

**USULAN WAKTU PERAWATAN *PREVENTIVE* TERHADAP
KOMPONEN KRITIS DAN KEANDALAN MESIN UNTUK
MEMPERBAIKI KINERJA MESIN BUS DI PT. JOGJA TUGU TRANS**

TUGAS AKHIR

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

Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri



Nama : Tangguh Prihatmoko
No. Mahasiswa : 11522372

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

PENGAKUAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Yogyakarta, 28 Februari 2016




Tangguh Prihatmoko

11522372

SURAT KETERANGAN PENELITIAN



PT. JOGJA TUGU TRANS
(JTT)

DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Alamat : Jl. Raya Jogja - Wonosari Km 4,5 No. 24 B Yogyakarta, Telp./Fak. 0274 - 377767 Kode Pos 55198

SURAT KETERANGAN

Nomor : 019/JTT/E/I/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini Direktur SDM & Umum PT. Jogja Tugu Trans, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

N a m a : Tangguh Prihatmoko
No. Mhs. : 11522372
Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknologi Industri, Teknik Industri
PTN/PTS : Universitas Islam Indonesia

Telah selesai melakukan Pengambilan Data Tugas Kuliah di PT. Jogja Tugu Trans dengan Judul **"Usulan Jadwal Perawatan Preventive dan Keandalan Komponen Kritis Mesin Bus"**. Masa pengambilan data tanggal 19 Oktober 2015 s.d. 13 November 2015.

Demikian surat keterangan ini dibuat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 19 Januari 2016
Direktur SDM & Umum


H. Happy Christianto, SE.SH.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
USULAN WAKTU PERAWATAN *PREVENTIVE* TERHADAP
KOMPONEN KRITIS DAN KEANDALAN MESIN UNTUK
MEMPERBAIKI KINERJA MESIN BUS DI PT. JOGJA TUGU TRANS

TUGAS AKHIR



Nama : Tangguh Prihatmoko
No. Mahasiswa : 11522372

Yogyakarta, 29 Februari 2016

Dosen Pembimbing I

Ir. Sunaryo, MP

Dosen Pembimbing II

Muchammad Sugarindra, ST., MT

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

USULAN WAKTU PERAWATAN *PREVENTIVE* TERHADAP
KOMPONEN KRITIS DAN KEANDALAN MESIN UNTUK
MEMPERBAIKI KINERJA MESIN BUS DI PT. JOGJA TUGU TRANS

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Tangguh Prihatmoko

No. Mahasiswa : 11522372

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 24 Maret 2016

Tim Penguji

Ir. Sunarvo, MP

Ketua

Ir. Hudaya, MM

Penguji 1

Dian Janari, ST., MT

Penguji 2

Muchammad Sugarindra, ST., MT

Penguji 3

Mengetahui,

Kepala Program Studi Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur, Alhamdulillah kehadiran Allah *Subhanahu wata 'ala* atas rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan

Terima kasih untuk segala cinta, perhatian, doa dan dukungan dari orang-orang terdekat di hati:

.....

Bapak dan Ibu saya, Bapak Iskandar Ghozali dan Ibu Pintosih Sri Widayati

Atas segala cinta, kasih sayang, perhatian, doa, dukungan, bantuan serta fasilitas yang bapak dan ibu berikan selama ini. Kehadiran bapak dan Ibu dalam hidup penulis telah memberikan kebahagiaan dan kekuatan yang tak terhingga

Saudara tuaku, Mas Yuniarto Asyidiq dan Mas Satria Adi Saputra,

Atas segala doa, dukungan dan kasih sayang

Kawan-kawan seperjuangan Teknik Industri 2011,

Yang selalu memberikan dukungan baik moril

maupun materi, kegembiraan, dan persahabatan yang saya rasakan selama masa kuliah

Terimakasih untuk semua semangat, ilmu, pengalaman, dan bantuannya yang telah dibagikan.

HALAMAN MOTTO

وَاسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّهَا لَكَبِيرَةٌ إِلَّا عَلَى الْخَاشِعِينَ ﴿٤٥﴾

"Dan mintalah pertolongan (kepada Allah) dengan jalan sabar dan mengerjakan shalat, dan sesungguhnya shalat itu amatlah berat kecuali kepada orang-orang yang khusyu"

(QS. Al-Baqarah: 45)

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ, وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ
وَمَنْ أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

"Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya, dan barang siapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula, dan barangsiapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya pula".

(HR. Bukhari dan Muslim)

"Bersama kesulitan pasti ada kemudahan"

(Emha Ainun Najib)

"Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik."

(Evelyn Underhill)

"Dia yang tahu, tidak bicara. Dia yang bicara, belum tentu tahu."

(T)

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaykum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahuwwata 'Ala* yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “USULAN WAKTU PERAWATAN PREVENTIVE TERHADAP KOMPONEN KRITIS DAN KEANDALAN MESIN UNTUK MEMPERBAIKI KINERJA MESIN BUS” dengan tepat waktu. Shalawat dan salam selalu tercurah pada Rasulullah *Shollallohu'alaihi Wasallam*, sang revolusioner sejati, yang telah membimbing kita ke jalan yang di ridhoi-NYA, juga beserta para keluarga, sahabat, dan pengikut beliau.

Tugas Akhir merupakan salah satu prasyarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata-1 pada jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir ini dapat menjadi suatu kesempatan bagi mahasiswa untuk menjadi peneliti muda dan mengobati rasa penasaran yang dirasakan dengan mencoba menyelesaikan dan mencari solusi akan kegelisahan yang menjadi permasalahannya. Oleh karenanya, inilah kesempatan mahasiswa untuk dapat mengaplikasikan teori-teori, ilmu penegetahuan yang telah diperoleh dibangunku kuliah.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah meluangkan waktu dan perhatiannya, sehingga baik secara langsung maupun tidak langsung turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman, S.T, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri.

3. Bapak Ir. Sunaryo, MP, dan Bapak Muchammad Sugarindra, S.T., MT, selaku dosen pembimbing penulis.
4. Bapak H. Happy Christianto, SE. SH, selaku Direktur SDM dan Umum sekaligus mewakili PT. Jogja Tugu Trans atas pemberian izin melakukan penelitian di bus Trans Jogja.
5. Bapak Sigit SH, selaku Kepala bagian bengkel dan segenap Tenaga Kerja di bagian bengkel yang telah memberi izin dan bimbingan selama pengambilan data penelitian.
6. Bapak Iskandar Ghozali dan Ibu Pintosih Sri Widyawati, orang tua penulis yang telah menjadi sumber motivasi dan inspirasi bagi penulis, semoga mereka tetap sehat dan panjang umur. Aamiin
7. Mas Yuniarto A. dan Mas Satria A.S, kakak penulis atas semua kritik dan sarannya.
8. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu terima kasih atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak merupakan masukan yang sangat berguna bagi penulis untuk memperbaiki diri dan cara penulisan di waktu yang akan datang. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat. Aamiin.

Wassalamu'alaykum Warohmatullahi Wa barokaatuh

Yogyakarta, 20 Februari 2016

Penulis

ABSTRAK

Preventive maintenance dapat melakukan perawatan terhadap spare-part yang dimiliki perusahaan terutama yang memiliki laju / tingkat kerusakan yang tinggi, serta menjadwalkan penggantian spare-parts sehingga dapat meminimalisasi tingkat breakdown, semakin kecil tingkat kerusakan, maka keuntungan yang diharapkan akan semakin besar. PT. Jogja Tugu Trans selaku operator dari bus Trans Jogja telah menerapkan pemeliharaan dan perawatan mesin secara berkala berdasarkan jarak tempuh yaitu pada tiap 9000-10.000 kilometer, namun terdapat masalah dan ditemukan bahwa tingkat kerusakan mesin cukup sering terjadi. Sehingga perlu adanya revisi dan evaluasi terhadap sistem perawatan yang ada dengan cara memprediksikan waktu yang tepat dalam menentukan waktu perawatan mesin dan penggantian komponen mesin. Pada penelitian ini di gunakan model perawatan preventive dengan menentukan komponen kritis, Mean Time To Failure (MTTF) merupakan selang waktu kerusakan, Mean Time To Repair (MTTR) merupakan selang waktu perbaikan, interval perawatan penggantian preventive untuk menentukan waktu terbaik melakukan penggantian, Frekuensi dan Interval pemeriksaan untuk menentukan waktu pemeriksaan dan keandalan sebelum dan sesudah dilakukannya perawatan. Hasil penelitian menunjukan bahwa komponen kritis adalah kampas kopling dengan total downtime sebesar 1215 menit dan prosentasenya 25 % dari downtime kumulatif semua komponen. Kampas Kopling akan rusak setelah beroperasi selama 97 hari waktu penggantian dilakukan setelah beroperasi selama 83 hari dengan waktu perbaikan maksimal selama 2,5 jam. Pemeriksaan dilakukan setiap 31 hari atau 1 bulan sekali seteh pemeriksaan terakhir. pada waktu perawatan maksimal yaitu pada waktu 92895,26 menit nilai keandalan sebelum perawatan sebesar 0,425 dan sesudah dilakukan perawatan sebesar 0,486. Yang artinya dengan menerapkan usulan waktu perawatan preventive, adanya kenaikan tingkat keandalan sebesar 0,06 dan keandalan dapat terus terjaga pada tingkat yang tinggi dan mesin tersebut dapat kembali handal dalam operasinya.

Kata kunci : *Perawatan mesin, MTTF, MTTR, Penggantian, Pemeriksaan, Keandalan*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT KETERANGAN PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN LITERATUR	7

2.1	Penelitian Terdahulu	7
2.2	Kajian Induktif dan Deduktif	8
2.2.1	Pengertian Umum Perawatan.....	8
2.2.2	Tujuan Perawatan.....	9
2.2.3	Jenis – Jenis Perawatan.....	10
2.2.3.1	Perawatan Terencana	10
2.2.3.2	Perawatan Tidak Terencana.....	11
2.2.4	Komponen Kritis.....	11
2.2.5	Keandalan	12
2.2.6	Kerusakan	13
2.2.7	Fungsi Padat Probabilitas.....	13
2.2.8	Fungsi Distribusi Kumulatif	14
2.2.9	Laju Kerusakan	14
2.2.10	Distribusi Kerusakan.....	16
2.2.10.1	Distribusi Weibull.....	16
2.2.10.2	Distribusi Eksponensial	19
2.2.10.3	Distribusi Normal	21
2.2.10.4	Distribusi Lognormal.....	24
2.2.11	<i>Index Of Fit</i>	27
2.2.12	Uji Kecocokan Distribusi.....	28
2.2.12.1	Uji Kecocokan Distribusi Weibull.....	28
2.2.12.2	Uji Kecocokan Distribusi Eksponensial	29
2.2.12.3	Uji Kecocokan Distribusi Normal dan Lognormal.....	30
2.2.13	Nilai Tengah dari Distribusi Kerusakan (MTTF)	31
2.2.14	Nilai Tengah dari Distribusi Perbaikan (MTTR).....	31
2.2.15	Model Penentuan Interval Waktu Penggantian <i>Preventive</i>	32
2.2.16	Model Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan	33
2.2.16	Perhitungan Keandalan Sesudah dan Sebelum Perawatan	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Objek Penelitian	36
3.2	Metode Pengumpulan Data	36
3.3	<i>Flow chart</i> Alur Penelitian.....	37
3.3.1	Latar Belakang	38

3.3.2	Studi Literatur	38
3.3.3	Perumusan Masalah	38
3.3.4	Tujuan Penelitian	38
3.3.5	Pengumpulan Data	39
3.3.6	Pengolahan Data	39
3.3.7	Pembahasan.....	40
3.3.8	Kesimpulan dan Saran	41
3.3.9	Selesai	41
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		42
4.1	Pengumpulan Data	42
4.1.1	Sejarah Singkat	42
4.1.2	Jam Kerja	42
4.1.3	Jalus Bus Trans Jogja.....	43
4.1.4	Sistem Perawatan Mesin	45
4.1.5	Data Kerusakan Mesin.....	45
4.2	Pengolahan Data.....	47
4.2.1	Penentuan Komponen Kritis.....	47
4.2.2	Perhitungan TTF dan TTR Komponen Kritis.....	48
4.2.3	Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF	49
4.2.3.1	Distribusi Weibull.....	49
4.2.3.2	Distribusi Eksponensial	50
4.2.3.3	Distribusi Normal	51
4.2.3.4	Distribusi Lognormal.....	51
4.2.4	Uji <i>Goodnes Of Fit</i> Distribusi Data TTF	52
4.2.5	Perhitungan Parameter Data TTF	53
4.2.6	Perhitungan MTTF	54
4.2.7	Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR	55
4.2.7.1	Distribusi Weibull.....	55
4.2.7.2	Distribusi Eksponensial	56
4.2.7.3	Distribusi Normal	56
4.2.7.4	Distribusi Lognormal.....	57
4.2.8	Uji <i>Goodnes Of Fit</i> Distribusi Data TTR	58
4.4.9	Perhitungan Parameter Data TTR	59

4.4.10	Perhitungan MTTR	60
4.4.11	Interval Waktu Penggantian <i>Preventive</i> Berdasarkan <i>Downtime</i>	61
4.4.12	Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan	62
4.4.12.1	Perhitungan Perkiraan Jumlah Kerusakan	63
4.4.12.2	Rasio Jam Kerja Perbulan Terhadap Rata-Rata Perbaikan....	63
4.4.12.3	Rasio Jam Kerja Perbulan Terhadap Rata-Rata Pemeriksaan	63
4.4.12.4	Interval Pemeriksaan	64
4.4.13	Perhitungan Tingkat Keandalan Sebelum dan Sesudah Perawatan..	64
BAB V PEMBAHASAN		67
5.1	Analisa Penentuan Komponen Kritis	67
5.2	Analisa TTF dan TTR	67
5.3	Analisa Perhitungan <i>Index Of Fit</i>	67
5.4	Analisa Uji <i>Goodnes Fit</i>	68
5.5	Analisa Perhitungan Parameter Distribusi	68
5.6	Analisa Perhitungan MTTF Dan MTTR.....	69
5.7	Analisa Interval Waktu Perawatan <i>Preventive</i>	69
5.8	Analisa Penentuan Frekuensi Dan Interval Waktu Pemeriksaan	69
5.9	Analisa Tingkat Keandalan Sebelum Dan Sesudah Perawatan	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN.....		75
A-	Tabel Fungsi Dan Gambar Komponen Mesin.....	76
B-	Gambar Surat Penelitian Sekretariat Daerah Yogyakarta.....	78
C-	Gambar Tabel <i>Gamma Function</i>	79
D-	Gambar Tabel distribusi – <i>F</i>	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Penelitian Terdahulu	7
Tabel 4.1. Tabel Data Kerusakan Mesin	45
Tabel 4.2. Tabel Data Penentuan Komponen Kritis	47
Tabel 4.3. Tabel Perhitungan TTF Dan TTR	49
Tabel 4.4. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF Distribusi Weibull.....	50
Tabel 4.5. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF Distribusi Eksponensial	50
Tabel 4.6. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF Distribusi Normal	51
Tabel 4.7. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF Distribusi Lognormal.....	52
Tabel 4.8. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTF	52
Tabel 4.9. Tabel Perhitungan Uji <i>Goodnes Of Fit</i> Distribusi Data TTF.....	53
Tabel 4.10. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR Distribusi Weibull	55
Tabel 4.11. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR Distribusi Eksponensial.....	56
Tabel 4.12. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR Distribusi Normal.....	57
Tabel 4.13. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR Distribusi Lognormal	57
Tabel 4.14. Tabel Perhitungan <i>Index Of Fit</i> TTR.....	58
Tabel 4.15. Tabel Perhitungan Uji <i>Goodnes Of Fit</i> Distribusi Data TTR	59
Tabel 4.16. Tabel Hasil Interval Waktu Perawatan Penggantian <i>Preventive</i>	62
Tabel 4.17. TabelTingkat Keandalan Sebelum dan Sesudah Perawatan	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar Kurva Laju Kerusakan Sesaat	15
Gambar 2.2. Gambar Grafik $f(t)$ Distribusi Weibull.....	17
Gambar 2.3. Gambar Grafik $F(t)$ Distribusi Weibull.....	18
Gambar 2.4. Gambar Grafik $\lambda(t)$ Distribusi Weibull.....	18
Gambar 2.5. Gambar Grafik $f(t)$ Distribusi Eksponensial	20
Gambar 2.6. Gambar Grafik $F(t)$ Distribusi Eksponensial	20
Gambar 2.7. Gambar Grafik $\lambda(t)$ Distribusi Eksponensial	21
Gambar 2.8. Gambar Grafik $f(t)$ Distribusi Normal	23
Gambar 2.9. Gambar Grafik $F(t)$ Distribusi Normal	23
Gambar 2.10. Gambar Grafik $\lambda(t)$ Distribusi Normal.....	24
Gambar 2.11. Gambar Grafik $f(t)$ Distribusi Lognormal.....	26
Gambar 2.12. Gambar Grafik $F(t)$ Distribusi Lognormal	26
Gambar 2.13. Gambar Grafik $\lambda(t)$ Distribusi Lognormal	27
Gambar 2.6. Gambar Model <i>Age Replacement</i>	32
Gambar 3.1. Gambar <i>Flow chart</i> Alur Penelitian	37
Gambar 4.1. Gambar Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis.....	48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan zaman yang semakin maju saat ini, menimbulkan pertumbuhan teknologi bisnis dan sistem perekonomian yang begitu pesat. Saat ini berbagai bisnis jasa banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, salah satu contohnya adalah perusahaan jasa transportasi. Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Proses pengangkutan merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan angkutan dimulai, ke tempat tujuan, ke mana kegiatan pengangkutan diakhiri (Nasution, 2004).

Transportasi umum yang baik adalah transportasi yang dapat memberikan kenyamanan dan keamanan bagi yang menggunakannya dan lingkungan yang berada di sekitarnya. Kenyamanan dan keamanan merupakan nilai mutlak yang harus dimiliki/disediakan oleh perusahaan pengelola transportasi umum karena hal ini akan memberi dampak yang sangat luas baik terhadap penggunaannya maupun lingkungan (Chairani *et.al*, 2015).

Untuk memberikan suatu kenyamanan, keamanan dan mencegah terjadinya kerusakan dilakukan tindakan perawatan pada mesin atau alat dan fasilitas yang ada pada transportasi. Perawatan merupakan suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan mesin dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan secara berkala supaya terdapat suatu keadaan mesin yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 1980).

Menurut Nasution (2006), pendekatan perawatan pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu *planned maintenance* dan *unplanned maintenance*. *Planned Maintenance* adalah tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu, contohnya *preventive maintenance* dan *predictive maintenace*. *Preventive maintenance* sendiri dapat diartikan sesuatu sistem perawatan

yang terjadwal dari suatu peralatan / suku cadang yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. Sedangkan *predictive maintenance* didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik suku cadang. Hasilnya menjadi indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

Preventive maintenance dapat melakukan perawatan terhadap *spare-part* yang dimiliki perusahaan terutama yang memiliki laju / tingkat kerusakan yang tinggi, serta menjadwalkan penggantian *spare-parts* sehingga dapat meminimalisasi tingkat *breakdown*, yaitu dimana bus tidak berjalan karena mengalami kerusakan dan diperbaiki hingga berjalan lagi, semakin kecil tingkat kerusakan, maka keuntungan yang diharapkan akan semakin besar (Indra, *et. all*, 2013).

Penelitian mengenai *maintenance* juga dilakukan juga dilakukan oleh Eka, V.B. *et.all*, pada tahun 2013 dalam menentukan perencanaan jadwal perawatan *preventive* berbasis keandalan untuk meningkatkan *availability* mesin kertas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keandalan mesin dapat dicapai dengan melakukan perawatan mesin dengan mengetahui *basic event*, penyebab *losses time*. Selain itu penelitian juga dilakukan oleh Revitasari, C. *et.all*, pada tahun 2014 dalam merencanakan penentuan jadwal *preventive maintenance* mesin – mesin di stasiun gilingan. Hasil penelitian ini faktor-faktor yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi karena kurang efektifnya tindakan pencegahan yang menyebabkan tingginya *downtime*. Rumita, R. *et.all* pada tahun 2014 juga mengatakan peningkatan *availability* dapat dilakukan dengan menekan *downtime*, melakukan secara intensif di dalam penelitiannya yang berjudul analisis *repair policy* dan *preventive maintenance policy* untuk mengetahui biaya yang optimal pada mesin MV-40 *line cylinder head* PT. Kubota Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Vidiyasari, D. *et. all*, pada tahun 2015 juga mengemukakan bahwa *age replacement* dapat menentukan umur penggantian pencegahan komponen yang memberikan ekspektasi biaya perawatan terendah dalam menentukan interval waktu penggantian pencegahan optimal komponen sistem printing unit U41 menggunakan metode *age replacement* di PT. Pikiran Rakyat. Marvin dan Felecia juga melakukan penelitian dalam upaya penurunan *downtime* pada mesin *moulding* di PT. X bahwa permasalahan kerusakan mesin dapat diatasi dengan membuat jadwal *preventive maintenance* berdasarkan nilai MTTF masing – masing komponen.

Alat transportasi umum yang ada di Yogyakarta terdiri dari alat transportasi yang dapat mengangkut banyak orang seperti bus. Pada awalnya jumlah bus di Yogyakarta sangatlah jarang, namun pada perkembangan selanjutnya bus sudah menjadi alat transportasi bagi semua lapisan masyarakat lapisan bawah, menengah dan atas. Akhirnya pemerintah Yogyakarta mengadakan bus Trans Jogja yang akan mencukupi kebutuhan masyarakat Yogyakarta akan adanya bus yang nyaman dan terjangkau.

Untuk itu kinerja bus Trans Jogja harus baik, tanpa adanya kerusakan sehingga bus bisa beroperasi dengan memberikan pelayanan yang berkualitas kepada masyarakat di Yogyakarta. Untuk mengatasi keluhan-keluhan masyarakat mengenai bus Trans Jogja pihak perusahaan harus melakukan langkah-langkah yang tepat. Rusaknya mesin mengakibatkan bus mogok akan menimbulkan citra yang buruk pada bus Trans Jogja, sehingga pelanggan akan kecewa dan malas untuk menaiki bus Trans jogja.

PT. Jogja Tugu Trans selaku operator dari bus Trans Jogja telah menerapkan pemeliharaan dan perawatan mesin secara berkala berdasarkan jarak tempuh yaitu pada tiap 9000-10.000 kilometer. Namun perawatannya hanya bersifat *service* berkala atau *fast moving* dengan pergantian oli dan pengecekan mesin. Untuk pergantian komponen mesin dilakukan hanya ketika komponen mesin mengalami kerusakan dan juga jika mendapat keluhan dari sopir bus. Sehingga tidak menutup kemungkinan tetap terjadi kerusakan mesin atau mogok pada saat mesin bus beroperasi seperti yang terjadi pada hari minggu 08-11-2015 bus Trans Jogja mogok di daerah Sagan Yogyakarta (www.detik.com).

Dari data historis kerusakan mesin, ditemukan bahwa tingkat kerusakan mesin cukup sering terjadi, dilihat dari kerusakan mesin bus yang seharusnya bus mengalami *overhaul* pada jarak tempuh 500.000 kilometer, namun mesin bus mengalami *overhaul* sebelum jarak tempuh yang ditetapkan. Kemungkinan hal tersebut disebabkan oleh perencanaan waktu perawatan yang kurang tepat, tanpa dukungan data dan pengetahuan yang mendalam mengenai perilaku mesin kritis, apalagi dengan adanya penambahan umur mesin yang semakin rentan mengalami kerusakan. Sehingga perlu adanya revisi dan evaluasi terhadap sistem perawatan yang ada dengan cara memprediksikan waktu yang tepat dalam menentukan jadwal perawatan mesin dan penggantian komponen mesin. Dan diharapkan dapat mengurangi laju kerusakan

pada komponen kritis dan melakukan pergantian komponen mesin sebelum terjadi kerusakan atau *downtime*, dengan demikian saat bus Trans Jogja dilakukan perawatan tidak dalam keadaan rusak. Dan dapat membantu kinerja mesin bus sesuai jam operasi bus.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah Kapankah perawatan *preventive* terhadap komponen kritis harus dilakukan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dibuat tujuan dari penelitian ini adalah menetapkan waktu perawatan *preventive* terhadap komponen kritis.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian merupakan pembatasan masalah dan perlu dilakukan untuk memfokuskan kajian dilaksanakan. Sehingga tujuan penelitian dapat dicapai dengan cepat dan baik sebagai berikut :

- a. Penelitian pada industri jasa angkutan darat (bus) dilakukan pada bagian bengkel perawatan dan terbatas pada data waktu perawatan secara menyeluruh dari mesin dan data operasional mesin tersebut.
- b. Penelitian dilakukan pada satu objek armada bus yang mengalami frekuensi kerusakan terbanyak sebagai asumsi dengan penelitian pada armada tersebut dapat dijadikan dasar perawatan pada armada yang lain menjadi lebih baik.
- c. Penentuan tindakan pencegahan yang optimum dikemukakan berdasarkan pada waktu penggantian komponen kritis.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang terkait. Adapun manfaat yang diharapkan yaitu :

- a. Pengelola bus Trans Jogja mendapatkan informasi mengenai waktu perawatan *preventif* terhadap komponen kritis dan keandalan mesin bus.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu memperbaiki sistem manajemen perawatan mesin bus Trans Jogja, sehingga dapat mengurangi dan mencegah kerusakan mesin.
- c. Dapat menjadikan penelitian ini implementasi dari ilmu yang telah di dapatkan oleh penulis selama melakukan studi, kajian literatur dan pengamatan.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terstruktur maka penyusunannya berdasarkan sistematika penulisan yang telah ditentukan oleh Prodi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini di uraikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, serta manfaat dari penelitian yang dilakukan

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini memuat kajian literatur deduktif dan induktif yang dapat membuktikan bahwa topik Tugas Akhir yang dapat diangkat memenuhi syarat dan kriteria yang telah dijelaskan diatas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memuat obyek penelitian, data yang digunakan dan tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian secara ringkas dan jelas. Metode ini dapat meliputi metode pengumpulan data, alat bantu, analisis data dan desain.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini menguraikan proses pengolahan data dengan prosedur tertentu, termasuk gambar dan grafik yang diperoleh dari hasil penelitian.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab pembahasan dilakukan diskusi tentang pembahasan kritis mengenai hasil dan interpretasi bab pengumpulan dan pengolahan data.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi hasil kesimpulan yang menjawab rumusan masalah yang telah dibuat dan diikuti dengan saran yang harus diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai perawatan pada mesin yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Tahun	Pengarang	Metode
1	Minimasi <i>Downtime Tool Punch Mesin Heading Pada Preventive Maintenance Dengan Metode Age Replacement</i>	2007	Edi Santoso, Edwin Julianto Chairul	<i>Age Replacement</i>
2	Usulan Penentuan Waktu Perawatan Pencegahan Dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal Pada Komponen Kritis Rantai Transfer Berdasarkan <i>Downtime</i>	2010	Taufiq Immawan, Hasan Joko Saputra	Interval, MTTF, MTTR, Minimasi
3	Perencanaan Jadwal Perawatan <i>Preventive</i> berbasis Keandalan untuk Meningkatkan <i>Availability</i> Mesin Kertas di PT. Kertas Leces	2013	Vivit Eka, Nasir Widha Setyanto, dan Arif Rahman	<i>Availability, Fault tree analysis, Losses time</i>
4	Usulan Selang Waktu Perawatan dan Jumlah Komponen Cadangan Optimal dengan Biaya Minimum Menggunakan Metode <i>Smith</i> dan <i>Dekker</i> di PT. X.	2014	Laksmi Amalia, Hari Adianto, Susy Susanty	<i>Smith</i> dan <i>Dekker</i>
5	Implementasi Studi <i>Preventive Maintenance</i> Fasilitas Produksi Pada Pabrik Teh Hitam Dengan Metode RCM Di PTPN Vi Kebun Kayu Aro	2014	Yoga Prayuda, Sukaria Sinulingga, Ikhsan Siregar	RCM

No	Penelitian			Tahun	Pengarang		Metode	
6	Penentuan Jadwal <i>Preventive Maintenance</i> mesin-mesin di Stasiun Gilingan			2014	Cindy Revitasari, Oyong Novareza dan Zefry Darmawan		OEE, FMEA, MTBF, MTTR	
7	Usulan Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Dengan Pengukuran <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Untuk Perencanaan Perawatan Pabrik <i>Bar Mill</i> Pada PT. Krakatau Wajatama			2014	Annisa Majid, Moengin, Witonohadi	Mersita Parwadi Amal	TPM dan OEE	
8	Faktor Penyebab Kerusakan Sistem Mesin Pada Bus APTB PPD			2015	Laela Yulita Usman Yulianti Hidayah	Chairani, Veranda dan Nur	RCM	
9	Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem <i>Printing Unit</i> U41 Menggunakan Metode <i>Age Replacement</i> di PT. Pikiran Rakyat			2015	Devri Kusmaningrum Soemadi Herni Mustofa	Vidiasari, Fifi	<i>Age Replacement</i>	
10	Perancangan Penjadwalan <i>Preventive Maintenance</i> pada PT. Artha Prima Sukses Makmur			2015	Yugowati Iphov Sriwana, Maya Sari	Praharsi, Kumala dan Dewi	<i>Age Replacement</i>	
12	Metode <i>Age Replacement</i> Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus			2015	Jaka Yosua Anggara, Moch. Kalamollah	Purnama,	<i>Age Replacement</i>	

2.2 Kajian Induktif dan Deduktif

2.2.1 Pengertian Umum Perawatan

Menurut Vincent (1992), perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki. Pengertian lain dari pemeliharaan adalah kegiatan menjaga fasilitas - fasilitas dan peralatan pabrik serta mengadakan perbaikan atau penyesuaian yang

diperlukan agar tercapai suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan dan sesuai dengan yang direncanakan (Assauri, 1998). Sedangkan manajemen perawatan (*maintenance management*) adalah pengorganisasian perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas produksi (Supandi, 1999). Berdasarkan definisi tersebut, maka terdapat beberapa alasan pentingnya melakukan pekerjaan perawatan, antara lain (Sudrajat, 2011) :

- a. Agar fasilitas dapat siap dipakai pada saat yang diperlukan
- b. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya lambat laun akan menurun karena tanpa perawatan semua fasilitas tersebut akan melemah secara bertahap pasti, sehingga tidak lagi mempunyai kemampuan kerja baik secara teknis maupun ekonomis.
- c. Di harapkan akan dapat memperpanjang umur pakai dari fasilitas tersebut.

2.2.2 Tujuan Perawatan

Kegiatan perawatan peralatan dan fasilitas mesin tentu memiliki tujuan. Tujuan dari perawatan itu sendiri adalah untuk (Sudrajat, 2011) :

- a. Memperpanjang waktu pengoperasian mesin yang digunakan semaksimal mungkin, dengan biaya perawatan seminimal mungkin.
- b. Menjamin ketersediaan mesin dan peralatan secara optimal pada saat mesin akan digunakan.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
- d. Menjamin keselamatan kerja bagi setiap orang yang menggunakan mesin atau peralatan.
- e. Menyediakan informasi yang dapat menunjang pekerjaan perawatan.
- f. Menentukan metode evaluasi yang berguna dalam pengawasan perawatan.
- g. Membantu menciptakan kondisi kerja yang aman dan tertib.
- h. Meningkatkan keterampilan para pekerja perawatan.

2.2.3 Jenis – Jenis Perawatan

Menurut Assauri (1998), Terdapat beberapa jenis – jenis perawatan (pemeliharaan) yaitu :

2.2.3.1 Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)

Perawatan terencana adalah perawatan yang dilakukan secara terorganisasi dan sesuai dengan rencana perawatan yang telah dibuat sebelumnya. Perawatan ini dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan – kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan pencegahan akan terjamin kelancaran kerjanya dan akan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap setiap saat. Berdasarkan hal tersebut maka memungkinkan pembuatan suatu rencana jadwal perawatan dan rencana produksi yang lebih tepat dan efektif dalam menghadapi fasilitas – fasilitas produksi yang termasuk kedalam golongan *critical unit*. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam golongan *critical unit* apabila:

- Kerusakan fasilitas atau peralatan produksi akan membahayakan keselamatan atau kesehatan para pekerja.
- Kerusakan fasilitas akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
- Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.

b. Perawatan perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Perawatan perbaikan yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan setelah sistem mengalami kerusakan atau tidak dapat berfungsi lagi dengan baik. Kegiatan perawatan ini sering juga disebut sebagai kegiatan reparasi / perbaikan (*Repair Maintenance*), yang biasanya terjadi karena kegiatan perawatan pencegahan tidak dilakukan sama sekali. Secara sepiantas, biaya perawatan perbaikan akan lebih

kecil daripada mengadakan perawatan pencegahan. Hal ini benar selama kerusakan tidak terjadi pada saat fasilitas / peralatan produksi sedang dioperasikan, karena apabila kerusakan terjadi saat operasi berlangsung maka selain biaya perbaikan kerusakan, perlu juga diperhitungkan biaya penundaan produksi. Kerusakan tersebut juga akan memberikan andil terhadap umur peralatan dalam jangka waktu yang panjang. Oleh karena itu, perawatan pencegahan dianggap lebih menguntungkan daripada hanya melaksanakan perawatan perbaikan saja.

2.2.3.2 Perawatan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Perawatan tak terencana adalah bentuk perawatan darurat yang dapat didefinisikan sebagai perawatan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih serius, seperti hilangnya waktu untuk berproduksi, kerusakan besar pada peralatan dan biaya – biaya perbaikan yang lebih mahal.

2.2.4 Komponen Kritis

Menurut Immawan dan Saputra (2010), Program perawatan untuk peralatan maupun mesin harus dilakukan secara terencana. Namun demikian, disadari pula bahwa tidak mungkin membuat suatu program yang merencanakan sistem perawatan untuk semua mesin di pabrik atau tidak mungkin semua kerusakan dapat diatasi. Tetapi dengan adanya program perawatan tersebut sekurang-kurangnya akan dapat mengatasi masalah – masalah yang ada. Usaha yang mendasar dalam merencanakan perawatan pencegahan dengan cara memberikan perhatian serius pada unit – unit atau komponen – kompone kritis sehingga perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai pemilihan bentuk perawatan yang akan diterapkan dikaitkan dengan penggunaan kebutuhan produksi, waktu, biaya, keterandalan tenaga perawatan dan kondisi perawatan yang dikerjakan.

Penggunaan strategi perawatan yang baik adalah suatu cara untuk mencapai *performance* produktivitas yang optimal. Karena dengan pemilihan strategi perawatan yang tepat dapat memberikan hasil yang optimum terhadap kesiapan mesin (*availability*) dalam menunjang proses produksi dengan biaya total produksi yang ekonomis. Pemilihan strategi sistem perawatan yang tepat dapat memberikan hasil

yang optimum dalam menunjang proses produksi dan sistem perawatan untuk komponen kritis yang terbaik adalah *Preventive Maintenance*. Suatu komponen atau unit dapat dikualifikasikan kritis apabila :

- a. Kerusakan unit itu dapat membahayakan kesehatan atau mengancam keselamatan penggunaannya.
- b. Kerusakan unit dapat mempengaruhi kualitas produksi
- c. Kerusakan unit dapat menimbulkan kemacetan produksi.
- d. Biaya investasi untuk unit itu sangat mahal.

2.2.5 Keandalan

Keandalan (*Reliability*) adalah probabilitas suatu komponen atau sistem akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang ditetapkan dalam jangka waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasional tertentu. Keandalan juga berarti kemampuan suatu peralatan untuk bertahan dan tetap beroperasi sampai batas waktu tertentu (Ebeling, 1997). Menurut Gasperz (1992), keandalan didefinisikan sebagai peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk suatu periode waktu tertentu. Dari beberapa definisi di atas dapat diambil suatu kesimpulan bahwa keandalan berhubungan dengan peluang bersyarat yang diberikan dengan tingkat keyakinan bahwa suatu peralatan atau komponen akan melakukan fungsinya sebagaimana mestinya tanpa mengalami masalah atau kerusakan pada waktu keadaan operasi yang tetap dilaksanakan pada periode waktu yang dipergunakan.

Variabel utama dalam fungsi keandalan waktu terjadinya kerusakan (*time failure*). Fungsi tersebut dirumuskan (Ansori dan Mustajib, 2013) :

$$R(t) = \int f(t)dt \quad \dots (2.1)$$

$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana :

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas kerusakan

Untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem dalam keadaan baik

Untuk $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$, berarti sistem dalam keadaan rusak

2.2.6 Kerusakan

Menurut Immawan dan Saputra (2010), Kerusakan adalah suatu kondisi sistem yang menyimpang dari persyaratan standar yang telah ditentukan bagi sistem tersebut untuk melakukan fungsinya dengan sempurna. Setiap peralatan atau mesin mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda jika dioperasikan pada kondisi lingkungan yang beda. Bahkan jika sejumlah peralatan yang sama dioperasikan pada kondisi lingkungan yang sama pun dapat mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda.

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda. Karena kerusakan suatu alat atau komponen tergantung pada variabel waktu dan untuk mengetahui variabel waktu kerusakan digunakan fungsi padat probabilitas (Ansori dan Mustajib, 2013).

2.2.7 Fungsi Padat Probabilitas

Oconnor (2002) dalam Ansori dan Mustajib (2013), menegaskan kegiatan perawatan digunakan fungsi padat probabilitas karena kerusakan komponen tergantung pada variabel waktu dimana fungsi padat probabilitas antara selang waktu tertentu (t_x, t_y) maka :

$$\int_{t_y}^{t_x} f(t)dt = 1 \quad \text{..... (2.2)}$$

Probabilitas terjadinya kerusakan antara t_a dan t_z adalah :

$$\int_{t_a}^{t_z} f(t)dt = 1 \quad \text{..... (2.3)}$$

2.2.8 Fungsi Distribusi Kumulatif

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), fungsi distribusi kumulatif pada perawatan adalah probabilitas kerusakan yang merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertentu, yang secara matematis sebagai berikut :

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt \quad \text{..... (2.4)}$$

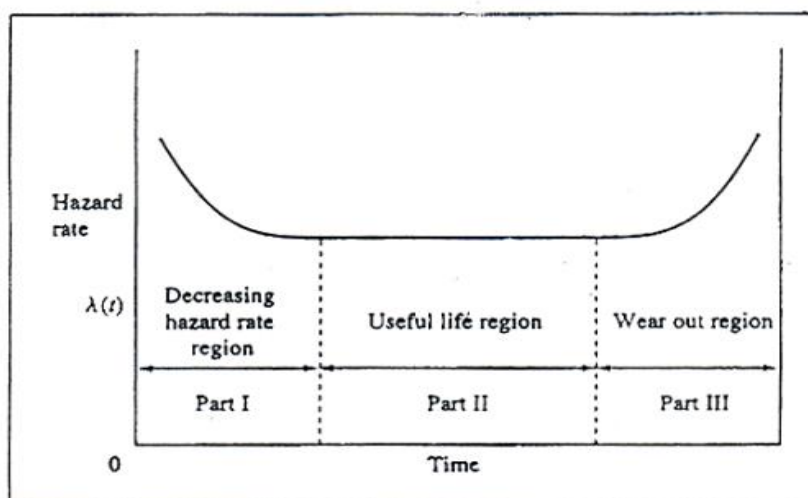
Dimana $F(t)$ menyatakan distribusi kumulatif, dan jika $t \rightarrow \infty$, maka $F(t) \rightarrow 1$

2.2.9 Laju Kerusakan

Laju kerusakan didefinisikan probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan $\lambda(t)$ dirumuskan sebagai berikut (Ansori dan Mustajib, 2013) :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{..... (2.5)}$$

Sistem yang memiliki fungsi laju kerusakan ini pada awal siklus penggunaannya mengalami penurunan laju kerusakan (kerusakan diri), kemudian mengalami peningkatan laju kerusakan melawati masa pakai. Bentuk kurvanya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva Laju Kerusakan (*Bathtub Curve*)

Sumber : Immawan dan Saputra, 2010

Kurva pada gambar 2.1 menjelaskan mengenai kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk yang dikenal dengan istilah kurva bak mandi (*bathtub curve*) karena bentuknya (Ebeling, 1997). Menurut Immawan dan Saputra (2010), setiap periode waktu mempunyai karakteristik tertentu, yang ditentukan oleh laju kerusakannya :

- a. *Early Failure* / Kerusakan awal. Daerah ini sering disebut juga dengan *burn-in* periode. Pada periode ini laju kerusakan menurun seiring dengan peningkatan waktu. Kerusakan yang terjadi pada waktu ini dapat disebabkan oleh berbagai penyebab seperti pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat, performansi material dan tenaga kerja yang dibawah standar, metode *manufacturing* yang tidak tepat, kesalahan pemasangan dan *set up*, kesalahan manusia, kegagalan awal ini dapat ditanggulangi dengan melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap material / part yang diuji memiliki kualitas baik yang baik, sehingga dapat digunakan sesuai dengan kondisi dan waktu operasi yang telah ditentukan serta tidak sering menimbulkan masalah yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi. Jika terjadi kerusakan ini, kemudian diganti dengan produk baru, maka *reliability* akan meningkat kembali.
- b. *Useful Region* / Pengoperasian Normal. Periode waktu ini ditandai dengan laju kerusakan yang konstan. Kerusakan yang terjadi pada fase ini di asumsikan terjadi secara acak dan penyebab kerusakannya adalah faktor keselamatan yang rendah,

kerusakan tak terdeteksi, kesalahan manusia dan kerusakan alamiah atau kerusakan yang tidak jelas penyebabnya. Hal ini berarti bahwa laju kerusakan sesaat tidak akan bertambah walaupun umur peralatan terus bertambah.

- c. *Wear Out Failure / Periode Wear Out*. Periode waktu ini ditandai dengan laju kerusakan yang meningkat tajam, karena memburuknya kondisi peralatan. Dengan adanya peningkatan tersebut, menunjukkan bahwa sudah waktunya untuk melakukan penggantian material / *part*, karena umur penggunaan sudah berakhir. Bila suatu alat telah memasuki periode ini, sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih fatal. Kegagalan yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kelelahan yang terjadi diakibatkan aus pada mesin, kelelahan akibat umur pemakaian penggunaan, kelelahan akibat timbulnya korosi pada peralatan dan perawatan yang kurang baik.

2.2.10 Distribusi Kerusakan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan *variable random*. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan maka perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya (Ansori dan Mustajib, 2013).

2.2.10.1 Distribusi Weibull

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), distribusi ini paling banyak dipakai dalam perhitungan keandalan. Dalam distribusi weibull dikenal adanya dua parameter yakni parameter bentuk (β) dan parameter skala (θ). Perhitungan distribusi Weibull dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*) yaitu (Ebeling, 1997) :

$$x_i = \ln t_i \quad \dots (2.6)$$

$$y_i = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1-f(t_i)} \right) \right) \quad \dots (2.7)$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0.3)}{(n+0.4)} \quad \dots (2.8)$$

Untuk mencari nilai parameter dalam distribusi Weibull yaitu :

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad \dots (2.9)$$

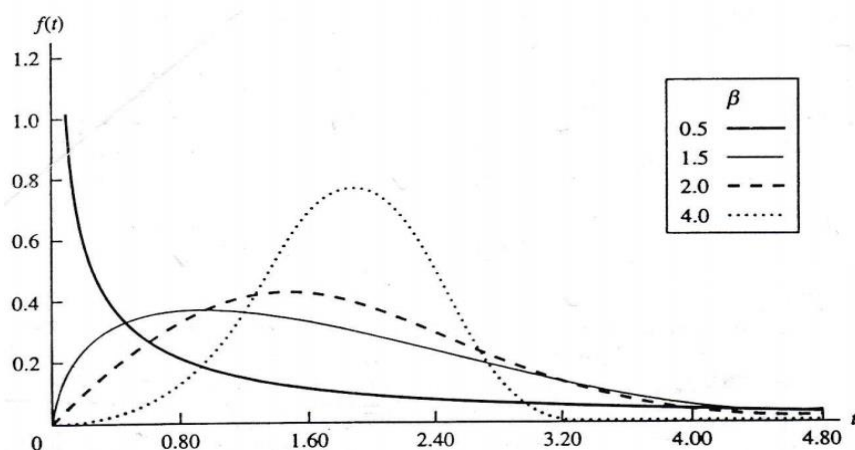
$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots (2.10)$$

$$\theta = \exp \frac{-\alpha}{\beta} \quad \dots (2.11)$$

Sedangkan fungsi kerusakan yang berada di distribusi Weibull yaitu :

- Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} \exp - \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta} \quad \dots (2.12)$$

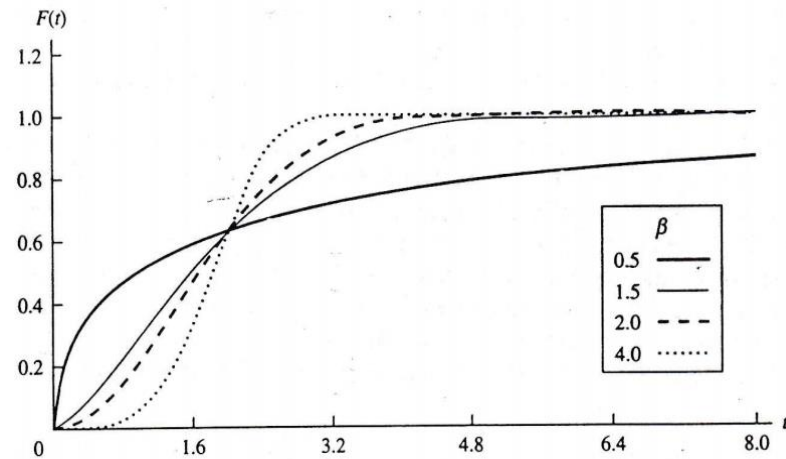


Gambar 2.2 Gambar grafik fungsi padat probabilitas $f(t)$ distribusi Weibull

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp - \left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta \quad \dots (2.13)$$

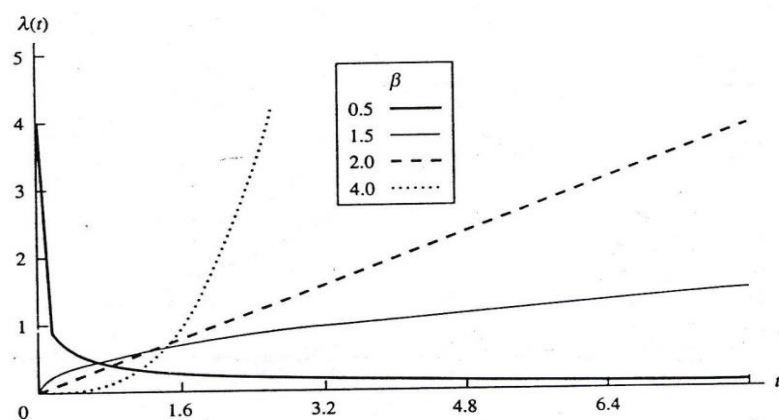


Gambar 2.3 Gambar grafik fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ distribusi Weibull

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad \dots (2.14)$$



Gambar 2.4 Gambar grafik fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ distribusi Weibull

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi keandalan

$$R(t) = \exp^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad \text{..... (2.15)}$$

Keterangan :

- t_i = data kerusakan ke-i
 i = 1, 2, 3,....., n
 n = jumlah data kerusakan
 θ = parameter skala.
 B = parameter bentuk.
 t = waktu

2.2.10.2 Distribusi Eksponensial

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), digunakan untuk memodelkan laju kerusakan yang konstan untuk sistem yang beroperasi secara kontinyu. Perhitungan distribusi Eksponensial dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*) yaitu (Ebeling, 1997) :

$$x_i = t_i \quad \text{..... (2.16)}$$

$$y_i = \ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \quad \text{..... (2.17)}$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0.3)}{(n+0.4)} \quad \text{..... (2.18)}$$

Untuk mencari nilai parameter dalam distribusi Eksponensial yaitu :

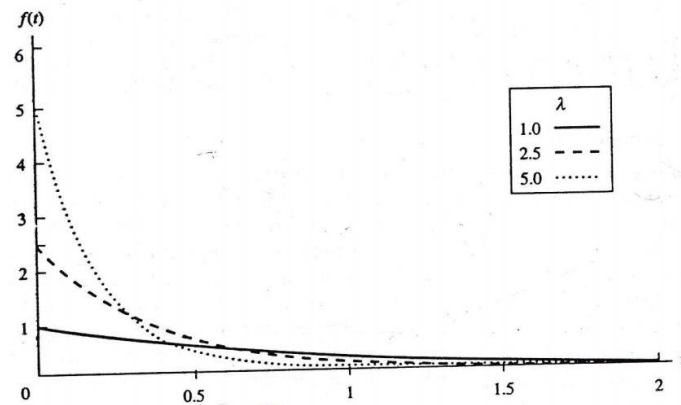
$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad \text{..... (2.19)}$$

$$\lambda = \beta \quad \text{..... (2.20)}$$

Sedangkan fungsi kerusakan yang ada di distribusi Eksponensial yaitu :

- Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda.t) \quad \dots (2.21)$$

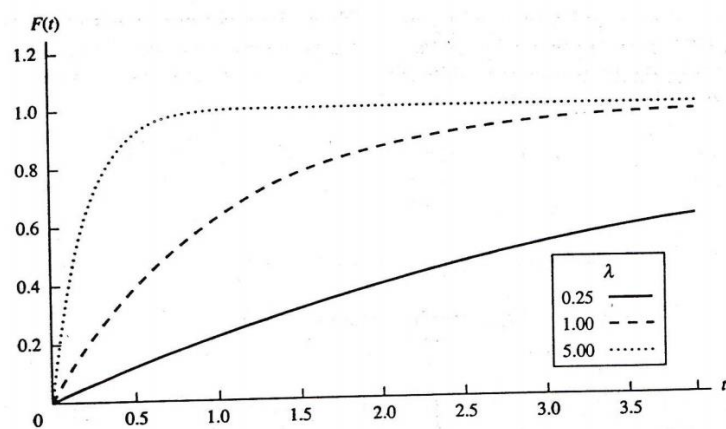


Gambar 2.5 Gambar grafik fungsi padat probabilitas $f(t)$ distribusi Eksponensial

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda.t) \quad \dots (2.22)$$

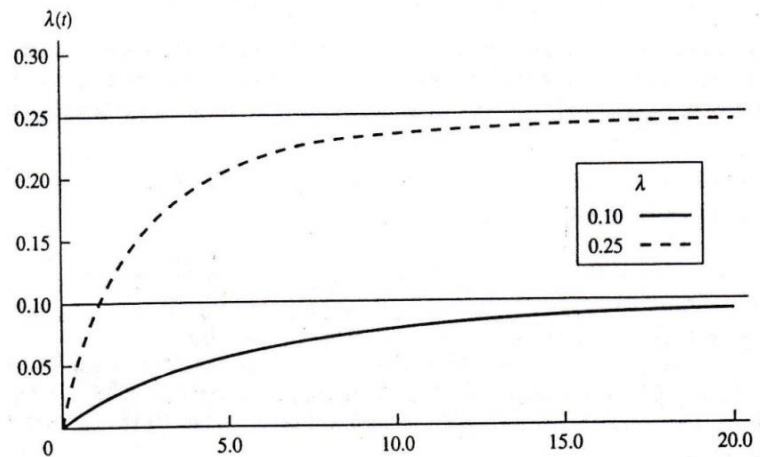


Gambar 2.6 Gambar grafik fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ distribusi Eksponensial

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \quad \dots (2.23)$$



Gambar 2.7 Gambar grafik fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ distribusi Eksponensial

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp(-\lambda.t) \quad \dots (2.24)$$

Keterangan :

t_i = data kerusakan ke-i

i = 1, 2, 3,....., n

n = jumlah data kerusakan

λ = laju kerusakan.

t = waktu melakukan pergantian.

2.2.10.3 Distribusi Normal

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), bentuk distribusi Normal menyerupai lonceng sehingga memiliki nilai simetris terhadap nilai rata-rata dengan dua parameter bentuk

yaitu μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi). Perhitungan distribusi Normal dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*) yaitu (Ebeling, 1997) :

$$x_i = t_i \quad \text{..... (2.25)}$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0.3)}{(n+0.4)} \quad \text{..... (2.26)}$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \quad \text{..... (2.27)}$$

Untuk mencari nilai parameter dalam distribusi Normal yaitu :

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad \text{..... (2.28)}$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{..... (2.29)}$$

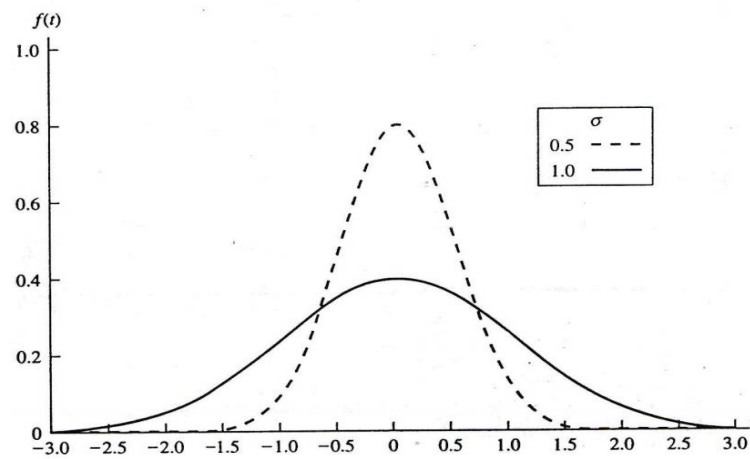
$$\mu = -\frac{\alpha}{\beta} \quad \text{..... (2.30)}$$

$$\sigma = \frac{1}{\beta} \quad \text{..... (2.31)}$$

Sedangkan fungsi kerusakan yang ada di distribusi Normal yaitu :

- Fungsi Kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right], -\infty \leq t \leq \infty \quad \text{..... (2.32)}$$

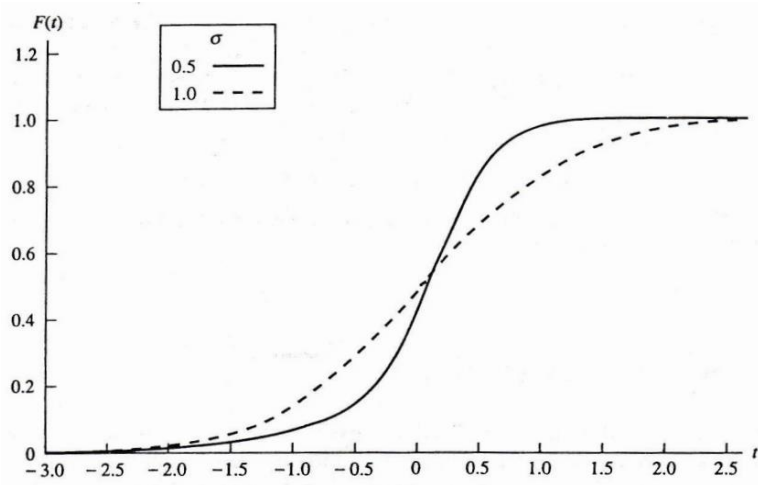


Gambar 2.8 Gambar grafik fungsi padat probabilitas $f(t)$ distribusi Normal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad \dots (2.33)$$

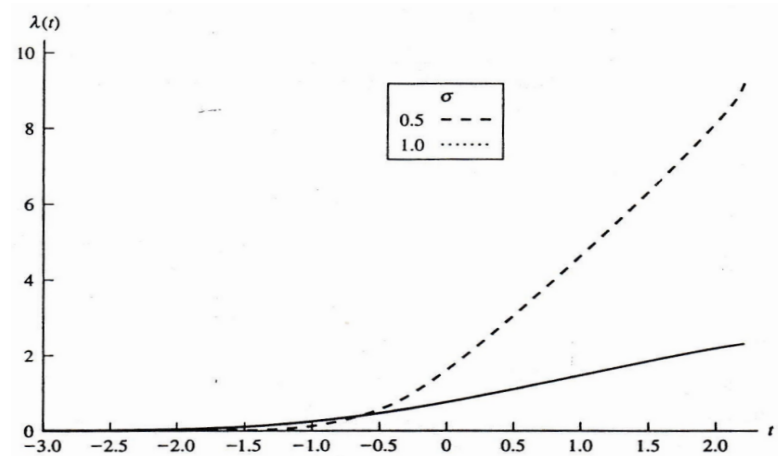


Gambar 2.9 Gambar grafik fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ distribusi Normal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad \dots (2.34)$$



Gambar 2.10 Gambar grafik fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ distribusi Normal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) \quad \dots (2.35)$$

Keterangan :

t_i = data kerusakan ke- i

i = 1, 2, 3, ..., n

n = jumlah data kerusakan

Z_i = nilai dari tabel distribusi *Normal*

σ = standar deviasi.

t = waktu melakukan pergantian.

μ = rata-rata melakukan pergantian komponen.

2.2.10.4 Distribusi Lognormal

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), distribusi ini berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk kondisi yang bervariasi. Disini *time to failure* (t) dari suatu komponen diasumsikan memiliki distribusi lognormal bila $y = \ln(t)$, mengikuti distribusi normal dengan rata – rata (μ) dan variansinya adalah (s). Perhitungan distribusi Lognormal dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*) yaitu (Ebeling, 1997) :

$$x_i = \ln t_i \quad \text{..... (2.36)}$$

$$F(t_i) = \frac{(i-0.3)}{(n+0.4)} \quad \text{..... (2.37)}$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \quad \text{..... (2.38)}$$

Untuk mencari nilai parameter dalam distribusi Normal yaitu :

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad \text{..... (2.39)}$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{..... (2.40)}$$

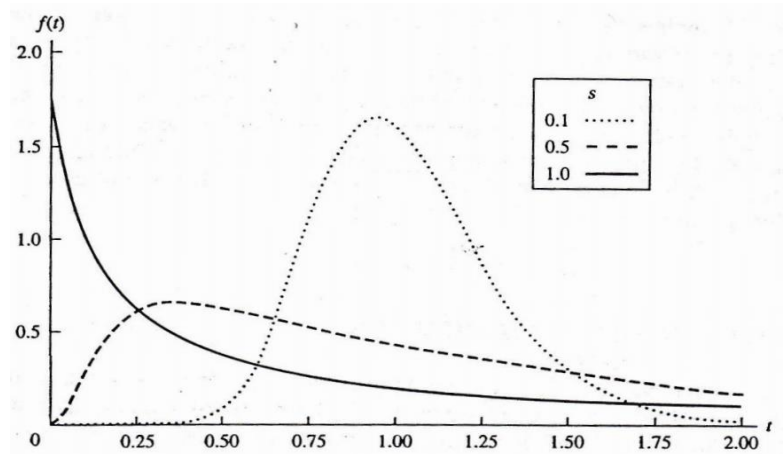
$$s = \frac{1}{\theta} \quad \text{..... (2.41)}$$

$$(t_{\text{med}}) = \exp^{-(\alpha.s)} \quad \text{..... (2.42)}$$

Sedangkan fungsi kerusakan yang ada di distribusi Lognormal yaitu :

- Fungsi Kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp \left\{ -\frac{1}{2s^2} \left[\ln \left(\frac{t}{t_{\text{med}}} \right) \right]^2 \right\}, t \geq 0 \quad \text{.... (2.43)}$$

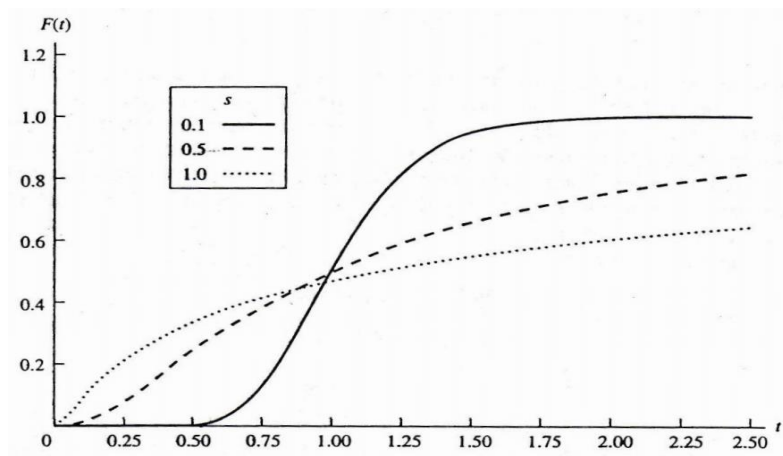


Gambar 2.11 Gambar grafik fungsi padat probabilitas $f(t)$ distribusi Lognormal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad \dots (2.44)$$

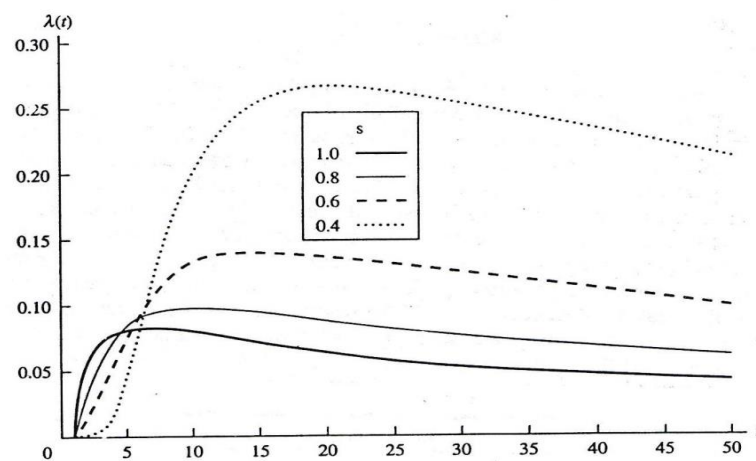


Gambar 2.12 Gambar grafik fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ distribusi Lognormal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)} \quad \dots (2.45)$$



Gambar 2.13 Gambar grafik fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ distribusi Lognormal

Sumber : Ebeling, 1997

- Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad \dots (2.46)$$

Keterangan :

- t_i = data kerusakan ke-i
- i = 1, 2, 3, ..., n
- n = jumlah data kerusakan
- Z_i = nilai dari tabel distribusi *Normal*
- s = standar deviasi
- t_{med} = parameter lokasi.

2.2.11 Index Of Fit

Dalam tahap ini ditentukan nilai dari *Index of Fit* (r) untuk data *Time To Failure* (TTF) maupun *Time To Repair* (TTR). Mencari nilai itu dapat menggunakan cara manual dengan mencari nilai (r) dengan rumus korelasi dan nilai (r) terbesar pada setiap distribusi yang dipilih. Ukuran korelasi linear antara dua peubah yang paling banyak digunakan Ukuran korelasi linear antara dua peubah yang paling banyak digunakan adalah koefisien korelasi. *Index of Fit* atau koefisien korelasi (r)

menunjukkan hubungan linear yang kuat antara dua peubah acak X_i dan Y_i (Santoso dan Chairul, 2007).

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (n \sum_{i=1}^n x_i)(n \sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad \dots (2.47)$$

2.2.12 Uji Kecocokan Distribusi

Menurut Ebeling (1997), pengujian kecocokan distribusi dimaksudkan untuk mengetahui bahwa distribusi data yang telah dipilih benar benar mewakili data. Pengujian kecocokan distribusi yang digunakan adalah uji spesifik *Goodnes of Fit*, karena uji ini memiliki probabilitas yang lebih besar dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai.

Goodness of Fit terbagi menjadi dua yaitu *General Test* dan *Spesific Test*. *General Test* biasanya menggunakan *Chi Square Test* dengan ukuran sampel yang relatif besar. Sedangkan *Spesific Test* menggunakan *Lest Square Test* dengan ukuran data yang lebih kecil.

2.2.12.1 Uji Kecocokan Distribusi Weibull

Menurut Ebeling (1997), Untuk menguji kecocokan distribusi Weibull menggunakan uji *Mann's Test* hipotesa untuk melakukan uji ini adalah :

H_0 : Data terdistribusi secara Weibull.

H_1 : Data tidak terdistribusi secara Weibull.

$$i = t \quad \dots (2.48)$$

$$X_i = \ln t_i \quad \dots (2.49)$$

$$m_i = z_2 - z_1 \quad \dots (2.50)$$

$$K_1 = \frac{r}{2} \quad \dots (2.51)$$

$$K_2 = \frac{r-1}{2} \quad \dots (2.52)$$

$$z_1 = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \quad \dots (2.53)$$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}}{k_2 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}} \quad \dots (2.54)$$

Keterangan :

t_i = data waktu kerusakan yang ke-i

r, n = banyaknya data

m_i = nilai pendekatan *Mann* untuk data ke-i

M = nilai uji *Mann's Test*

M_{a,k_1,k_2} = nilai M_{tabel} untuk distribusi Weibull dari table F

Jika nilai $M_{hitung} < M_{tabel(a,k_1,k_2)}$, maka H_0 diterima.

2.2.12.2 Uji Kecocokan Distribusi Eksponensial

Menurut Ebeling (1997), Untuk menguji kecocokan distribusi Eksponensial menggunakan uji *Bartlett's Test* hipotesa untuk melakukan uji ini adalah :

H_0 : Data terdistribusi secara Eksponensial

H_1 : Data tidak terdistribusi secara Eksponensial

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r t_i - \left(\frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad \dots (2.55)$$

Keterangan :

t_i = data waktu ke-i
 r = jumlah kerusakan
 B = nilai uji statistik untuk uji *Barlett's Test*

Jika $X_{\frac{1-a}{2}, r-1}^2 < B < X_{\frac{1-a}{2}, r-1}^2$, maka H_0 diterima.

2.2.12.3 Uji Kecocokan Distribusi Normal dan Lognormal

Menurut Ebeling (1997), Untuk menguji kecocokan distribusi Normal atau Lognormal menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* hipotesa untuk melakukan uji ini adalah :

H_0 : Data terdistribusi secara Normal atau Lognormal

H_1 : Data tidak terdistribusi secara Normal atau Lognormal

$$D_n = \max(D_1, D_2) \quad \dots (2.56)$$

$$D_1 = \max \left[\Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \right] \quad \dots (2.57)$$

$$D_2 = \max \left[\left(\frac{i}{n} \right) - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right] \quad \dots (2.58)$$

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n} \quad \dots (2.59)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad \dots (2.60)$$

Keterangan :

t_i = data waktu ke-i
 $\bar{t}$ = rata – rata data waktu kerusakan
 s = standar deviasi
 n = banyaknya data kerusakan

Jika $D_n < D_{kritis}$ maka H_0 diterima, nilai D_{kritis} diperoleh dari table *critical value for Kolmogorov-Smirnov test for normality*.

2.2.13 Nilai Tengah dari Distribusi Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), *Mean Time To Failure* (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu kerusakan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen). Untuk sistem yang dapat direparasi, maka MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu di periksa kembali. Perhitungan MTTF untuk setiap distribusi (Ebeling, 1997) :

$$\text{a. Distribusi weibull} \quad = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \dots (2.61)$$

$$\text{b. Distribusi eksponensial} \quad = \frac{1}{\lambda} \quad \dots (2.62)$$

$$\text{c. Distribusi normal} \quad = \mu \quad \dots (2.63)$$

$$\text{d. Distribusi lognormal} \quad = t_{med} \exp \frac{s^2}{2} \quad \dots (2.64)$$

Keterangan :

λ = laju kerusakan

β = parameter bentuk

θ = parameter skala

Γ = nilai dari tabel *gamma function*

μ = rata – rata melakukan pergantian komponen

s = standar deviasi

2.2.14 Nilai Tengah dari Distribusi Perbaikan (*Mean Time To Repair*)

Menurut Ansori dan Mustajib (2013), *Mean Time To Repair* (MTTR) adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan saat komponen atau unit tersebut diperiksa sampai komponen atau unit tersebut digunakan atau dihidupkan

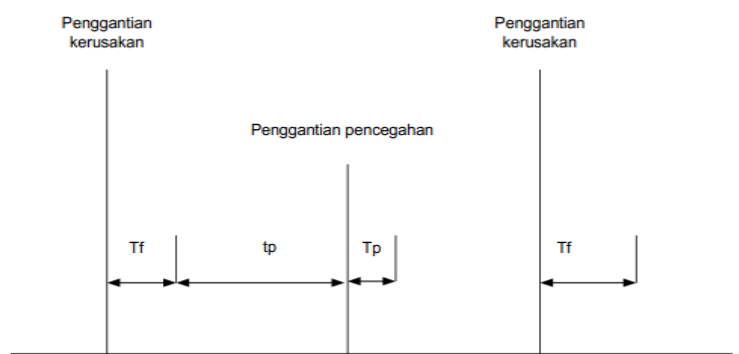
kembali. Perhitungan MTTR untuk setiap distribusi sama dengan perhitungan MTTF pada point nomer (2.61) – (2.64).

2.2.15 Model Penentuan Interval Waktu Penggantian *Preventive* Berdasarkan *Downtime*

Menurut Jardine (1973) dalam Santoso dan Chairul (2007), model penentuan penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan waktu terbaik dilakukannya penggantian pencegahan sehingga total *downtime* per unit waktu dapat terminimaasi. Metode ini digunakan untuk mengetahui interval waktu penggantian pencegahan yang optimal sehingga meminimasi total *downtime*. Model penentuan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* digunakan adalah model *Age Replacement*. Dalam penggunaan model ini perlu diketahui konstruksi modelnya yaitu :

- T_f = *downtime* yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian kerusakan.
- T_p = *downtime* yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan.
- $f(t)$ = fungsi kepadatan probabilitas waktu kerusakan.

Pada metode *Age Replacement* ini, tindakan penggantian pencegahan dilakukan pada saat pengoperasian telah mencapai umur yang telah ditetapkan T_p . Hal ini dilakukan jika pada selang waktu T_p tidak terjadi kerusakan. Apabila sebelum waktu T_p , sistem ini tidak mengalami kerusakan maka dilakukan penggantian sebagai tindakan perawatan korektif. Penggantian selanjutnya akan dilakukan pada saat T_p dengan mengambil waktu acuan dari waktu beroperasinya sistem setelah dilakukan tindakan perawatan korektif. Metode ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Model *Age Replacement*

Sumber : Jardine, 1973 dalam Santoso dan Chairul, 2007

Total *downtime* per unit waktu untuk penggantian pencegahan pada saat T_p didenotasikan dengan $D(T_p)$ yakni :

$$D(T_p) = \frac{\text{Total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{ekspektasi panjang siklus}} \quad \dots (2.65)$$

$$\text{Total ekspektasi downtime per siklus} = T_p \cdot R(tp) + (1 - R(tp)) \quad \dots (2.66)$$

$$\text{Ekspektasi panjang siklus} = (tp + T_p) \cdot R(tp) + (M(tp) + T_f) \cdot (1 - R(tp)) \dots (2.67)$$

Dengan demikian total *downtime* per unit waktu adalah :

$$D(t_p) = \frac{(T_p \times R(tp)) + (T_f \times F(tp))}{((tp + T_p) \times R(tp)) + (M(tp) + T_f) \times F(tp)} \quad \dots (2.68)$$

Dimana :

tp = interval waktu pengganti pencegahan

T_f = *downtime* yang terjadi karena penggantian kerusakan. Didapat dari data MTTR

T_p = *downtime* yang terjadi karena kegiatan penggantian pencegahan. Didapat dari data MTTR

$F(t)$ = fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi.

$R(tp)$ = probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat T_p .

$M(tp)$ = waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan pada saat tp .

$D(tp)$ = *downtime* persatuan waktu.

2.2.16 Model Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan

Menurut Jardine (2006) dalam Majid *et.all* (2014), Pemeriksaan secara berkala juga diperlukan dalam tindakan perawatan mesin maupun komponen. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan *downtime* akibat kerusakan mesin yang terjadi secara mendadak. Langkah – langkah perhitungan interval pemeriksaan yang optimal adalah :

- Waktu rata – rata satu kali perbaikan

$$1/\mu = \frac{\text{MTTR}}{\text{jam kerja/bulan}} \quad \text{..... (2.69)}$$

- Waktu rata – rata satu kali pemeriksaan

$$1/i = \frac{\text{waktu satu kali pemeriksaan}}{\text{jam kerja/bulan}} \quad \text{..... (2.70)}$$

- Rata – rata kerusakan perbulan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan pertahun}}{12 \text{ bulan}} \quad \text{..... (2.71)}$$

- Jumlah pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad \text{..... (2.72)}$$

- Interval waktu pemeriksaan

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{\text{Jam kerja/bln}}{n} \quad \text{..... (2.73)}$$

Nilai *downtime* yang ditimbulkan oleh pemeriksaan sebanyak n kali $D(n) = \text{downtime}$ untuk perbaikan + *downtime* untuk pemeriksaan.

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i}, \text{ dengan} \quad \text{..... (2.74)}$$

$$\lambda(n) = k/n, \text{ sehingga} \quad \text{..... (2.75)}$$

$$D'(n) = -\frac{k}{n^2\mu} + \frac{1}{i} \quad \text{..... (2.76)}$$

Keterangan :

$\lambda(n)$ = laju kerusakan yang terjadi

n = jumlah pemeriksaan per satuan waktu

μ = waktu rata – rata perbaikan

i = waktu rata – rata pemeriksaan

k = rata – rata kerusakan per unit waktu

2.2.17 Perhitungan Keandalan Sebelum dan Sesudah Dengan Perawatan *Preventive*

Peningkatan keandalan seringkali dapat dicapai melalui perawatan pencegahan. Model keandalan (*reliability*) berikut ini mengasumsikan sistem kembali ke kondisi semua setelah dilakukan perawatan pencegahan (Ebeling, 1997).

$$R_m(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t \leq T \quad \dots (2.77)$$

$$R_m(t) = R(T) \times R(t - T) \text{ untuk } T \leq t \leq 2T \quad \dots (2.78)$$

Sehingga secara umum persamaannya adalah :

$$R_m(t) = R(T)^n \times R(t - nT) \quad \dots (2.79)$$

Keterangan :

$R(t)$ = keandalan sistem tanpa perawatan

T = interval waktu antara perawatan pencegahan

$R_m(t)$ = keandalan sistem dengan perawatan pencegahan

$R(T)^n$ = peluang nilai keandalan hingga perawatan pencegahan pertama dilakukan

$R(t - nT)$ = peluang nilai keandalan pada waktu tambahan $t - nT$ dan sistem ke kondisi semula saat T

$R(T)^n$ = peluang nilai keandalan pada n interval perawatan

$R(t - nT)$ = peluang nilai keandalan pada waktu tambahan $t - nT$ unit waktu setelah tindakan perawatan pencegahan yang terakhir

n = jumlah perawatan yang telah dilakukan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Untuk mendapatkan gambaran kondisi tempat penelitian secara umum, termasuk kegiatan-kegiatan yang ada di dalamnya, penelitian dilakukan di PT. JOGJA TUGU TRANS yang beralamat di Jl. Wonosari 24-B, Banguntapan Bantul Yogyakarta, yang bergerak di bidang jasa angkutan darat khususnya pada bagian bengkel (perawatan).

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat dipengaruhi oleh cara pengambilan data yang dibutuhkan dalam menunjang penelitian. Adapun metode-metode yang digunakan dalam pencarian data primer maupun data sekunder adalah sebagai berikut :

a. Metode pengumpulan data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diamati atau yang diteliti, data primer dapat diperoleh menggunakan metode :

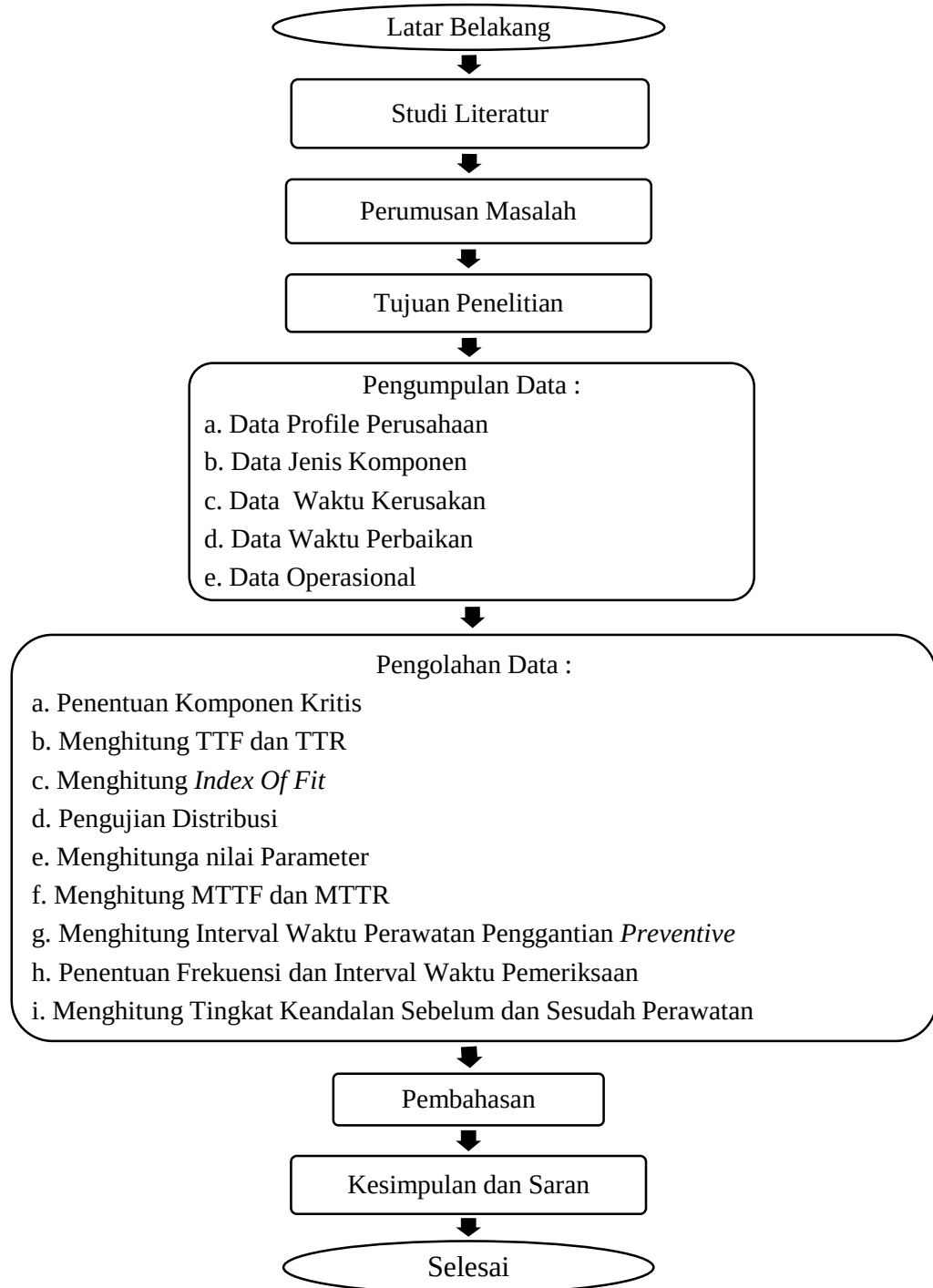
- 1) Wawancara, yaitu metode pengumpulan data dengan jalan mengadakan tanya jawab secara langsung dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti.
- 2) Observasi, yaitu metode pengumpulan data dengan mengadakan pengamatan secara langsung kepada obyek yang akan diteliti untuk mengecek sejauh mana kebenaran data dan informasi yang telah ditempuh.
- 3) Dokumentasi, yaitu metode pengumpulan data dengan cara menggunakan laporan atau catatan yang ada di perusahaan.

b. Metode pengumpulan data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang di peroleh peneliti secara tidak langsung. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai

Literatur-literatur, majalah, bahan kuliah, buku, jurnal serta dokumen-dokumen yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.3 *Flow chart Alur Penelitian*



Gambar 3.1 Gambar *Flow Chart* Alur Penelitian

Gambar 3.1 merupakan gambar *flow chart* alur dari penelitian yang dilakukan. Berdasarkan gambar tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.3.1 Latar Belakang

Proses awalan dimana penelitian akan dilakukan, dengan menelusuri lebih jauh apa yang menjadi latar belakang dengan cara observasi terhadap masalah yang ada di tempat penelitian.

3.3.2 Studi Literatur

Bagian dimana berisi latar belakang hingga sistematika penulisan pada laporan yang akan dibuat, studi literatur yang digunakan ada dua macam yaitu :

a. Studi Literatur Deduktif

Studi literatur deduktif dilakukan dengan cara membaca penelitian-penelitian sebelumnya baiknya berupa jurnal atau *prosiding* dari seminar nasional maupun internasional dan skripsi untuk membantu topik yang akan diangkat untuk penelitian.

b. Studi Literatur Induktif

Studi literature secara induktif di dapat dari literature buku-buku penunjang penelitian dan bahan referensi elektronik.

3.3.3 Perumusan Masalah

Setelah kajian literatur maka dilanjutkan dengan merumuskan masalah yang terjadi dalam studi kasus. Pada penelitian ini yang menjadi masalah adalah Kapanakah perawatan *preventive* terhadap komponen kritis harus dilakukan ?

3.3.4 Tujuan Penelitian

Pada tahap ini peneliti menentukan tujuan untuk memfokuskan permasalahan berdasarkan rumusan permasalahan, Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menetapkan waktu perawatan *preventive* terhadap komponen kritis.

3.3.5 Pengumpulan Data

Mengambil data yang akan dibutuhkan dengan cara wawancara, observasi atau dokumentasi, data yang dikumpulkan antara lain :

a. Data sejarah umum perusahaan

Yang berisi data mengenai profil dan sejarah perusahaan.

b. Data jenis komponen yang ada pada mesin

Yang berisi data mengenai komponen yang digunakan pada mesin bus.

c. Data waktu kerusakan mesin

Yang berisi data mengenai waktu saat terjadi kerusan mesin.

d. Data waktu perbaikan dan perawatan mesin

Yang berisi data mengenai waktu dilakukan saat perawatan maupun perbaikan mesin dan lama perawatannya.

e. Data waktu operasional

Yang berisi data mengenai waktu operasional mesin saat bekerja.

3.3.6 Pengolahan Data

Dari data yang diperoleh akan dilakukan pengolahan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

a. Penentuan Komponen Kritis.

Komponen kritis ditentukan dari jumlah *downtime* terbesar dari komponen mesin dengan diagram *paretto*.

b. Mengitung *Time To Failure* (TTF) Dan *Time To Repair* (TTR) Dari Komponen Kritis

Menghitung interval waktu antar kerusakan dari komponen kritis terpilih. Perhitungan ini dengan menghitung selang waktu kerusakan dan perbaikan komponen kritis.

c. Menghitung *Index Of Fit*

Perhitungan ini di gunakan untuk menentukan distribusi kerusakan yang yang sesuai distribusi tersebut adalah distribusi Weibull, distribusi Eksponensial, distribusi Normal dan distribusi Lognormal. Distribusi yang dipilih adalah distribusi yang memiliki nilai *Index of Fit* yang terbesar.

d. Pengujian Distribusi

Setelah di dapat distribusi dari nilai *Index of Fit* terbesar selanjutnya dilakukan pengujian distribusi terpilih dengan menggunakan *Goodness of Fit*. Untuk distribusi Weibull menggunakan *Mann's Test*, distribusi Eksponenensial menggunakan *Bartlett's Test*, distribusi Normal dan Lognormal menggunakan uji *Kolmogorof – Smirnov*.

e. Menghitung Nilai Parameter

Menghitung nilai parameter sesuai distribusi terpilih setelah dilakukan pengujian.

f. Menghitung *Mean Time To Failure* (MTTF) Dan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Setelah data telah diuji jika data terdistribusi dan diketahui nilai parameternya selanjutnya melakukan perhitungan rata – rata selang waktu kerusakan atau *Mean Time To Failure* (MTTF) dengan data *Time To Failure* (TTF) dan untuk melakukan perhitungan rata-rata selang waktu perbaikan atau *Mean Time To Repair* (MTTR) dengan data *Time To Repair* (TTR).

g. Menghitung Interval Waktu Perawatan Penggantian *Preventive* Berdasarkan *Downtime*

Interval waktu perawatan penggantian *preventive* untuk mengetahui kapan komponen kritis dilakukan perawatan yang optimal dan perhitungannya menggunakan model Age Replacement.

h. Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan

Menentukan perkiraan jumlah kerusakan, interval pemeriksaan, waktu rata – rata pemeriksaan, dan rata – rata waktu perbaikan setiap bulannya.

i. Menghitung Tingkat Keandalan Sebelum dan Sesudah Perawatan

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan komponen kritis sebelum dan sesudah dilakukan perawatan dengan menggunakan parameter dan data *Mean Time To Failure* (MTTF).

3.3.7 Pembahasan

Dari hasil pengolahan data maka akan dianalisis terhadap data – data yang telah diolah dan digunakan untuk mengambil keputusan dalam menentukan waktu perawatan mesin yang optimal.

3.3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan pernyataan singkat yang menjawab dari rumusan yang ada secara jelas dan tepat mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sehingga dapat diketahui seberapa jauh penelitian ini telah tercapai. Saran merupakan masukan atau pendapat yang telah diperoleh setelah menyelesaikan penelitian yang biasanya dapat merubah sistem yang telah ada.

3.3.9 Selesai

Berakhirnya proses penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat

PT. Jogja Tugu Trans adalah perusahaan *konsorsium* dari lima koperasi angkutan perkotaan Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu KOPATA, ASPADA, PUSKOPKAR (div. angkutan perkotaan Daerah Istimewa Yogyakarta), dan Kop. PEMUDA, DAMRI (div. bus kota Yogyakarta). Berdiri dengan akta No : 12 / 2 Juni 2007 yang menjadikan PT. Jogja Tugu Trans sebagai operator bus Trans Jogja, dengan kesepakatan bersama No : 18/KES.BER/GUB/2007 yang telah ditandatangani pada tanggal 21 Agustus 2007 antara pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta (Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, Sri Sultan Hamengku Buwono X) dengan PT. Jogja Tugu Trans (Direktur Utama, Poerwanto Johan Riyadi).

Pada tanggal 29 Desember 2007, DPRD membuat rancangan MOU dengan nomor surat No : 53/K/DPRD/2007, No : 4/PERJ/GUB/II/2008 dan No : 31/JTT/II-2008 setelah itu didapatkan draft sistem tentang pengelolaan sistem pelayanan angkutan orang di jalan dengan kendaraan umum wilayah perkotaan dengan *Buy The Service System*. Yang di tandatangani antara pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta dengan PT. Jogja Tugu Trans dan disahkan pada hari rabu tanggal 06 Februari 2008 di Yogyakarta oleh Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. Setelah itu maka beroperasilah bus Trans Jogja hingga sekarang.

4.1.2 Jam Kerja

Jam kerja yang ada di PT. Jogja Tugu Trans berbeda-beda dalam seminggu setiap bagian divisinya. Untuk divisi staf atau karyawan bekerja selama 5 hari kerja setiap harinya 8 jam kerja sedangkan bagian divisi driver, mekanik, dan karyawan halte

bekerja selama 7 hari dengan sistem shift pagi dan siang dan setelah bekerja 2 hari maka libur 1 hari. Pembagian shift kerja sebagai berikut :

a. Divisi Staf atau karyawan

Senin-Jum'at : Pukul 08.00-16.00

Istirahat : Pukul 12.00-13.00

Istirahat Jum'at : pukul 11.45-13.00

b. Divisi sopir, mekanik, dan karyawan halte

Shift pagi : Pukul 05.30-13.30

Shift siang : Pukul 13.30-21.30

4.1.3 Jalur Bus Trans Jogja

PT. Jogja Tugu Trans memiliki 74 bus Trans Jogja dengan 67 bus beroperasi dan 7 bus sebagai cadangan. Bus Trans Jogja memiliki 8 rute jalur yang dilalui, pembagian jalur kerja sebagai berikut :

a. Jalur 1A

Terminal Prambanan, Kalasan Bandara Adisucipto, Maguwoharjo Janti (bawah), UIN Kalijaga, Demangan, Gramedia, Tugu, Stasiun Tug, Malioboro, Kantor Pos Besar, Gondomanan, Pasar Sentul, SGM, Gembira Loka, Babadan, Gedongkuning, JEC, Blok O Janti (atas), Maguwoharjo, Bandara Adisucipto.

b. Jalur 1 B.

Terminal Prambanan, Kalasan Bandara Adisucipto, Maguwoharjo Janti (lewat bawah), Blok O JEC, Babadan Gedongkuning Gembira Loka, SGM, Pasar Sentul, Gondomanan, Kantor Pos Besar, RS.PKU Muhammadiyah, Pasar Kembang, Badran Bundaran SAMSAT, Pingit, Tugu, Gramedia, Bundaran UGM, Colombo, Demangan, UIN Sunan Kalijaga Janti, Maguwoharjo Bandara Adisucipto.

c. Jalur 2A

Terminal Jombor, Monjali, Tugu, Stasiun Tugu, Malioboro, Kantor Pos Besar, Gondomanan, Jukteng Wetan, Tungkak, Gambiran, Basen, Rejowinangun, Babadan Gedong kuning, Gembira Loka, SGM, Cendana, Mandala Krida, Gayam, Flyover Lempuyangan, Kridosono, Duta Wacana, Galeria, Gramedia, Bundaran UGM, Colombo, Terminal Condongcatur, Kentungan, Monjali, Terminal Jombor.

d. Jalur 2B

Terminal Jombor, Monjali, Kentungan Terminal Condong Catur, Colombo, Bundaran UGM, Gramedia Kridosono, Duta Wacana, Fly-over Lempuyangan, Gayam, Mandala Krida, Cendana, SGM, Gembiraloka, Babadan Gedongkuning, Rejowinangun, Basen, Tungkak, Juktengwetan, Gondomanan, Kantor Pos Besar, RS PKU Muhammadiyah, Ngabean, Wirobrajan, BPK, Badran Bundaran SAMSAT, Pingit, Tugu, Monjali, Terminal Jombor.

e. Jalur 3A

Terminal Giwangan, Tegalgendu, HS-Silver, Jl. Nyi Pembayun, Pegadaian Kotagede, Basen, Rejowinangun, Babadan Gedongkuning, JEC, Blok, Janti (lewat atas), Janti, Maguwoharjo, Bandara ADISUCIPTO, Maguwoharjo, Ringroad Utara, Terminal Condongcatur, Kentungan, MM UGM, Mirota Kampus, Gondolayu, Tugu, Pingit, Bundaran SAMSAT, Badran, Pasar Kembang, Stasiun TUGU, Malioboro, Kantor Pos Besar, RS PKU Muhammadiyah, Ngabean, Jukteng Kulon, Plengkung Gading, Jukteng Wetan, Tungkak, Wirosaban, Tegalgendu, Terminal Giwangan.

f. Jalur 3B

Terminal Giwangan, Tegalgendu, Wirosaban, Tungkak, Jukteng Wetan, Plengkung Gading, Jukteng Kulon, Ngabean, RS PKU Muhammadiyah, Pasar Kembang, Badran Bundaran SAMSAT, Pingit, Tugu, Gondolayu, Mirota Kampus, MM UGM, Kentungan Terminal Condong Catur, Ringroad Utara, Maguwoharjo, Bandara Adisucipto, Maguwoharjo, JANTI (lewat bawah), Blok O, JEC, Babadan Gedongkuning, Rejowinangun, Basen, Pegadaian Kotagede, Jl. Nyi Pembayun, HS-Silver, Tegalgendu, Terminal Giwangan.

g. Jalur 4A

Terminal Giwangan, Tamansiswa, Pakualaman, Lempuyangan, Kridosono, Terminal Giwangan, Jl. Imogiri Timur, Jl. Pramuka, Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Menteri Supeno, Jl. Taman Siswa, Jl. Sultan Agung, Jl. Gadjah Mada, Jl. Hayam Wuruk, Stadion Kridosono, Jl. Hayam Wuruk, Jl. Gadjah Mada, Jl. Sultan Agung, Jl. Taman Siswa, Jl. Menteri Supeno, Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Pramuka, Jl. Imogiri Timur, Terminal Giwangan.

h. Jalur 4B

Terminal Giwangan, XT Square, SGM, Balaikota, UIN, Kridosono, Balai Yasa, UIN, Terminal Giwangan, Jl. Imogiri Timur, Jl. Pramuka, Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Veteran, Jl. Pandean, Jl. Glagahsari, Jl. Kusumanegara, Jl. Sidobali, Jl. Ipda Tut Harsono, Jl. Urip Sumoharjo, Jl. Sudirman, Jl. Suroto, Jl. Wardani, Jl. Kusbini, Jl. Langensari, Jl. Urip Sumoharjo, Jl. Ipda Tut Harsono, Jl. Sidobali, Jl. Kusumanegara, Jl. Glagahsari, Jl. Pandean, Jl. Veteran, Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Pramuka, Jl. Imogiri Timur, Terminal Giwangan.

4.1.4 Sistem Perawatan Mesin

Sistem perawatan yang dilakukan di PT. Jogja Tugu Trans untuk setiap bus yang dioperasikan adalah perawatan secara berkala, hanya saja perawatan yang dilakukan berdasarkan km / batas jarak tempuh yang berasal dari buku panduan pembelian pertama bus, dengan jarak tempuh 9000-10000 km. Sebelum mencapai jarak tersebut, armada bus belum dilakukan perawatan. Kecuali ada keluhan dari sopir atau jika terjadi kerusakan sebelum waktu perawatan.

Untuk perawatan *overhaul* mesin akan dilakukan perawatan total hingga pergantian *sparepart* yang biasanya membutuhkan waktu 7 hari dalam pengerjaannya dilakukan setiap bus menempuh jarak 500.000 km. Namun mesin bus juga akan dilakukan *overhaul* sebelum mencapai jarak tersebut, jika bus mengalami kerusakan dan mengharuskan mesin bus dilakukan *overhaul*.

4.1.5 Data Kerusakan Mesin

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data kerusakan komponen mesin bus Tipe Hyundai kode 01 dengan nomor polisi AB 7048 AS. Data – data tersebut diambil dari data perawatan bulan januari 2014 sampai bulan Agustus 2015. Data kerusakan mesin bisa dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel Data Kerusakan Mesin

No	Tanggal	Nama Komponen	Waktu perawatan	Downtime (menit)	Waktu Operasional	Operasional (menit)
1	21/01/2014	transmisi	14.20-15.30	70	05.30-10.40	310
2	30/01/2014	dinamo ampere	08.20-12.40	260	13.30-21.30	480
3	31/01/2014	kampas kopling	07.30-10.45	195	13.30-21.30	480

No	Tanggal	Nama Komponen	Waktu perawatan	Downtime (menit)	Waktu Operasional	Operasional (menit)
4	23/02/2014	filter udara	08.00-09.00	60	13.30-21.30	480
5	23/02/2014	filter solar	07.30-08.40	70	13.30-21.30	480
6	17/03/2014	switch stater	07.30-08.30	60	13.30-21.30	480
7	15/04/2014	van belt	14.00-14.30	30	05.30-13.00	450
8	15/04/2014	dinamo ampere	08.00-12.00	240	13.30-21.30	480
9	29/04/2014	kampas kopling	14.00-17.00	180	05.30-13.30	480
10	05/05/2014	switch stater	14.00-16.20	140	-	-
11	15/05/2014	dinamo ampere	14.00-15.30	90	05.30-13.00	450
12	15/05/2014	dinamo stater	07.30-11.20	230	13.30-21.30	480
13	08/06/2014	filter solar	07.30-08.45	75	13.30-21.30	480
14	11/06/2014	filter oli	08.00-09.00	60	13.30-21.30	480
15	18/06/2014	kampas kopling	14.00-17.20	200	05.30-13.30	480
16	27/06/2014	porsneleng	13.00-16.00	180	05.30-10.40	310
17	13/07/2014	klep	08.00-15.30	450	-	-
18	14/07/2014	kampas kopling	07.20-09.00	100	10.40-21.30	590
19	14/07/2014	filter oli	08.00-09.00	60	13.30-21.30	480
20	20/07/2014	filter solar	08.30-09.00	30	13.30-21.30	480
21	20/07/2014	van belt	08.40-09.20	40	13.30-21.30	480
22	20/07/2014	radiator	09.30-10.30	60	13.30-21.30	480
23	20/07/2014	filter udara	09.30-10.00	30	13.30-21.30	480
24	07/10/2014	kampas kopling	07.30-10.10	160	13.30-21.30	480
25	31/10/2014	filter oli	09.00-10.00	60	13.30-21.30	480
26	14/11/2014	dinamo stater	07.30-12.00	220	14.00-21.30	450
27	28/11/2014	radiator	08.15-09.00	45	13.30-21.30	480
28	07/12/2014	dinamo stater	15.20-17.10	110	05.30-14.00	510
29	29/01/2015	filter udara	08.00-08.20	20	13.30-21.30	480
30	29/01/2015	filter oli	07.30-09.00	90	13.30-21.30	480
31	29/01/2015	filter solar	14.40-15.30	70	05.30-13.30	480
32	22/03/2015	filter solar	08.00-08.30	30	13.30-21.30	480
33	22/03/2015	filter oli	08.30-09.10	40	13.30-21.30	480
34	21/04/2015	kampas kopling	15.20-19.00	220	05.30-13.30	480
35	06/08/2015	porsneleng	14.20-16.00	100	05.30-13.00	450
36	06/08/2015	filter udara	08.00-08.30	30	13.30-21.30	480
37	06/08/2015	filter solar	07.30-08.10	40	13.30-21.30	480
38	08/08/2015	filter oli	08.00-08.30	30	13.30-21.30	480
39	08/08/2015	dinamo stater	07.30-11.20	200	13.30-21.30	480
40	08/08/2015	radiator	14.00-15.00	60	05.30-11.25	355
41	11/08/2015	kampas kopling	15.30-18.10	160	05.30-15.00	630
42	16/08/2015	dinamo ampere	07.30-12.00	270	13.30-21.30	480

4.2 Pengolahan Data

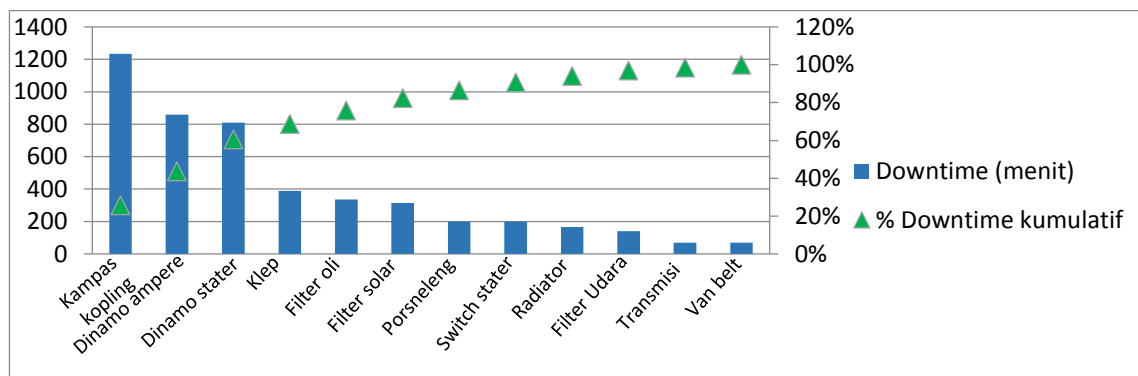
4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Selama periode Januari 2014 hingga Agustus 2015 seluruh data kerusakan dikelompokkan berdasarkan jenis komponennya. Penentuan komponen kritis didasarkan pada prosentase total waktu downtime tiap komponennya. Data *downtime* tiap komponen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel Data Penentuan Komponen Kritis

No	Nama Komponen	Downtime (menit)	% Downtime	% Downtime kumulatif
1	kampas kopling	1215	25%	25%
2	dinamo ampere	860	18%	43%
3	dinamo stater	760	16%	58%
5	klep	450	9%	68%
6	filter oli	340	7%	75%
7	filter solar	315	6%	81%
8	porsneleng	280	6%	87%
9	switch stater	200	4%	91%
10	radiator	165	3%	94%
11	filter udara	140	3%	97%
12	tranmisi	70	1%	99%
13	van belt	70	1%	100%
Total		4865	100%	

Dari data tersebut dibuat diagram *paretto* untuk menentukan komponen mana yang memiliki kontribusi penyebab *downtime* terbesar, diagram *paretto* tersebut bisa dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gambar diagram pareto penentuan komponen kritis

Melihat hasil dari gambar 4.1 gambar diagram *pareto* penentuan komponen kritis maka pada 80 % kumulatif terdapat 7 komponen yang mengakibatkan masalah, komponen yang memiliki kontribusi penyebab *downtime* terbesar yaitu komponen kampas kopling yang memiliki total waktu *downtime* 1215 menit atau 25 % dari *downtime* kumulatif semua komponen.

4.2.2 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Kritis.

Perhitungan selanjutnya adalah mengitung selang waktu antar kerusakan dari suatu kerusakan yang telah diperbaiki atau *Time To Failure* (TTF) dan selang waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen pada saat mengalami kerusakan atau *Time To Repair* (TTR) dari komponen kritis. Untuk menghitung *Time To Failure* (TTF) di dapat dari awal mesin beroperasi setelah perbaikan sampai mesin mengalami kerusakan kembali, pada tanggal 31 Januari mesin kembali beroperasi pada pukul 13.30 sampai pukul 21.30 maka selisih waktunya 480 menit. Selanjutnya dari tanggal 01 februari 2014 sampai 28 April 2014 mesin beropersi selama 83520 menit dengan rincian (87 hari x 16 jam atau 960 menit/hari). Dan pada tanggal 29 April 2014 mesin hanya beroperasi dari pukul 13.30 – 21.30 dengan selisih 480 menit. Maka selang waktu antar kerusakan adalah 480 menit + 83520 menit + 480 menit = 84480 menit. Sedangkan *Time To Repair* (TTR) di dapat dari lamanya *downtime* pada tanggal 31 Januari 2014 kampas kopling mengalami *downtime* dari 07.30 – 10.45 sehingga

selang waktunya adalah 195 menit. Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) komponen kampas kopling dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR)

No	Tanggal	Waktu Operasional	Operasional (menit)	TTF (menit)	Waktu Perawatan	Downtime (menit)	TTR (menit)
1	31/01/2014	13.30-21.30	480		07.30-10.45	195	195
2	29/04/2014	05.30-13.30	480	84480	14.00-17.00	180	180
3	18/06/2014	05.30-13.30	480	47520	14.00-17.20	200	200
4	14/07/2014	10.40-21.30	590	24590	07.20-09.00	100	100
5	07/10/2014	13.30-21.30	480	81120	07.30-10.10	160	160
6	21/04/2015	05.30-13.30	480	187680	15.20-19.00	220	220
7	11/08/2015	05.30-15.00	630	107190	15.30-18.10	160	160
Total			3620	532580		1215	1215

4.2.3 Perhitungan *Index Of Fit Time To Failure* (TTF)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai bagi *Time To Failure* (TTF) atau interval waktu antar kerusakan terlebih dahulu melakukan identifikasi jenis distribusi yang dipilih. Dari perhitungan ini diperoleh *Index of Fit* untuk tiap distribusi, yang kemudian dipilih *Index of Fit* terbesar. Distribusi yang dicocokkan pada perhitungan ini meliputi weibull, eksponensial, normal, dan lognormal.

Rumus yang digunakan untuk mencari *Index of Fit* sebagai berikut :

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

4.2.3.1 Distribusi Weibull

$$X1 = \ln t1 = \ln 24590 = 10,11$$

$$F(t1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{6+0,4} = 0,109$$

$$Y1 = \ln \ln \left(\frac{1}{1-F(t1)} \right) = \ln \ln \left(\frac{1}{1-0,109} \right) = -2,156$$

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTF Distribusi Weibull

i	Ti	xi=lnti	i-0,3	n+0,4	fti	Yi	xi*yi
1	24590	10,11	0,7	6,4	0,109	-2,156	-21,793
2	47520	10,769	1,7	6,4	0,266	-1,175	-12,656
3	81120	11,304	2,7	6,4	0,422	-0,602	-6,7997
4	84480	11,344	3,7	6,4	0,578	-0,147	-1,6709
5	107190	11,582	4,7	6,4	0,734	0,282	3,2653
6	187680	12,142	5,7	6,4	0,891	0,794	9,6452
Jumlah	532580	67,252	19,2	38,4	3	-3,003	-30,01

$$r = \frac{6(-30,01) - (67,252 \times (-3,003))}{\sqrt{[6(756,24) - (4522,805)][6(7,121) - (9,0207)]}}$$

$$r = 0,987$$

4.2.3.2 Distribusi Ekspensial

$$X1 = t1 = 24590$$

$$F(t1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{6+0,4} = 0,109$$

$$Y1 = \ln \left(\frac{1}{1-F(t1)} \right) = \ln \left(\frac{1}{1-0,109} \right) = 0,116$$

Tabel 4.5 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTF Distribusi Ekspensial

I	ti	xi=ti	i-0,3	n+0,4	fti	Yi	xi*yi
1	24590	24590	0,7	6,4	0,109	0,116	2848,3
2	47520	47520	1,7	6,4	0,266	0,309	14671
3	81120	81120	2,7	6,4	0,422	0,548	44451
4	84480	84480	3,7	6,4	0,578	0,863	72910
5	107190	107190	4,7	6,4	0,734	1,326	142099
6	187680	187680	5,7	6,4	0,891	2,213	415331
Jumlah	532580	532580	19,2	38,4	3	5,374	692310

$$r = \frac{6(692310) - (532580 \times 5,374)}{\sqrt{[6(63293621800) - (283641456400)][6(28,882) - (9,0207)]}}$$

$$r = 0,647$$

4.2.3.3 Distribusi Normal

$$X1 = t1 = 24590$$

$$F(t1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{6+0,4} = 0,109$$

$$Y1 = z1 = \Phi^{-1}[F(t1)] = \Phi^{-1}[0,109375] = -1,23$$

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTF Distribusi Normal

i	ti	xi=ti	i-0,3	n+0,4	Fti	yi=zi	xi*yi
1	24590	24590	0,7	6,4	0,109	-1,23	-30246
2	47520	47520	1,7	6,4	0,266	-0,63	-29938
3	81120	81120	2,7	6,4	0,422	-0,2	-16224
4	84480	84480	3,7	6,4	0,578	0,2	16896
5	107190	107190	4,7	6,4	0,734	0,63	67530
6	187680	187680	5,7	6,4	0,891	1,23	230846
Jumlah	532580	532580	19,2	38,4	3	0	238865

$$r = \frac{6(238865) - (532580 \times 0)}{\sqrt{[6(63293621800) - (283641456400)][6(3,8996) - (0)]}}$$

$$r = 0,956$$

4.2.3.4 Distribusi Log Normal

$$X1 = \ln t1 = \ln 24590 = 10,11$$

$$F(t1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{6+0,4} = 0,109$$

$$Y1 = z1 = \Phi^{-1}[F(t1)] = \Phi^{-1}[0,109375] = -1,23$$

Tabel 4.7 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTF Distribusi Lognormal

i	ti	xi=lnti	i-0,3	n+0,4	fti	yi=zi	xi*yi
1	24590	10,11	0,7	6,4	0,109	-1,23	-12,435
2	47520	10,769	1,7	6,4	0,266	-0,63	-6,7844
3	81120	11,304	2,7	6,4	0,422	-0,2	-2,2607
4	84480	11,344	3,7	6,4	0,578	0,2	2,2689
5	107190	11,582	4,7	6,4	0,734	0,63	7,2969
6	187680	12,142	5,7	6,4	0,891	1,23	14,935
Jumlah	532580	67,251	19,2	38,4	3	0	3,0204

$$r = \frac{6(3,0204) - (67,251 \times 0)}{\sqrt{[6(756,24) - (4522,806)][6(3,8996) - (0)]}}$$

$$r = 0,979$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *Index of Fit* dari ke empat distribusi :

Tabel 4.8 Tabel hasil perhitungan *Index of Fit Time To Failure* (TTF)

Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Weibull	0,987
Eksponensial	0,646
Normal	0,956
Lognormal	0,979

Dari perhitungan *Index of Fit Time To Failure* (TTF), pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai *Index of Fit* terbesar, Pada tabel 4.8 diperoleh nilai *Index of Fit* terbesar adalah distribusi Weibull dengan nilai *Index of Fit* sebesar 0,987.

4.2.4 Uji *Goodnes Of Fit* Distribusi Data *Time To Failure* (TTF)

Berdasarkan perhitungan *Index of Fit* distribusi yang dipilih adalah distribusi Weibull. Uji *Goodnes of Fit* yang akan digunakan untuk menguji distribusi Weibull menggunakan uji Mann (*Mann's Test*). Hipotesis yang di gunakan adalah sebagai berikut :

H0 : Data terdistribusi secara Weibull.

H1 : Data tidak terdistribusi secara Weibull.

$$i_1 = t_1$$

$$m_i = z_2 - z_1 = 1,19129$$

$$K_1 = \frac{r}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

$$K_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{6-1}{2} = 2,5$$

$$z_1 = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{6+0,25} \right) \right] = -2,484$$

Tabel 4.9 Tabel perhitungan uji *Goodnes Of Fit* distribusi data *Time To Failure* (TTF)

i	ti	i-0,5	n+0,25	z	m	ln _{i+1} -ln _{ti}
1	24590	0,5	6,25	-2,484	1,191	0,659
2	47520	1,5	6,25	-1,293	0,621	0,535
3	81120	2,5	6,25	-0,671	0,474	0,04
4	84480	3,5	6,25	-0,197	0,439	0,238
5	107190	4,5	6,25	0,241	0,51	0,56
6	187680	5,5	6,25	0,751		
Total	532580	18	37,5	-3,653	3,236	2,032

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}}{k_2 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}} = \frac{3 \frac{2,032}{3,236}}{2,5 \frac{2,032}{3,236}} = 1,2$$

$$F_{\text{tabel}} = F(0,005 - 5 - 6) = 4,39$$

Karena $M < F$ maka H_0 diterima yang berarti distribusi data *Time To Failure* (TTF) berdistribusi Weibull.

4.2.5 Perhitungan Parameter Distribusi Data *Time To Failure* (TTF)

Setelah diketahui bahwa data *Time To Failure* (TTF) berdistribusi Weibull. Selanjutnya menentukan parameter dari distribusi Weibull. Perhitungan tersebut sebagai berikut :

$$\sum x_i y_i = 3,02 \quad \sum x_i = 67,251 \quad \sum y_i = -3,003 \quad n = 6$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \frac{6(3,02) - (67,251 \times (-3,003))}{6(756,24) - (67,251)^2} \\ &= 1,498 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai $\beta = 1,498$ atau $\beta > 1$, menunjukan bahwa laju kerusakan komponen kampas kopling meningkat.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{-3,003}{6} - 1,498 \frac{67,251}{6} \\ &= -17,294 \end{aligned}$$

Setelah nilai α dan β diketahui, selanjutnya melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai θ (parameter skala).

$$\begin{aligned} \theta &= \exp \frac{-a}{\beta} = \exp \frac{-(-17,294)}{1,498} \\ &= 103026 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.2.6 Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF)

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dari distribusi Weibull. perhitungannya sebagai berikut :

$$\theta = 103026 \quad \beta = 1,498$$

$$\text{MTTF} = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = 103026 \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,49829} \right)$$

$$= 103026 \times 0,90167$$

$$= 92895,26 \text{ menit} \quad = 1548,25 \text{ jam} \quad = 97 \text{ hari}$$

4.2.7 Perhitungan *Index of Fit Time To Repair* (TTR)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai bagi *Time To Repair* (TTR) atau waktu perbaikan terlebih dahulu melakukan identifikasi jenis distribusi yang dipilih. Dari perhitungan ini diperoleh *Index of Fit* untuk tiap distribusi, yang kemudian dipilih *Index of Fit* terbesar. Distribusi yang dicocokkan pada perhitungan ini meliputi weibull, eksponensial, normal, dan lognormal.

Rumus yang digunakan untuk mencari *Index of Fit* sebagai berikut :

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

4.2.7.1 Distribusi Weibull

$$X1 = \ln dt1 = \ln 100 = 4,605$$

$$F(dt1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{7+0,4} = 0,094$$

$$Y1 = \ln \ln \left(\frac{1}{1-F(dt1)} \right) = \ln \ln \left(\frac{1}{1-0,094} \right) = -2,309$$

Tabel 4.10 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTR Distribusi Weibull

I	dti	xi=ln dti	i-0,3	n+0,4	fdti	yi	xi*yi
1	100	4,605	0,7	7,4	0,094	-2,309	-10,632
2	160	5,075	1,7	7,4	0,23	-1,343	-6,817
3	160	5,075	2,7	7,4	0,364	-0,789	-4,008
4	180	5,193	3,7	7,4	0,5	-0,366	-1,903
5	195	5,273	4,7	7,4	0,635	0,008	0,043
6	200	5,298	5,7	7,4	0,77	0,386	2,044
7	220	5,393	6,7	7,4	0,905	0,858	4,627
Jumlah	1215	35,913	25,9	51,8	3,5	-3,556	-16,647

$$r = \frac{7(-16,647) - (35,913 \times (-3,556))}{\sqrt{[7(184,657) - (1289,77)][7(8,778) - (12,649)]}}$$

$$r = 0,9536$$

4.2.7.2 Distribusi Eksponensial

$$X1 = dt1 = 100$$

$$F(dt1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{7+0,4} = 0,095$$

$$Y1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(dt1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0,095}\right) = 0,099$$

Tabel 4.11 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTR Distribusi Eksponensial

I	dti	xi=dti	i-0,3	n+0,4	fdti	yi	xi*yi
1	100	100	0,7	7,4	0,095	0,09937	9,9372
2	160	160	1,7	7,4	0,23	0,26101	41,762
3	160	160	2,7	7,4	0,365	0,45392	72,627
4	180	180	3,7	7,4	0,5	0,69315	124,77
5	195	195	4,7	7,4	0,635	1,00823	196,6
6	200	200	5,7	7,4	0,77	1,47085	294,17
7	220	220	6,7	7,4	0,905	2,35815	518,79
Jumlah	1215	1215	25,9	51,8	3,5	6,34469	1258,7

$$r = \frac{7(1258,7) - (1215 \times 6,34469)}{\sqrt{[7(220025) - (1476225)][7(40,255) - (9,505)]}}$$

$$r = 0,5616$$

4.2.7.3 Distribusi Normal

$$X1 = dt1 = 100$$

$$F(dt1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{7+0,4} = 0,095$$

$$Y1 = Z1 = \Phi^{-1}[F(dt1)] = \Phi^{-1}[0,0945595] = -1,31$$

Tabel 4.12 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTR Distribusi Normal

I	dti	xi=dti	i-0,3	n+0,4	fdti	yi=zi	xi*yi
1	100	100	0,7	7,4	0,095	-1,31	-131
2	160	160	1,7	7,4	0,23	-0,74	-118,4
3	160	160	2,7	7,4	0,365	-0,35	-56
4	180	180	3,7	7,4	0,5	0	0
5	195	195	4,7	7,4	0,635	0,35	68,25
6	200	200	5,7	7,4	0,77	0,74	148
7	220	220	6,7	7,4	0,905	1,31	288,2
Jumlah	1215	1215	25,9	51,8	3,5	0	199,05

$$r = \frac{7(199,05) - (1215 \times 0)}{\sqrt{[7(220025) - (1476225)][7(4,772) - (0)]}}$$

$$r = 0,9533$$

4.2.7.4 Distribusi Lognormal

$$X1 = \ln dt1 = \ln 100 = 4,605$$

$$F(dt1) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{7+0,4} = 0,095$$

$$Y1 = z1 = \Phi^{-1}[F(dt1)] = \Phi^{-1}[0,09459] = -1,31$$

Tabel 4.13 Tabel Perhitungan *Index of fit* TTR Distribusi Lognormal

i	dti	xi=ln dti	i-0,3	n+0,4	fdti	yi=zi	xi*yi
1	100	4,605	0,7	7,4	0,095	-1,31	-6,033
2	160	5,075	1,7	7,4	0,23	-0,74	-3,756
3	160	5,075	2,7	7,4	0,365	-0,35	-1,776
4	180	5,192	3,7	7,4	0,5	0	0
5	195	5,272	4,7	7,4	0,635	0,35	1,8455
6	200	5,298	5,7	7,4	0,77	0,74	3,9208
7	220	5,393	6,7	7,4	0,905	1,31	7,0657
Jumlah	1215	35,913	25,9	51,8	3,5	0	1,2672

$$r = \frac{7(1,267) - (1215 \times 0)}{\sqrt{[7(184,657) - (1289,77)][7(4,772) - (0)]}}$$

$$r = 0,7826$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *Index of Fit* dari ke empat distribusi :

Tabel 4.14 Tabel hasil perhitungan *Index of Fit Time To Repair* (TTR)

Distribusi	<i>Index of Fit</i>
Weibull	0,9536
Normal	0,9533
Lognormal	0,7826
Eksponensial	0,5616

Dari perhitungan *Index of Fit Time To Repair* (TTR), pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai *Index of Fit* terbesar, Pada tabel 4.8 diperoleh nilai *Index of Fit* terbesar adalah distribusi Weibull dengan nilai *Index of Fit* sebesar 0,9536.

4.2.8 Uji *Goodnes of Fit* Distribusi Data *Time To Repair* (TTR)

Berdasarkan perhitungan *Index of Fit* distribusi yang dipilih adalah distribusi Weibull. Uji *Goodnes of Fit* yang akan digunakan untuk menguji distribusi Weibull menggunakan uji Mann (*Mann's Test*). Hipotesis yang di gunakan adalah sebagai berikut :

H0 : Data terdistribusi secara Weibull.

H1 : Data tidak terdistribusi secara Weibull.

$$i1 = dt1$$

$$X1 = \ln dt1 = \ln 100 = 4,605$$

$$mi = z_2 - z_1 = 1,18$$

$$K_1 = \frac{r}{2} = \frac{7}{2} = 3,5$$

$$K_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{7-1}{2} = 3$$

$$z_1 = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{7+0,25} \right) \right] = -2,639$$

Tabel 4.15 Tabel perhitungan uji *Goodnes of Fit* distribusi data *Time To Repair* (TTR)

I	dti	xi=ln dti	i-0,5	n+0,25	z	m	ln ti+1-ln ti
1	100	4,605	0,5	7,25	-2,639	1,18	0,47
2	160	5,075	1,5	7,25	-1,462	0,6	0
3	160	5,075	2,5	7,25	-0,861	0,44	0,118
4	180	5,193	3,5	7,25	-0,417	0,39	0,08
5	195	5,273	4,5	7,25	-0,031	0,38	0,025
6	200	5,298	5,5	7,25	0,352	0,47	0,095
7	220	5,394	6,5	7,25	0,819		
Total	1215	35,91	24,5	50,75	-4,238	3,46	0,788

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}}{k_2 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{m_i}} = \frac{3,5 \frac{0,788}{3,46}}{2,5 \frac{0,788}{3,46}} = 1,167$$

$$F_{\text{tabel}} = F(0,005 - 6 - 7) = 3,87$$

Karena $M < F$ maka H_0 diterima yang berarti distribusi data *Time To Repair* (TTR) berdistribusi Weibull.

4.2.9 Perhitungan Parameter Distribusi Data *Time To Repair* (TTR)

Setelah diketahui bahwa data *Time To Repair* (TTR) berdistribusi Weibull. Selanjutnya menentukan parameter dari distribusi Weibull. Perhitungan tersebut sebagai berikut :

$$\sum x_i y_i = -16,647 \quad \sum x_i = 35,913 \quad \sum y_i = -3,556 \quad n = 6$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \frac{7(-16,647) - (35,913)(-3,556)}{7(1289,774) - (184,657)} = \frac{-116,529 + 127,701}{9028,418 - 33692,809} = \frac{11,172}{-24664,391} = -0,000453$$

$$= 3,962$$

Dari hasil perhitungan nilai $\beta = 3,962$ atau $\beta > 1$, menunjukkan bahwa laju perbaikan komponen kampas kopling meningkat.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{-3,556}{7} - 3,962 \frac{35,913}{7}$$

$$= -20,207$$

Setelah nilai α dan β diketahui, selanjutnya melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai θ (parameter skala).

$$\theta = \exp \frac{-\alpha}{\beta} = \exp \frac{-(-20,207)}{3,962}$$

$$= 163,95 \text{ menit}$$

4.2.10 Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) dari distribusi Weibull. perhitungannya sebagai berikut :

$$\theta = 163,95 \qquad \beta = 3,962$$

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = 163,95 \Gamma \left(1 + \frac{1}{3,962} \right)$$

$$= 163,95 \times 0,9064$$

$$= 148,604 \text{ menit} = 2,5 \text{ jam}$$

4.2.11 Interval Waktu Penggantian *Preventive* Berdasarkan *Downtime*

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) komponen kampas kopling dengan nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih yaitu distribusi Weibull, selanjutnya dapat diketahui interval waktu perawatan *preventive* pada komponen kampas kopling sebagai berikut :

$$tp/t = 70000$$

$$\beta \text{ (TTF)} = 1,498$$

$$\theta \text{ (TTF)} = 103026$$

$$\text{MTTF} = 92895,26$$

$$\text{MTTR}/Tf/Tp = 148,604$$

$$\begin{aligned} R_{tp} &= \exp^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} = \exp^{-\left(\frac{70000}{103026}\right)^{1,498}} \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{tp} &= 1 - \exp^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} = 1 - \exp^{-\left(\frac{70000}{103026}\right)^{1,498}} \\ &= 0,429 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tp} &= \frac{\text{MTTF}}{F(tp)} = \frac{92895,26}{0,429} \\ &= 216523,5 \end{aligned}$$

$$D_{tp} = \frac{(Tp \times R(tp)) + (Tf \times F(tp))}{((tp + Tp) \times R(tp)) + (M(tp) + Tf) \times F(tp)}$$

$$= \frac{(148,604 \times 0,58) + (148,604 \times 0,429)}{((70000 + 148,604) \times 0,58) + ((216523,5 + 148,604) \times (0,429))}$$

$$= 0,001117225$$

Tabel 4.16 Tabel hasil interval waktu perawatan penggantian *preventive*

tp (menit)	Rtp	Ftp	Mtp	Dtp
70000	0,570969	0,429030939	216523,5	0,001117225
71000	0,564137	0,435863008	213129,5	0,001116504
72000	0,557339	0,44266058	209856,6	0,001115878
73000	0,550577	0,449422601	206699,1	0,001115344
74000	0,543852	0,456148054	203651,6	0,001114901
75000	0,537164	0,462835961	200708,8	0,001114548
76000	0,530515	0,469485387	197866,1	0,001114282
77000	0,523905	0,476095429	195119	0,001114102
78000	0,517335	0,482665226	192463,1	0,001114007
79000	0,510806	0,489193952	189894,5	0,001113994
80000	0,504319	0,495680814	187409,4	0,001114062
81000	0,497875	0,502125058	185004,2	0,001114209
82000	0,491474	0,508525961	182675,6	0,001114435
83000	0,485117	0,514882836	180420,2	0,001114737
84000	0,478805	0,521195025	178235,1	0,001115114
85000	0,472538	0,527461906	176117,5	0,001115565
86000	0,466317	0,533682886	174064,5	0,001116089
87000	0,460143	0,539857403	172073,7	0,001116683
88000	0,454015	0,545984927	170142,5	0,001117347
89000	0,447935	0,552064953	168268,7	0,001118079
90000	0,441903	0,55809701	166450	0,001118879

$$\text{Dtp (min)} = 0,001113994$$

$$T (\text{Age Replacement}) = 79000 \text{ menit} = 1316,67 \text{ jam} = 83 \text{ hari}$$

4.2.12 Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan

Selanjutnya menghitung frekuensi dan interval waktu pemeriksaan, diketahui waktu kerja produktif selama periode dari bulan Januari 2014 sampai Agustus 2015 adalah

20 bulan. Total jam kerja produktif Januari 2014 sampai Agustus 2015 adalah 583680 menit.

Sehingga, rata – rata jam kerja produktif 1 bulan = $\frac{583680}{20} = 29184$ menit

4.2.12.1 Perhitungan Perkiraan Jumlah Kerusakan

Frekuensi kerusakan komponen bulan Januari 2014 – Agustus 2015 = 7 kerusakan.

$$K = \frac{\text{Frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{Jangka waktu kerusakan}} = \frac{7}{20} = 0,35 \text{ kerusakan/bulan}$$

4.2.12.2 Rasio Jam Kerja Perbulan Terhadap Rata – Rata Waktu Perbaikan (μ)

$$\text{MTTR} = 148,604 \text{ menit}$$

$$\text{Rata – rata jam kerja produktif} = 29184 \text{ menit}$$

$$\mu = \frac{\text{Jam kerja produktif}}{\text{MTTR}} = \frac{29184}{148,604} = 196,388 \text{ menit}$$

4.2.12.3 Rasio Jam Kerja Perbulan Terhadap Rata – Rata Waktu Pemeriksaan (1/i)

Waktu untuk melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan wawancara = 180 menit

$$\text{Rata – rata waktu pemeriksaan} = \frac{\text{waktu pemeriksaan}}{\text{rata–rata jam kerja produktif}}$$

$$= \frac{180}{29184} = 0,006168$$

$$i = \frac{1}{0,006168} = 162,1333 \text{ menit} = 2,7 \text{ jam}$$

4.2.12.4 Interval Pemeriksaan (1/n)

$$n = \sqrt{\frac{ki}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,35 \times 162,1333}{196,388}} = 0,53$$

$$= 1 \text{ kali per bulan}$$

$$\text{Interval waktu antar pemeriksaan} = \frac{1}{n} \times \text{jam kerja produktif per bulan}$$

$$= \frac{1}{1} \times 29184 = 29184 \text{ menit}$$

$$= 486 \text{ jam} = 31 \text{ hari}$$

4.2.13 Perhitungan Tingkat Keandalan Sebelum dan Sesudah Perawatan

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keandalan komponen kampas kopling sesudah dan sebelum dilakukan perawatan, perhitungannya sebagai berikut :

$$tp/t = 70000$$

$$\beta \text{ (TTF)} = 1,498$$

$$\theta \text{ (TTF)} = 103026$$

$$T = 79000$$

$$R_{tp} = \exp^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} = \exp^{-\left(\frac{70000}{103026}\right)^{1,498}}$$

$$= 0,570969061 \text{ (sebelum)}$$

$$\begin{aligned}
 R(T)^n &= \exp\left[-n\left(\frac{T}{\theta}\right)^\beta\right] &&= \exp\left[-0\left(\frac{79000}{103026}\right)^{1,498}\right] \\
 &= 1 \\
 R(t-nT) &= \exp\left[-\left(\frac{t-T}{\theta}\right)^\beta\right] &&= \exp\left[-\left(\frac{70000-79000}{103026}\right)^{1,498}\right] \\
 &= 0,570969 \\
 R_{mt} &= R(T)^n \times R(t-nT) = 1 \times 0,570969 \\
 &= 0,570969061 \text{ (sesudah)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.17 Tabel tingkat keandalan sebelum dan sesudah perawatan

t (menit)	R (sebelum)	n	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	R (sesudah)
70000	0,570969061	0	1	0,570969	0,570969061
71000	0,564136992	0	1	0,564137	0,564136992
72000	0,557333942	0	1	0,557339	0,557333942
73000	0,550577399	0	1	0,550577	0,550577399
74000	0,543851946	0	1	0,543852	0,543851946
75000	0,537164039	0	1	0,537164	0,537164039
76000	0,530514613	0	1	0,530515	0,530514613
77000	0,523904571	0	1	0,523905	0,523904571
78000	0,517334774	0	1	0,517335	0,517334774
79000	0,510806048	1	0,51081	1	0,510806048
80000	0,504319186	1	0,51081	0,999037	0,510313931
81000	0,497874942	1	0,51081	0,997281	0,509417001
82000	0,491474039	1	0,51081	0,995013	0,508258873
83000	0,485117164	1	0,51081	0,992337	0,506891614
84000	0,478804975	1	0,51081	0,989311	0,505345879
85000	0,472538094	1	0,51081	0,985977	0,503642783
86000	0,466317114	1	0,51081	0,982365	0,501798178
87000	0,460142597	1	0,51081	0,978502	0,499824642
88000	0,454015073	1	0,51081	0,974406	0,497732542
89000	0,447935047	1	0,51081	0,970096	0,495530674
90000	0,44190299	1	0,51081	0,965585	0,493226666
91000	0,435919349	1	0,51081	0,960888	0,490827244
92000	0,429984541	1	0,51081	0,956015	0,488338424

t (menit)	R (sebelum)	n	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	R (sesudah)
92895,3	0,424713096	1	0,51081	0,951514	0,48603891
93000	0,424098959	1	0,51081	0,950979	0,485765652
94000	0,418262966	1	0,51081	0,945787	0,4831139
95000	0,412476902	1	0,51081	0,94045	0,480387744

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisa Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan data yang telah diambil adalah data kerusakan komponen mesin bus Tipe Hyundai kode 01 dengan nomor polisi AB 7048 AS. Data – data tersebut diambil dari data perawatan bulan januari 2014 sampai bulan Agustus 2015. Penentuan komponen kritis dilakukan berdasarkan dari diagram *paretto*, dimana pada 80 % kumulatif terdapat 7 komponen yang mengakibatkan masalah, dari komponen tersebut memiliki kontribusi penyebab *downtime* terbesar yaitu komponen kampas kopling yang memiliki total waktu *downtime* 1215 menit atau 25 % dari *downtime* kumulatif semua komponen.

5.2 Analisa *Time To Repair* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF)

Perhitungan selang waktu antar kerusakan dari suatu kerusakan yang telah diperbaiki atau *Time To Failure* (TTF) dan selang waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen pada saat mengalami kerusakan atau *Time To Repair* (TTR) dari komponen kritis. Total dari *Time To Failure* (TTF) sebesar 532580 menit dan *Time To Repair* (TTR) sebesar 1215, artinya pada bulan januari 2014 sampai bulan Agustus 2015 komponen kampas kopling mempunyai total selang waktu antar kerusakan sebesar 532580 menit dan total selang waktu perbaikan sebesar 1215 menit.

5.3 Analisa Perhitungan *Index Of Fit*

Perhitungan *Index of fit* untuk menentukan distribusi mana yang akan digunakan, jenis distribusi tersebut adalah distribusi Weibull, distribusi Eksponensial, distribusi normal dan distribusi Lognormal. Dari data *Time To Failure* (TTF) jenis distribusi yang dipilih adalah distribusi Weibull dengan nilai *Index of Fit* sebesar 0,9872. Artinya

distribusi Weibull memiliki nilai *Index of Fit* terbesar pada data *Time To Failure* (TTF). Sedangkan dari data *Time To Repair* (TTR) nilai *Index of Fit* terbesar ada pada distribusi Weibull dengan nilai *Index of Fit* sebesar 0,9536.

5.4 Analisa Uji *Goodnes Of Fit*

Untuk menguji distribusi terpilih dari perhitungan *Index of Fit* terbesar dari data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR), maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kecocokan distribusi atau uji *Goodnes of Fit* untuk mengetahui dan memastikan apakah distribusi yang telah didapatkan untuk mewakili penyebaran data telah benar. Uji yang dilakukan sesuai distribusi terpilih dari nilai *Index of Fit* terbesar. Untuk uji *Goodnes of Fit* pada data *Time To Failure* (TTF), distribusi terpilihnya adalah distribusi Weibull maka uji yang digunakan adalah uji Mann (*Mann's Test*). Dari uji Mann distribusi Weibull data *Time To Failure* (TTF) didapatkan nilai M sebesar 1,2 dan nilai F sebesar 4,39, maka $M < F$ yang berarti H_0 diterima dan data *Time To Failure* (TTF) berdistribusi Weibull. Sedangkan untuk uji *Goodnes of Fit* pada data *Time To Repair* (TTR), distribusi terpilihnya juga distribusi Weibull maka uji yang digunakan adalah uji Mann (*Mann's Test*). Dengan nilai M sebesar 1,167 dan nilai F sebesar 3,87, maka $M < F$ yang berarti H_0 diterima dan data *Time To Repair* (TTR) berdistribusi Weibull.

5.5 Analisa Perhitungan Parameter Distribusi

Setelah diketahui bahwa dari data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR), berdistribusi Weibull. Selanjutnya menentukan parameter dari distribusi Weibull. Untuk data *Time To Failure* (TTF) nilai $\beta = 1,498$, $\alpha = -17,294$ dan $\theta = 103026$ menit atau $\beta > 1$, menunjukkan bahwa laju kerusakan komponen kampas kopling meningkat. Sedangkan data *Time To Repair* (TTR) nilai $\beta = 3,962$, $\alpha = -20,207$ dan $\theta = 163,95$ menit atau $\beta > 1$, menunjukkan bahwa laju perbaikan komponen kampas kopling meningkat.

5.6 Analisa Perhitungan MTTF Dan MTTR

Untuk nilai MTTF dan MTTR dapat diketahui sesuai distribusi terpilih, dimana MTTF dan MTTR menggunakan distribusi Weibull. Dari hasil perhitungan nilai MTTF dari komponen kritis kampas kopling adalah 92895,26 menit atau 1548,24 jam atau 97 hari. Sedangkan hasil perhitungan MTTR komponen kritis kampas kopling adalah 148,604 menit atau 2,5 jam. Yang artinya bahwa Komponen kampas kopling interval waktu perawatan yang optimal, maksimal dilakukan perawatan selama selang waktu 97 hari dan waktu perbaikan yang optimal 2,5 jam setiap kali mengalami kerusakan.

5.7 Analisa Interval Waktu Perawatan Penggantian *Preventive* Berdasarkan *Downtime*

Perhitungan interval waktu perawatan *preventive* dilakukan untuk mengetahui perawatan *preventive* berdasarkan umur komponen optimal. Dari data distribusi yang sesuai untuk data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) serta nilai MTTF dan MTTR, selanjutnya dapat diketahui interval waktu perawatan *preventive* berdasarkan *downtime*, dari perhitungan interval waktu perawatan *preventive* diperoleh nilai D_{tp} terkecil adalah 0,001113994 dan nilai t_p 79000 menit atau 1316,67 jam atau 83 hari yang berarti penggantian komponen kampas kopling dilakukan kira – kira setiap 83 hari dihitung dari waktu komponen kampas kopling beroperasi setelah penggantian.

5.8 Analisa Penentuan Frekuensi Dan Interval Waktu Pemeriksaan

Pemeriksaan bertujuan untuk mengetahui apakah suatu komponen masih berada dalam keadaan baik atau ada hal yang perlu diperbaiki, sehingga dapat mengantisipasi kerusakan yang mungkin terjadi. Dari perhitungan di dapatkan frekuensi pemeriksaan dilakukan 1 kali per bulannya setiap 486,4 jam atau 31 hari setelah pemeriksaan terakhir.

5.9 Analisa Tingkat Keandalan Sebelum Dan Sesudah Perawatan

Perhitungan tingkat keandalan dilakukan untuk kondisi sebelum dan sesudah adanya tindakan perawatan pencegahan dalam beberapa waktu, dengan demikian bisa didapatkan suatu gambaran yang jelas bagaimana sistem perawatan pencegahan dapat meningkatkan keandalan. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan distribusi terpilih adalah distribusi Weibull. Dari hasil perhitungan pada waktu perawatan maksimal yaitu pada waktu 92895,26 menit nilai keandalan sebelum perawatan sebesar 0,425 dan sesudah dilakukan perawatan sebesar 0,486. Yang artinya dengan menerapkan usulan waktu perawatan *preventive*, adanya kenaikan tingkat keandalan sebesar 0,06 dan keandalan dapat terus terjaga pada tingkat yang tinggi dan mesin tersebut dapat kembali handal dalam operasinya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa yang menjadi komponen kritis mesin bus adalah komponen kampas kopling dengan total *downtime* sebesar 1215 menit dan prosentasenya 25 % dari *downtime* kumulatif semua komponen. Kampas Kopling akan rusak setelah beroperasi selama 97 hari waktu penggantian dilakukan setelah beroperasi selama 83 hari dengan waktu perbaikan maksimal selama 2,5 jam. Pemeriksaan dilakukan setiap 31 hari atau 1 bulan sekali seteh pemeriksaan terakhir.

5.2 Saran

Adapun saran – saran yang dapat diberikan sebagai masukan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah :

1. Perbaikan pencatatan perawatan mesin yang lebih detail dan spesifik, agar data – data historis yang digunakan sebagai input perhitungan mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Penerapan program perbaikan usulan dengan perawatan *preventive* dapat dilakukan dengan baik dan efektif apabila dilakukan sesuai dengan waktu yang telah di usulkan.
3. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menggunakan komponen kritis lebih dari satu dan menggunakan metode berbeda untuk perbandingan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, L.W, Adianto. H, Susanty. S (2014). Usulan Selang Waktu Perawatan dan Jumlah Komponen Cadangan Optimal dengan Biaya Minimum Menggunakan Metode Smith dan Dekker (Studi Kasus di PT. X)*. *Reka Integra* ISSN: 2338-5081, Vol. 02, No. 02.
- Ansori, N dan Mustajib M, I (2013). Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Assauri, Sofjan. (1998). Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Chairani. L, Veranda, Y.U dan Yulianti, N.H (2015). Faktor Penyebab Kerusakan Sistem Mesin pada Bus APTB PPD. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* ISSN : 1412-6869, Vol. 14, No.1.
- Ebeling, Charles (1997). Reliability and Maintainability Engineering. Singapore : McGraw-Hill International Edition.
- Eka, V.B, Widha, N.S dan Rahman, A (2013). Perencanaan Jadwal Perawatan Preventif Berbasis Keandalan untuk Meningkatkan Availability Mesin Kertas. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol. 3, No. 1
- Gasperz, Vincent. (1992), Analisis Sistem Terapan berdasarkan Pendekatan Teknik Industri. Bandung: Tassano, Edisi Pertama.
- Immawan. T dan Saputra. H. J. (2010). Usulan Penentuan Waktu Perawatan Pencegahan Dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal Pada Komponen Kritis Rantai Transfer Berdasarkan *Downtime*. JOIR. Vol. IX. No. 1.

- Indra, A.W, Natalia, D.P dan Hidayat, A (2013). Penjadwalan Perawatan dan Pergantian Sparepart Di PO X, Bojonegoro, *Jurnal Imiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. Vol 2. No 2.
- Majid, A. M, Moengin, P, Witonohadi, A (2014). Usulan *Total Productive Maintenance* (TPM) Dengan Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Untuk Perencanaan Perawatan Pabrik *Bar Mill* Pada PT. Krakatau Wajatama. *Jurnal Teknik Industri* ISSN : 1411 – 6340
- Mauidzoh, U dan Ahmadi, N (2013). Analisis Total Produktive Maintenance Bus Trans Jogja Untuk Memperbaiki Kinerja Perusahaan. *Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto*, Vol 5, No. 2.
- Marvin dan Felecia (2015). Upaya Penurunan *Downtime* pada mesin *Moulding* di PT.X. *Jurnal Titra*, Vol.3, No.2, pp. 383-390.
- Nasution, M.N. (2004). Manajemen Jasa Terpadu. Jakarta: PT Ghalia Indonesia.
- Nasution, A.H. (2006). Manajemen Industri. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Pasang Mata.com. Lalin Tersendat Akibat Bus Trans Jogja Mogok Di Bahu Jalan. (online) : <https://pasangmata.detik.com/contribution/173430> (17 November 2015)
- Praharsi. Y, Sriwana. I. K. dan Sari. D. M (2015). Perancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance* pada PT. Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* ISSN :1412-6869, Vol. 14, No.1, Juni 2015.
- Prayuda. Y, Sinulingga. S dan Siregar. I (2014). Implementasi Studi Preventive Maintenance Fasilitas Produksi pada Pabrik Teh Hitam Dengan Metode RCM Di PTPN Vi Kebun Kayu Aro. *E-Jurnal Teknik Industri FT USU*, Vol. 3, No.2, pp. 53-57.

- Purnama. J, Anggara Y.P, dan Kalamollah. M (2015). Metode *Age Replacement* Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015*, ISBN : 978-602-98569-1-0
- Revitasari. C, Novareza. O, dan Darmawan. Z (2014). Penentuan Jadwal *Preventive Maintenance* mesin-mesin di Stasiun Gilingan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol. 3, No. 3.
- Rumita. R, Nugoro S. W. P, dan Putri S. R (2014). Analisis Repair Policy dan Preventive Maintenance Policy Untuk Mengetahui Biaya yang Optimal pada Mesin MV-40 Line Cylinder Head PT. Kubota Indonesia. *Annual Conference in Industrial and System Engineering*. ISBN : 978.979-97571-5-9.
- Santoso. E dan Chairul. E. J (2007), Minimasi *Downtime Tool Punch* Mesin Heading pada *Preventive Maintenance* Dengan Metode *Age Replacement*. *INASEA*, Vol. 8, No. 2, 134 – 143.
- Suharto. (1991). Manaemen Perawatan Mesin. Jakarta : Rineka Cipta
- Supandi. (1999). Perawatan Industri. Bandung : Ganeca Exact.
- Sudrajat, Ating. (2011). Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. Bandung : Reflika Aditama
- Vidiasari. D, Soemadi. K, Mustofa. F. H. (2015). Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem *Printing Unit U41* Menggunakan Metode *Age Replacement* di PT. Pikiran Rakyat. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional ISSN : 2338-5081*, Vol.03, No.01.

LAMPIRAN

A- Tabel Fungsi Dan Gambar Komponen

Gambar	Nama komponen	Fungsi
	Kampas Kopling	Sebagai penyalur tenaga mesin ke transmisi
	Dinamo Ampere	Untuk mengisi setrum aki dan mensuplai kebutuhan tenaga listrik
	Dinamo Stater	Sebagai pendorong daya listrik untuk mendapat tekanan yang cukup untuk menghidupkan mesin
	Klep	Mengatur masuknya gas baru dan keluarnya gas buang pada mesin
	Filter Solar	Menyaring kotoran pada bahan bakar dan mengalirkan bahan bersih ke mesin
	Filter Oli	Menyaring kotoran pada oli dan menyalurkan oli bersih ke mesin
	Filter Udara	Menyaring dan membuang debu dari udara yang masuk

Gambar	Nama komponen	Fungsi
	Porsneleng	Menghantarkan tenaga mekanis dari penggerak roda dengan kecepatan lebih rendah dan gaya putar tinggi
	Switch Stater	Penggerak awal ketika mesin pertama kali dinyalakan
	Radiator	Mengurangi suhu panas mesin saat bekerja
	Tranmisi	Merubah arah putaran roda, sehingga dapat dijalankan maju dan mundur
	Van Belt	Mentramisikan daya dari poros yang satu ke poros yang lainnya

B- Gambar Surat Penelitian Sekretariat Daerah Yogyakarta



PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
SEKRETARIAT DAERAH
 Kompleks Kepatihan, Danurejan, Telepon (0274) 562811 - 562814 (Hunting)
 YOGYAKARTA 55213

operator2@yahoo.com

SURAT KETERANGAN / IJIN

070/REG/VI/187/10/2015

Membaca Surat : **SEK. PRODI TEKNIK INDUSTRI** Nomor : **553/SEK.PRODI/20/TI/X/2015**
 Tanggal : **6 OKTOBER 2015** Perihal : **IJIN STUDI PENDAHULUAN/MENCARI DATA/PRA PENELITIAN/ORIENTASI LAPANGAN/WAWANCARA**

- Mengingat :
1. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2006, tentang Perizinan bagi Perguruan Tinggi Asing, Lembaga Penelitian dan Pengembangan Asing, Badan Usaha Asing dan Orang Asing dalam melakukan Kegiatan Penelitian dan Pengembangan di Indonesia;
 2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 20 Tahun 2011, tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di Lingkungan Kementerian Dalam Negeri dan Pemerintah Daerah;
 3. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 37 Tahun 2008, tentang Rincian Tugas dan Fungsi Satuan Organisasi di Lingkungan Sekretariat Daerah dan Sekretariat Dewan Perwakilan Rakyat Daerah.
 4. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 18 Tahun 2009 tentang Pedoman Pelayanan Perizinan, Rekomendasi Pelaksanaan Survei, Penelitian, Pendataan, Pengembangan, Pengkajian, dan Studi Lapangan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

DIIJINKAN untuk melakukan kegiatan survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan kepada:

Nama : **TANGGUH PRIHATMOKO** NIP/NIM : **11522372**
 Alamat : **FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI, TEKNIK INDUSTRI, UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
 Judul : **-**
 Lokasi : **DINAS PERHUBUNGAN, KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA DIY, PT. JOGJA TUGU TRANS**
 Waktu : **13 OKTOBER 2015 s/d 13 NOVEMBER 2015**

Dengan Ketentuan

1. Menyerahkan surat keterangan/ijin survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan *) dari Pemerintah Daerah DIY kepada Bupati/Walikota melalui institusi yang berwenang mengeluarkan ijin dimaksud;
2. Menyerahkan soft copy hasil penelitiannya baik kepada Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta melalui Biro Administrasi Pembangunan Setda DIY dalam compact disk (CD) maupun mengunggah (upload) melalui website adbang.jogjapro.go.id dan menunjukkan cetakan asli yang sudah disahkan dan dibubuhi cap institusi;
3. Ijin ini hanya dipergunakan untuk keperluan ilmiah, dan pemegang ijin wajib mentaati ketentuan yang berlaku di lokasi kegiatan;
4. Ijin penelitian dapat diperpanjang maksimal 2 (dua) kali dengan menunjukkan surat ini kembali sebelum berakhir waktunya setelah mengajukan perpanjangan melalui website adbang.jogjapro.go.id;
5. Ijin yang diberikan dapat dibatalkan sewaktu-waktu apabila pemegang ijin ini tidak memenuhi ketentuan yang berlaku.

Dikeluarkan di Yogyakarta
 Pada tanggal **13 OKTOBER 2015**
 A.n Sekretaris Daerah
 Asisten Perekonomian dan Pembangunan
 Ub.

Kepala Biro Administrasi Pembangunan



Dra. Puji Astuti, M.Si
 NIP. 19590825 198503 2 006

Tembusan :

1. GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (SEBAGAI LAPORAN)
2. DINAS PERHUBUNGAN, KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA DIY
3. PT. JOGJA TUGU TRANS
4. SEK. PRODI TEKNIK INDUSTRI, UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
5. YANG BERSANGKUTAN

C- Gambar Tabel Gamma Function

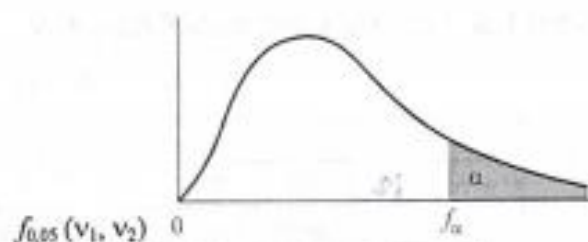
Statistical and Numerical Tables 473

TABLE A.9
Gamma function

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

D- Gambar Tabel Distribusi – F

Tabel L.6* Nilai kritis distribusi-F



v_2	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

*) Disalin dari Tabel 18 *Biometrika Tables for Statisticians*, Jilid I selzin E.S. Pearson dan Biometrika Trustees.