHEET			Sistem: Sistem Operasi Lokomotif Jenis C 201 Seri 03							
No	Komponen	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev.	Potential Cause Of Failure	Occ.	Current Control	Det.	RPN
1.	Fuel Pump	Menganting bahan bakar	Pompa Panas	Lokomotif tidak dapat distart	4	Danamo tdk terdapat BBN	3	Penggantian komponen dan pengecekan busketa	5	

2.	Komutator	Search juga	segmen Ratus Komutator Kotor	Lokomotif tidak dapat distart	✓	Suhu sangat panas dan mesin juga panas	✓	"	5	
3.	Carbon brush		Pendek	Lokomotif tidak dapat distart	✓	Mengapa tidak bisa cepat habis	3	Jauh kompor	5	
4.	Radiator			Lokomotif tidak dapat distart						

		Air radiator habis, selang karet rusak, kotor	7	usia ya tua, xdk diak ruir	3	ganti dan cek ruir	4	
5.	Baterai	elemen sel rusak	7	5 "	4	ganti baterai	4	
6.	Baut	plat / bonnet	Komponen lokomotif lepas	4	gitaran yg kuras akibat tenaga yg kuat	penggantian komponen dan peng- gantian vertikal	6	
7.	Roda	sebagai penopang lokomotif, men- gontrol rem,	Booka kerat keras, men- tambalkan baning aseng,	9	Penggantian yg mandak sebagai roda	5 "	51	

dan menjaga
keselamatan way

mengakibatkan
kerusakan akibat

kawat memukul
tapi masih
ada dorongan
yg mengakibatkan
roda rusak

8.	Lokotrack	Menghentikan laju dan secara otomatis dan rinci tentang tingkat kecepatan lokomotif yg sedang dioperasikan oleh masinis di sepanjang lintasan kepada pusat pengendalian operasi	Lampu LED mati, masinis Alarm mati, signal tdk terkendali	tidak mengetahui accuracy	usia yg sudah lanjut dan menjadi konsekuensi	penggantian rutin dan keefektifan	2		
9.	Diesel		ECU diesel rusak	lokomotif tidak dpt dimatikan	7	usia yg sdh lama dan tidak ada pengasapan rutin	penggantian rutin dan ganti komponen	2	

10. Busi						kebocoran kompresi mesin, setelah bahan bakar tidak pas, korsleting pada jalur piringan, pemasangan yg tidak tepat	lokomotif tidak dapat dimatikan	7		~	$\times 2$	~	2	
11. Speedometre						pecah, jarum pecah (macet), Masinis tidak mengetahui dan memperkirakan laju kecepatan	3		~	~	1	~	2	
12. Gearbox						Gearbox rusak	~	3		gigi di dalam gearbox sdh kecil karena usia lama	1	~	2	

27 Januari 2020

LEMBAR BRAINSTORMING RCM (Reliability Centered Maintenance) II Decision Worksheet

Nama Responden : *Bersama Bapak Ibnu dan Bapak Andri*

Jabatan :

Lama Kerja :

RCM Decision Worksheet

Sistem: Sistem Operasi Lokomotif Jenis CC 201 Seri 03

Komponen	Information Reference			Consequence Evaluation			H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be Done by
	F	FF	FM	H	S	E	O	NI	NO	NO	H4	H5	S4			
Fuel Pump	1	1	1	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	Scheduled off	menemukan dan memeriksa komponen yang rusak	Mekanik
Commutator	1	1	1	N	-	-	-	X	-	-	-	-	-	1	1	1

[illegible]

Diesel	1	1	1	N	1	-	-	-	N	4	-	-	-	-	Restorasi	~	~
Busi	1	1	1	N	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	~	~	~
Speedometer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	~	~	~
Gearbox	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	~	~	~

CURRICULUM VITAE



Nama : Gaida Nafsiatul Mutmainnah Saepudin
NIM : 16660026
Tempat Tanggal Lahir: Ciamis, 28 Agustus 1998
Alamat : Rt02/Rw17, Dusun. Cisagu, Desa. Cibanten, Kecamatan. Cijulang,
Kabupaten. Pangandara, Provinsi Jawa Barat
Telepon : 08994541829
Alamat E-mail : gaidanafsiatul23@gmail.com

Data Pendidikan

TK = TK Al-Qur'an Ahsanul Husna
SD = SDN 2 Cibanten
SMP = MTs YPK Cijulang
SMA = MA YPK Cijulang
Perguruan Tinggi = UIN Sunan Kalijaga
Fakultas/Jurusan = Sains fan Teknologi/Teknik Industri