

**Penentuan Kebijakan Perawatan Mesin Dengan Analisis
Reliability
Di PT. Jalur Nugraha Ekakurir**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata-1 Jurusan Teknik Industri**



Oleh :

Nama : Robi Destira
No. Mahasiswa : 04 522 031

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

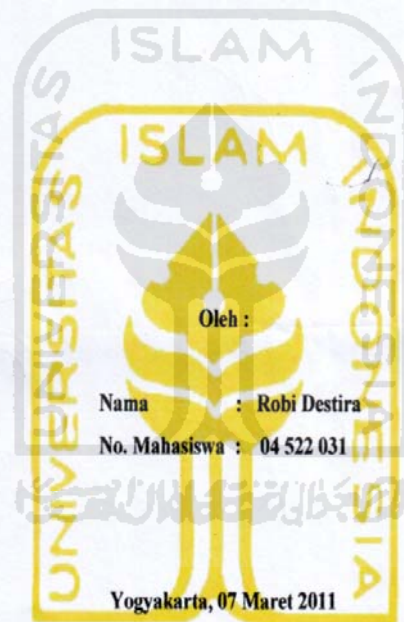
2011

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Penentuan Kebijakan Perawatan Mesin Dengan Analisis Reliability Di PT. Jalur

Nugraha Ekakurir

TUGAS AKHIR



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

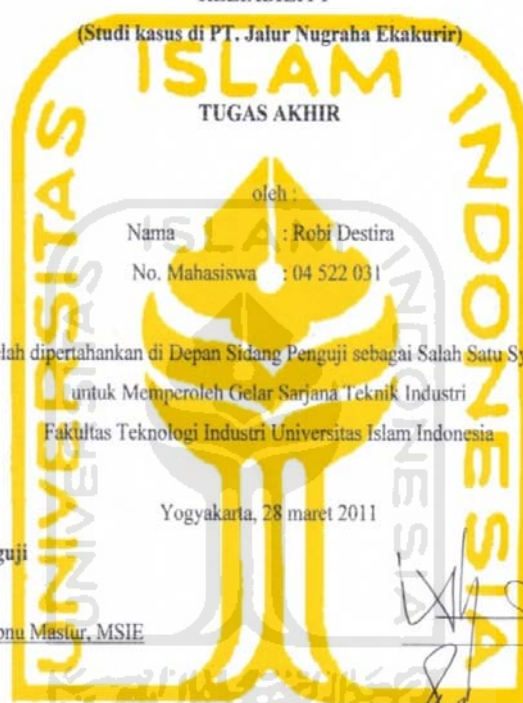
Pembimbing Tugas Akhir

(Drs. HM Ibnu Mastur, MSIE)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

“PENENTUAN KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN DENGAN ANALISIS
RELIABILITY”

(Studi kasus di PT. Jalur Nugraha Ekakurir)



oleh :

Nama : Robi Destira

No. Mahasiswa : 04 522 031

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 28 maret 2011

Tim Penguji

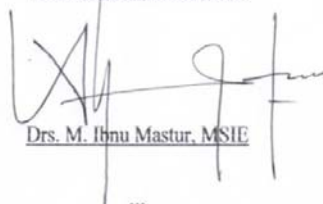
Drs. M. Ibnu Mastur, MSIE
Ketua

Ir. Sunaryo, MP
Anggota I

Drs. Imam Djati W, M.Eng.Sc
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia


Drs. M. Ibnu Mastur, MSIE

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil ‘alamin...

Atas ridho Allah SWT tugas akhir ini dapat terselesaikan.

**Kupersembahkan hasil karyaku ini kepada orang-orang yang paling berarti
dan telah mengisi catatan dalam hidupku :**

**Ayahanda Uus Rusnandar dan Ibunda Ika Setiawati yang sangat kuhormati
dan kusayangi, yang selalu Mendo’akan, membimbing, memotivasi dan
berkorban untukku setiap saat**

**Adik-adikku, Yosi Mariani dan Muhammad Insan Maulana yang telah
mendukungku setiap saat**

**Sahabat – sahabatku yang telah hadir dan menemaniku disepanjang
perjalananku**

Terima kasih untuk semuanya yang telah kalian berikan kepadaku

MOTTO

“Maha Suci Allah yang ditangan-Nya,segala kerajaan dan Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu, yang menjadikan mati atau hidup, untuk menguji siapa diantara kalian yang terbaik amalnya. Dan Dia Maha perkasa lagi Maha Pengampun. Yang telah menciptakan tujuh lapis langit..”

(Q.S. Al-Mulk 1-3)

“Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mudahkan baginya jalan menuju Surga”

(HR. Muslim)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”

(Q.S. Ar-Rahman 13)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum, Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Rabb alam semesta yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penentuan Kebijakan Perawatan Mesin Dengan Analisis Reliability Di PT. Jalur Nugraha Ekakurir” dengan baik. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi wa Sallam, keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman..

Adapun Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) di jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulis banyak menemui kesulitan dan hambatan dalam menyelesaikan tugas

akhir ini. Namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akhirnya halangan maupun rintangan ini dapat penulis atasi dengan baik. Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Drs. HM Ibnu Mastur, MSIE. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sekaligus Sebagai dosen

pembimbing tugas akhir, yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan saran dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

3. Bapak Mulyadi beserta keluarga selaku pembimbing di PT. Jalur Nugraha Ekakurir.
4. Ibunda, Ayahanda, keluarga, sahabat, dan teman-teman atas segala doa, bantuan, dan kasih sayang yang tiada habisnya.
5. Semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari rekan – rekan mahasiswa, dosen dan berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi kita semua.

Wassalamu 'alaikum, Wr. Wb

Yogyakarta, Maret 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAKSI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Pengertian Perawatan.....	8

2.2	Jenis-Jenis Perawatan.....	9
2.2.1	Perawatan Tidak Terencana.....	9
2.2.2	Perawatan Terencana.....	9
2.3	Tujuan Perawatan.....	12
2.4	Keandalan.....	13
2.4.1	Definisi Keandalan.....	13
2.4.2	Fungsi Distribusi Keandalan.....	15
2.4.3	Laju Kerusakan (Failure Rate).....	17
2.4.4	Fungsi Laju Kerusakan.....	17
2.4.5	Kurva Bak Mandi (Bath Tub Curve).....	19
2.5	Distribusi Kerusakan.....	21
2.5.1	Distribusi Weibull.....	21
2.5.2	Distribusi Normal.....	25
2.5.3	Distribusi Lognormal.....	28
2.5.4	Distribusi Eksponensial.....	30
2.6	Identifikasi Distribusi.....	32
2.6.1	Least-Square Curve Fitting.....	32
2.6.2	Parameter Untuk Distribusi Eksponensial.....	33
2.6.3	Parameter Untuk Distribusi Weibull.....	33
2.6.4	Parameter Untuk Distribusi Normal.....	34
2.6.5	Parameter Untuk Distribusi Lognormal.....	35
2.7	Uji Kesesuaian Distribusi.....	36
2.7.1	Chi Square Goodness of Fit.....	37

2.7.2	Uji Barlett's Test untuk Distribusi Eksponensial.....	37
2.7.3	Pengujian Mann (Mann's Test) untuk distribusi Weibull.....	38
2.7.4	Uji Kolmogorov- Smirnov untuk distribusi Normal dan Lognormal.....	39
2.8	Mean Time To Failure.....	41
2.9	Mean Time To Repair.....	42
2.10	Perhitungan Keandalan.....	43
2.11	Menentukan Waktu Perawatan Berdasarkan Biaya Perawatan Minimum.....	43
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1	Obyek Penelitian.....	45
3.2	Sumber Data Dan Alat Penelitian.....	45
3.2.1	Sumber Data.....	45
3.2.2	Alat Penelitian.....	46
3.3	Kerangka Penelitian.....	46
3.4	Pengumpulan Data.....	47
3.5	Pengolahan data.....	48
3.6	Tahap Pembahasan.....	48
3.7	Kesimpulan Dan Saran.....	49
3.8	Flow Chart Penelitian.....	50
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	51
4.1	Data Umum Perusahaan.....	51
4.1.1	Sejarah PT. Jalur Nugraha Ekakurir.....	51

4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	52
4.1.3	Struktur Organisasi Perusahaan.....	53
4.1.4	Jasa Yang Diberikan.....	54
4.1.5	Waktu dan Pembagian Kerja.....	56
4.1.6	Kegiatan Pemeliharaan.....	56
4.2	Pengumpulan Data.....	57
4.2.1	Data Kendaraan.....	57
4.2.2	Data Perawatan Mesin dan Penentuan Fokus Penelitian.....	58
4.3	Daihatsu Espass 1.3 Star Wagon.....	59
4.3.1	Perhitungan Interval Waktu Antar Kerusakan.....	59
4.3.2	Identifikasi Distribusi.....	61
4.3.2.1	Identifikasi Distribusi Untuk Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF).....	61
4.3.2.2	Nilai Index of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan Tiap Distribusi.....	71
4.3.2.3	Identifikasi Distribusi Untuk Data Waktu Perbaikan.....	72
4.3.2.4	Nilai Index of Fit Data Waktu Perbaikan.....	83
4.3.3	Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan.....	83
4.3.4	Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Waktu Perbaikan.....	87
4.4	Fungsi Distribusi, MTTF, MTTR, dan Availability.....	94
4.4.1	Fungsi Distribusi Weibull.....	94
4.4.2	Perhitungan MTTF.....	96

4.4.4	Perhitungan MTTR.....	97
4.4.5	Availability.....	97
4.5	Perhitungan Keandalan.....	98
4.6	Perhitungan Biaya Perawatan.....	99
BAB V	PEMBAHASAN	102
5.1	Analisa Penentuan Kendaraan.....	102
5.2	Analisa Perhitungan Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dan Waktu Perbaikan (TTR).....	102
5.3	Analisa Terhadap Perhitungan Index Of Fit, Uji Goodness Of Fit, MTTF, MTTR.....	104
5.3.1	Hubungan Index Of Fit dan Uji Goodnes Of Fit.....	104
5.3.2	Perhitungan Index Of Fit.....	104
5.3.3	Analisa Uji Goodness Of Fit.....	105
5.3.4	Uji Goodness Of Fit.....	106
5.3.5	Perhitungan MTTF dan MTTR.....	109
5.4	Analisa Keandalan Mesin.....	109
5.5	Analisa Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan dan Biaya Minimum.....	110
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	114
6.1	Kesimpulan.....	114
6.2	Saran.....	115
	DAFTAR PUSTAKA	116
	LAMPIRAN	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Bentuk (β) Distribusi Weibull.....	22
Tabel 4.1 Data Kendaraan Operasional Perusahaan.....	57
Tabel 4.2 Data Perawatan Korektif.....	58
Tabel 4.3 Data Perawatan Preventif.....	58
Tabel 4.4 Data Perhitungan Waktu Perbaikan (TTR) dan Waktu Antar Kerusakan (TTF).....	59
Table 4.5 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Weibull.....	61
Table 4.6 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Eksponensial.....	64
Table 4.7 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Normal.....	66
Table 4.8 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Lognormal.....	68
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Index Of Fit Interval Waktu Antar Waktu Kerusakan.....	72
Table 4.10 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Weibull.....	72
Table 4.11 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Eksponensial.....	75

Table 4.12 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR)..... dengan Distribusi Normal.....	77
Table 4.13 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Lognormal.....	80 83
Tabel 4.14 Perbandingan Nilai Index Of Fit Data Waktu perbaikan.....	
Tabel 4.15 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull.....	85 88
Table 4.16 Uji Bartlett's Test.....	
Tabel 4.17 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Interval Waktu Perbaikan (TTR) Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal.....	91 95 98
Tabel 4.18 Perhitungan Fungsi Ditribusi Weibull.....	101
Tabel 4.19 Perhitungan Fungsi Ditribusi Lognormal.....	103 106
Tabel 4.20 biaya perawatan.....	107
Tabel 4.21 Biaya Perawatan Mesin Kendaraan tp 1 Hingga`tp 1400.....	
Tabel 5.1 Nilai TTF dan TTR Mesin Kendaraan.....	107
Tabel 5.2 Nilai Index Of Fit Masing-Masing Distribusi Untuk Data TTF	113
Tabel 5.3 Nilai Index Of Fit Masing-Masing Distribusi Untuk Data TTR.....	
Tabel 5.1 Biaya Perawatan Mesin Kendaraan tp 1 Hingga`tp 1400.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara berbagai bentuk perawatan.....	11
Gambar 2.2. Bath Tub Curve (Kurva Bak Mandi).....	19
Gambar 2.3 Fungsi Kepadatan Probabilitas Weibull (effect of β).....	23
Gambar 2.4 Fungsi Keandalan Weibull (effect of β).....	23
Gambar 2.5 Fungsi Kepadatan Kumulatif Weibull (effect of β).....	23
Gambar 2.6 Kurva Laju Kerusakan Weibull (effect of β).....	24
Gambar 2.7 Fungsi Kepadatan Kumulatif Weibull (effect of θ).....	24
Gambar 2.8 Fungsi Keandalan Weibull (effect of θ).....	24
Gambar 2.9 Kurva Laju Kerusakan Weibull (effect of θ).....	25
Gambar 2.10 Fungsi Kepadatan Probabilitas Normal.....	26
Gambar 2.11 Fungsi Distribusi Kumulatif Normal.....	27
Gambar 2.12 Kurva Laju Kerusakan Normal.....	27
Gambar 2.13 Fungsi Reliabilitas Normal.....	27
Gambar 2.14 Fungsi Kepadatan Kemungkinan Lognormal.....	29
Gambar 2.15 Fungsi Kepadatan Kumulatif Lognormal; $t_{med} = 1,0$	29
Gambar 2.16 Kurva Laju Kerusakan Lognormal; $t_{med} = 1,0$	29
Gambar 2.17 Fungsi Kepadatan Distribusi Eksponensial.....	31
Gambar 2.18 Fungsi Distribusi Kumulatif Eksponensial.....	31
Gambar 2.19 Fungsi Keandalan Eksponensial.....	31
Gambar 3.1. Kerangka penelitian.....	50
Gambar 4.1 Nilai kritis Untuk $F(0.05;20;21)$	87

Gambar 4.2 nilai kritis untuk $X^2_{0,975;21} < B < X^2_{0,025;21}$	90
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Keandalan.....	112
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Waktu Perawatan dan Total Biaya Perawatan.....	115
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Total Biaya dan Reliability.....	115
Gambar 5.4 Grafik Biaya Perawatan berdasarkan waktu.....	116



ABSTRAKSI

Perawatan diperlukan untuk menjaga keandalan dari setiap fasilitas yang dimiliki, sehingga fasilitas tersebut tetap berada pada kondisi siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan keandalan adalah kemungkinan (probabilitas) bahwa suatu item akan tetap memenuhi unjuk kerjanya (performance) atas persyaratan fungsional tanpa kegagalan pada suatu kondisi operasi tertentu dan pada suatu periode tertentu. PT. Jalur Nugraha Ekakurir Jogjakarta ingin meningkatkan keandalan pada setiap mesin kendaraannya dan dengan biaya yang minimum sehingga pengeluaran perusahaan untuk perawatan bisa diminimalisir. Model perhitungan dengan analisis reliability digunakan untuk pemecahan masalah diatas yang dipengaruhi oleh laju kerusakan, waktu pemeriksaan, biaya perawatan baik pencegahan maupun perbaikan, nilai waktu rata-rata antar kerusakan, nilai waktu rata-rata perbaikan, parameter skala, dan parameter bentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapanakah perawatan harus dilakukan untuk menjaga keandalan mesin kendaraan dengan biaya yang seminimal mungkin, dan sekaligus memberikan solusi bagi PT. Jalur Nugraha Ekakurir khususnya dalam hal perawatan mesin. Penelitian dilakukan pada mesin kendaraan Daihatsu Espass 1.3 Star Wagon yang memiliki kerusakan paling banyak dan nilai availability paling rendah yaitu 22 kerusakan dan nilai availability 99,72%. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa biaya perawatan yang minimal dengan tingkat keandalan yang tinggi akan bisa dicapai jika perawatan dilakukan setiap 50 jam sekali dengan biaya sebesar Rp. 4.383,34 dan tingkat keandalan 95,40%.

Kata Kunci : Perawatan, keandalan, mesin kendaraan, biaya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam era persaingan Bisnis yang semakin global disertai perkembangan teknologi yang pesat, industri dan jasa terus berusaha meningkatkan kualitas dan pelayanan yang dihasilkannya. Perkembangan sebuah usaha yang semakin meningkat secara terus-menerus memerlukan dukungan proses pelayanan yang baik dan lancar bagi konsumen. Di bidang transportasi khususnya kesiapan kendaraan yang merupakan alat produksinya menjadi suatu hal yang sangat perlu untuk memenuhi kepuasan pelanggan, oleh sebab itu dibutuhkan sistem perawatan yang baik bagi setiap kendaraan.

Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting. Perawatan selain sebagai pendukung beroperasinya sistem lancar sesuai dengan yang dikehendaki dan dapat meminimalkan kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat kerusakan mesin, pada dasarnya Perawatan atau pemeliharaan mesin adalah aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan untuk mempertahankan agar fasilitas seperti mesin dan peralatan produksi baru, dan peralatan lainnya tetap dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya berdasarkan waktu yang telah ditetapkan. Perawatan juga merupakan kombinasi dari setiap tindakan yang dilaksanakan untuk

mempertahankan atau mengembalikan suatu hal (item) pada kondisi yang dapat diterima (Sirod Hantoro, 2002).

Semua kegiatan dalam tindak pemeliharaan membutuhkan biaya. Namun karena biaya yang tersedia umumnya sangat terbatas, maka harus dihemat. Program perawatan yang dianut saat ini adalah berdasarkan pertimbangan reliability dan ekonomi. Berdasarkan hal di atas, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk menentukan suatu sistem manajemen perawatan yang terpadu secara maksimal, sehingga keandalan mesin bisa tetap terjaga dan biaya perawatan mesin dapat diminimalisir, hal ini berarti meningkatkan profit atau keuntungan perusahaan.

Studi kasus yang akan dilakukan di PT.JNE ini berkaitan erat dengan banyaknya kerusakan yang terjadi pada mesin kendaraan dalam masa periode akhir tahun 2008 hingga tahun 2010, meskipun sudah dilakukan perawatan pencegahan tetapi kendaraan masih sering mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut dapat terjadi disebabkan belum tepatnya penjadwalan perawatan pencegahan yang dilakukan. Oleh karena itu diperlukan ketepatan dalam menentukan waktu perawatan yang optimal sehingga keandalan mesin tetap terjaga dan dengan biaya yang seminimal mungkin.

1.2 Rumusan Masalah

Suatu rencana perawatan yang tepat dibutuhkan untuk mencegah mesin kendaraan mengalami kerusakan sehingga dapat bekerja dengan baik. Perencanaan perawatan yang akan dilakukan dapat didasari oleh keandalan dari

mesin tersebut, dimana keandalan (reability) di definisikan sebagai peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal jika digunakan menurut operasi tertentu untuk suatu periode tertentu. Suatu perencanaan perawatan juga harus di didasarkan pada biaya yang minimum sehingga dapat menghemat biaya pengeluaran perusahaan.

Berdasarkan uraian diatas maka akan timbul suatu pertanyaan, “kapankah kegiatan perawatan dilakukan untuk menjaga keandalan pada mesin kendaraan dengan biaya yang seminimal mungkin ?”

1.3 Batasan Masalah

Dalam perumusan masalah yang diuraikan diatas, maka penyusun memberikan beberapa batasan yaitu :

1. Penelitian dilakukan di PT. Jalur Nugraha Ekakurir.
2. Aspek teknis dan pelaksanaan kegiatan perawatan tidak termasuk dalam pembahasan.
3. Penentuan tindakan pencegahan yang optimum dikemukakan berdasarkan interval waktu kerusakan (failure interval).
4. Penelitian dilakukan pada bagian mesin kendaraan secara keseluruhan dengan tidak melihat bagian komponen-komponen mana yang mengalami kerusakan.
5. Data historis dan wawancara dianggap cukup untuk melakukan penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif dalam pelaksanaan kegiatan perawatan untuk menjaga keandalan mesin kendaraan dengan biaya yang seminimal mungkin dapat dicapai perusahaan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh alternatif kebijakan perawatan sesuai dengan keandalan mesin kendaraan.
2. Mengetahui biaya minimum yang dapat dikeluarkan oleh perusahaan dalam perawatan mesin kendaraan.
3. Menghindari terhambatnya proses operasional di PT. JNE sebagai perusahaan yang menjadi objek penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara umum mengenai keseluruhan isi laporan:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori dan model yang mendukung dalam pemecahan masalah.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian sehingga laporan tersusun secara lebih sistematis serta berisikan pendekatan yang dilakukan dalam pemecahan masalah.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisikan tentang data yang diperlukan yaitu data-data mengenai gambaran umum perusahaan, periode kerusakan, tindakan perawatan pencegahan serta pengolahan data dan hasil penelitian.

BAB V PEMBAHASAN

Berisikan analisa dari data yang didapat tentang perawatan yang telah dilakukan oleh perusahaan berikut hasil pengolahannya sebagai bahan perumusan alternatif kebijakan yang diambil.

BAB VI PENUTUP

Kesimpulan, memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan atau menjawab permasalahan.

Saran, dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, ditujukan kepada para peneliti (perusahaan) dalam bidang yang sejenis, yang ingin melanjutkan, mengembangkan, atau menerapkan penelitian yang telah diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi semua sumber kepustakaan, semua kajian baik induktif maupun deduktif. Dari buku, majalah, artikel, internet, dan sumber kepustakaan lainnya.

LAMPIRAN

Memuat keterangan tabel, gambar, dan hal-hal lain yang perlu dilampirkan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Perawatan

Menurut Anthony Corder [COR96], perawatan atau pemeliharaan didefinisikan sebagai suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau untuk memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang diterima.

Menurut Agus Mutofa (1997), Perawatan didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas sehingga fasilitas tersebut berada pada kondisi siap pakai sesuai kebutuhan. Dengan kata lain perawatan adalah kegiatan dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi berada pada kemampuan produksi yang dikehendaki.

Menurut Soffan Assauri (1980), Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan produksi dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Sedangkan menurut Vincent Gasper, perawatan (maintenance) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan out put sesuai dengan yang dikehendaki. Sistem perawatan dapat

dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka sistem perawatan pun akan lebih intensif (Vincent Gasper, 1994 :153).

Perawatan berarti menciptakan “siap operasi” dari mesin-mesin. Melibatkan pembiayaan, perencanaan serta fungsi desain untuk menciptakan berfungsinya fasilitas dan peralatan. Untuk mencapai “siap operasi” dari mesin-mesin, maka fungsi perawatan hendaknya meliputi pekerjaan *check up*, perawatan *preventive*, reparasi, *overhaul*, konstruksi dan pengamanan. Perawatan preventif dapat memperkirakan perencanaan dan jadwal waktu serta dapat dipakai sebagai standar waktu untuk memperkirakan biaya per waktunya (Suharto, 1991).

Dapat disimpulkan perawatan adalah kegiatan dalam rangka mempertahankan dan mengupayakan seluruh fasilitas pada kemampuan yang dikehendaki atau dengan kata lain yang lebih sederhana perawatan berarti suatu usaha untuk menjaga agar fasilitas selalu dalam keadaan siap digunakan.

Dalam perawatan, tindakan-tindakan yang dapat dilakukan antara lain :

1. Pemeriksaan, yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem masih berada dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan.
2. Penggantian Komponen, yaitu tindakan penggantian komponen sistem yang sudah tidak berfungsi dimana tindakan penggantian komponen sistem dilakukan dapat bersifat terencana dan tidak terencana.
3. *Repair* dan *overhaul*, yaitu melakukan pemeriksaan secara cermat serta melakukan perbaikan dimana dilakukan *set-up* ulang.

4. Penggantian sistem, yaitu tindakan yang diambil apabila tindakan-tindakan yang lain sudah tidak memungkinkan lagi.

Ada 2 prinsip utama dalam sistem perawatan, yaitu (Vincent G. hal 5540) :

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*break down period*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomi.
2. Menghindari kerusakan (*break down*) tidak terencana atau kerusakan tiba-tiba.

2.2. Jenis-Jenis Perawatan

Aktivitas pemeliharaan suatu fasilitas atau mesin produksi yang dilakukan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

2.2.1. Perawatan Tidak Terencana

Merupakan perawatan yang tidak direncanakan terlebih dahulu, disebabkan peralatan dan fasilitas produksi tidak memiliki rencana serta jadwal perawatan. Kegiatan perawatan ini disebut juga perawatan darurat (*breakdown maintenance* atau *emergency maintenance*) yang didefinisikan sebagai perawatan yang perlu dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang fatal seperti : kerusakan besar pada peralatan, hilangnya produksi dan keselamatan kerja.

2.2.2. Perawatan Terencana

Perawatan terencana adalah perawatan yang diorganisir dan dilakukan dengan perkiraan kemasa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya, perawatan ini terbagi menjadi dua :

1. Perawatan pencegahan (Preventif)

Kegiatan pemeliharaan ini dimaksudkan untuk menjaga keandalan dan menghindari kerusakan-kerusakan yang tidak terduga pada mesin juga menentukan keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses operasi. Perawatan preventif dibagi menjadi dua :

- Perawatan rutin

Perawatan rutin adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin setiap hari yaitu dengan pembersihan peralatan, pelumasan, pengecekan oli, pengecekan bahan bakar.

- Perawatan periodik

Perawatan periodik adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara periodik atau jangka waktu tertentu seperti memeriksa komponen-komponen peralatan.

Perawatan preventif akan menguntungkan atau tidak tergantung pada :

- Distribusi dari kerusakan

Pada penjadwalan dan pelaksanaan perawatan preventif harus memperlihatkan jenis distribusi dari kerusakan yang ada, karena dengan mengetahui jenis distribusi kerusakan maka dapat disusun suatu rencana perawatan yang benar-benar tepat sesuai dengan latar belakang mesin tersebut.

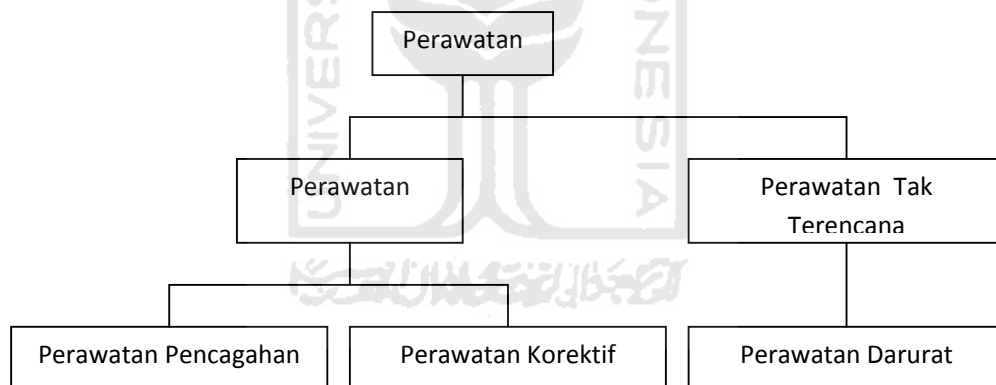
- Hubungan antara waktu perawatan preventif terhadap waktu perbaikan, hubungan keduanya haruslah seimbang dan diusahakan mencapai titik maksimal. Jika ternyata jumlah waktu untuk perawatan preventif lebih lama dari waktu penyelesaian kerusakan tiba-tiba, maka tidak ada manfaatnya

untuk mengadakan perawatan preventif, lebih baik ditunggu hingga terjadi kerusakan.

2. Perawatan perbaikan (corrective maintenance)

Perawatan perbaikan atau korektif dapat didefinisikan sebagai perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan pada mesin yang mungkin terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan preventif maupun telah dilakukan perawatan tetapi tetap saja rusak. Perawatan perbaikan dapat berupa perbaikan yang tidak ditemukan pada saat pemeriksaan seperti penggantian komponen secara serentak juga *overhaul* (perbaikan menyeluruh) terencana.

Hubungan antara jenis perawatan dapat dilihat pada gambar 2.1. :



Gambar 2.1. Hubungan antara berbagai bentuk perawatan

2.3. Tujuan Perawatan

Pada umumnya tujuan perawatan menurut Agus Mustofa [MUS97] dan Assauri [ASS93] dan A.S Corder (92 :81) adalah untuk :

1. Memungkinkan tercapainya mutu produksi dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem
3. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
4. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan servis dan perbaikan.
5. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
6. Memaksimalkan produksi dari sumber-sumber sistem yang ada.
7. Menyiapkan personil, fasilitas dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.
8. Menggunakan sumber daya dan dana seefektif dan seefisien mungkin.

2.4. Keandalan

2.4.1. Definisi Keandalan

Definisi keandalan adalah kemungkinan (probabilitas) bahwa suatu item akan tetap memenuhi unjuk kerjanya (performance) atas persyaratan fungsional tanpa kegagalan pada suatu kondisi operasi tertentu dan pada suatu periode tertentu.

Menurut Ebeling (1997) keandalan adalah probabilitas sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang ditetapkan dalam suatu jangka waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan.

Menurut Hetzer (1993), Keandalan adalah ukuran dari tingkat keberhasilan prestasi suatu objek dalam suatu kondisi operasi yang dibutuhkan atau dapat dikatakan keandalan adalah kemungkinan suatu bagian mesin atau produk akan berfungsi secara baik dalam waktu yang ditentukan..

Dari definisi diatas, dapat ditarik 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.

Berdasarkan definisi keandalan dapat diketahui masalah keandalan sangat berhubungan erat dengan empat parameter berikut ini :

1. Waktu

Konsep keandalan selalu berpijak pada masalah peluang, dimana suatu peralatan akan berfungsi secara memuaskan selama periode waktu tertentu.

2. Standar Performansi

Umumnya menyatakan kemampuan dari suatu peralatan untuk memenuhi tugas yang diberikan. Dalam beberapa hal penurunan performansi masih diijinkan sampai tingkat toleransi tertentu, dimana sebagai pembatas adalah pemenuhan permintaan akan sistem secara keseluruhan.

3. Peluang

Parameter ini menunjukkan kuantitas dan kualitas suatu sistem untuk mempertahankan performansi standarnya.

4. Kondisi Lingkungan

Kadang kala suatu peralatan berhadapan dengan faktor-faktor tertentu dari lingkungan yang akan mempengaruhi terjadinya suatu kerusakan seperti temperatur, kelembaban, guncangan, zat kimia dan lain-lain.

Ada beberapa macam usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dan suatu sistem, yaitu:

1. Membuat desain sistem dengan komponen-komponen yang mempunyai keandalan yang baik.
2. Membuat desain sistem sedemikian rupa sehingga mudah melakukan perawatan, yaitu untuk perbaikan dan inspeksi.
3. Mempergunakan komponen yang paralel dalam stage tertentu.
4. Mempersiapkan persediaan di antara stage yang penting.
5. Merencanakan perawatan pencegahan, seperti apakah suatu komponen kritis hanya diperbaiki saja atau perlu diganti sebelum ia mengalami kerusakan yang lebih parah.
6. Menyediakan persediaan spare parts dengan maksud memperkecil rata-rata waktu menganggur.

2.4.2 Fungsi Distribusi Keandalan

Pada dasarnya statistika sangat berperan didalam teori keandalan. karena keputusan dalam bidang perawatan berhubungan dengan permasalahan peluang.

Sementara masa transisi peralatan dari kondisi baik ke kondisi rusak tidak dapat diketahui secara pasti (Jardine, 1973).

Para pakar menggambarkan perilaku kerusakan mesin atau peralatan dengan berbagai cara. Salah satunya melalui Probability Density Function, (PDF), fungsi kepadatan peluang. Fungsi ini menggambarkan besarnya peluang terjadinya kerusakan mesin pada waktu t yang disimbolkan dengan $f(t)$.

Cara lainnya melalui Cumulative Distribution Function (CDF), fungsi distribusi kumulatif. Fungsi ini sering disebut sebagai ketidakeandalan atau fungsi kerusakan peralatan. Makna dari ini adalah peluang terjadinya kerusakan sebelum

Waktu t :

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt$$

Apabila variabel X dikaitkan dengan waktu kerusakan suatu peralatan, maka keandalan sebagai fungsi waktu t dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P(X > t) = R(t), t \geq 0$$

Disini $R(t)$ menggambarkan kemungkinan peralatan dapat berfungsi setelah beroperasi selama t satuan waktu. Secara matematis fungsi keandalan dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

$$R(t) = 1 - P(X \leq t)$$

dimana $F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif peralatan. Kemudian apabila waktu kerusakan peralatan sebagai variabel acak mempunyai fungsi kepadatan $f(t)$, maka :

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

$$R(t) = 1 - \int_{-\infty}^t f(t) dt$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

2.4.3. Laju Kerusakan (Failure Rate)

Untuk mengenal laju kerusakan dapat membayangkan sebuah tes atau percobaan yang dilakukan, dimana percobaan tersebut dilakukan dalam jumlah yang besar terhadap komponen-komponen yang identik dioperasikan dan waktu untuk gagal (time of failure) setiap komponen dicatat. Perkiraan laju kegagalan setiap komponen untuk titik waktu adalah rasio dari jumlah item yang gagal dalam interval waktu terhadap populasi awal pada waktu operasi dimulai. Maka laju kegagalan sebuah perawatan pada waktu t adalah peluang peralatan tersebut akan gagal dalam interval waktu selanjutnya dengan syarat peralatan tersebut berfungsi pada waktu awal interval.

2.4.4. Fungsi Laju Kerusakan

Menurut Ebeling (1997) laju kerusakan didefinisikan sebagai berikut :

$$\Pr \{t \leq T \leq t + \Delta t\} = R(t) - R(t + \Delta t)$$

Probabilitas kerusakan berkondisi pada interval waktu t hingga $t + \Delta t$ adalah :

$$\Pr \{t \leq T \leq t + \Delta t \mid T \geq t\} = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)}$$

Sehingga probabilitas kerusakan berkondisi perunit waktu (laju kerusakan) adalah :

$$\frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)}$$

Laju kerusakan sesaat (*hazard rate*) yang disimbolkan dengan $\lambda(t)$, didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu yang mendekati nol. Dengan demikian, fungsi laju kerusakan adalah suatu laju kerusakan sesaat yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-[R(t + \Delta t) - R(t)]}{R(t)\Delta t}$$

$$\lambda(t) = \frac{-dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)}$$

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

Dimana : $\lambda(t)$ adalah fungsi laju kerusakan.

$f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang.

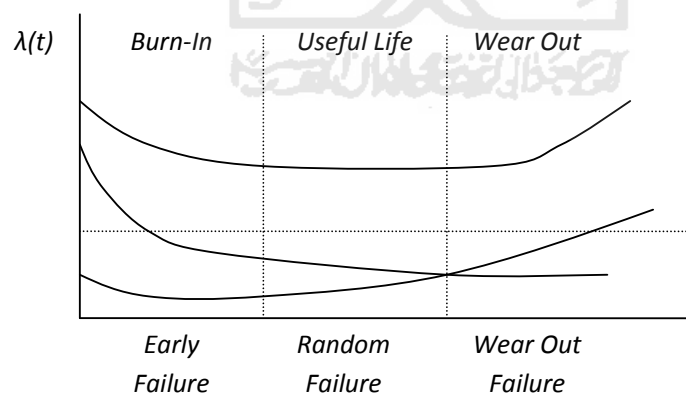
$R(t)$ adalah fungsi keandalan.

Jika $\lambda(t)$ meningkat sesuai dengan nilai waktu, maka sifatnya disebut dengan *increasing failure rate* (IFR), jika $\lambda(t)$ menurun terhadap nilai waktu maka $\lambda(t)$ disebut dengan *decreasing failure rate* (DFR), atau *constant failure rate* (CFR) jika $\lambda(t)$ nilainya konstant.

Perlu diperhatikan bahwa di dalam masalah perawatan, yang dimaksud dengan laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat / fungsi hazard (*hazard rate*).

2.4.5. Kurva Bak Mandi (Bath Tub Curve)

Kurva bak mandi (Bath Tub Curve) atau kurva laju kerusakan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk. Pada umumnya laju kerusakan suatu sistem selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu. Bentuk umum dari kurva tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. Bath Tub Curve (Kurva Bak Mandi)

1. Early failures (kegagalan awal)

Kegagalan ini dapat terjadi pada awal kondisi yang disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah:

- a. Penggunaan material/part yang tidak berkualitas.
- b. Tenaga kerja yang bekerja dibawah standar.
- c. Inspeksi yang kurang baik.
- d. Kesalahan-kesalahan yang diakibatkan oleh manusia.

Kegagalan awal ini dapat ditanggulangi dengan melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap material/part yang diuji memiliki kualitas 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.

2. Random failures (kegagalan acak)

Kegagalan acak ini dapat terjadi pada saat mesin sedang dalam keadaan operasi. Kegagalan ini terjadi secara acak, karena disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

- a. Kerusakan yang disebabkan oleh manusia.
- b. Kerusakan alamiah (lingkungan sekitar pabrik yang berdebu, dll).
- c. Kerusakan yang tidak diketahui penyebabnya.

3. Wear out failures (kegagalan karena usang)

Kegagalan ini disebabkan oleh umur mesin yang sudah tua, sehingga sering menyebabkan kerusakan sebelum dilakukan penggantian komponen. Laju kerusakan akan cenderung meningkat pada periode waktu. Dengan adanya peningkatan tersebut, menunjukkan bahwa sudah waktunya untuk melakukan penggantian material/part, karena umur penggunaan sudah berakhir. Kegagalan yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a. Kelelahan yang terjadi diakibatkan aus pada mesin.
- b. Kelelahan akibat umur pemakaian penggunaan.
- c. Kelelahan akibat timbulnya korosi pada peralatan.
- d. Perawatan yang kurang baik.

2.5. Distribusi Kerusakan

Beberapa jenis fungsi distribusi kemungkinan yang sering digunakan untuk menganalisa masalah perawatan, diantaranya :

2.5.1. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling banyak di gunakan untuk waktu kerusakan karena distribusi ini dapat digunakan baik untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah θ yang disebut dengan parameter scalar dan β yang disebut parameter bentuk.

Fungsi Distribusi Weibull

1. Fungsi Kepadatan Komulatif :

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

2. Fungsi Kepadatan Kemungkinan :

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

3. Reliabilitas :

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

4. Laju Kerusakan:

$$h(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} ; \text{ untuk } \theta > 0, \beta > 0, t > 0$$

dimana : θ = parameter skala

t = waktu

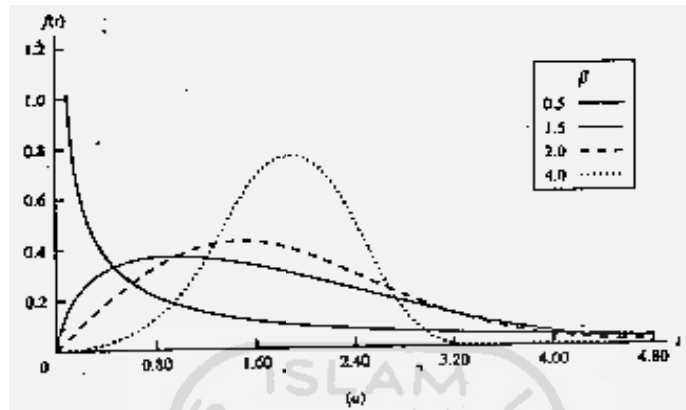
β = parameter bentuk

Distribusi Weibull sering dipakai sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi Weibull ekuivalen dengan distribusi tertentu. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut (Ebeling, Hal. 64):

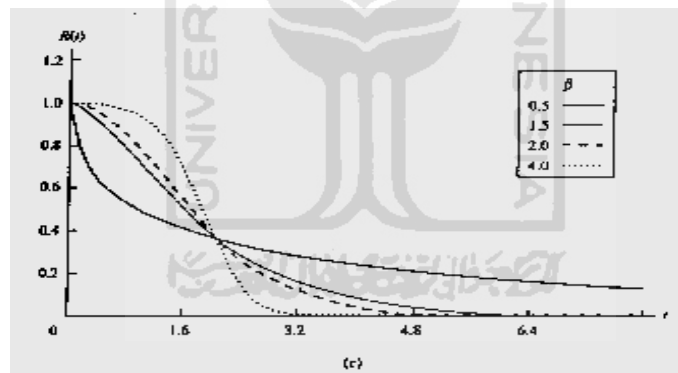
Tabel 2.1 Parameter Bentuk (β) Distribusi Weibull

Nilai	Sifat Distribusi
$0 < \beta < 1$	Decreasing Failure Rate (DFR)
$\beta = 1$	Ekspponential Distribution (Constant Failure Rate)
$1 < \beta < 2$	Increasing Failure Rate (IFR), concave
$\beta = 2$	Rayleigh Distribution (LFR)
$\beta > 2$	Increasing Failure Rate (IFR), convex
$3 \leq \beta \leq 4$	Increasing Failure Rate (IFR), approaches normal distribution

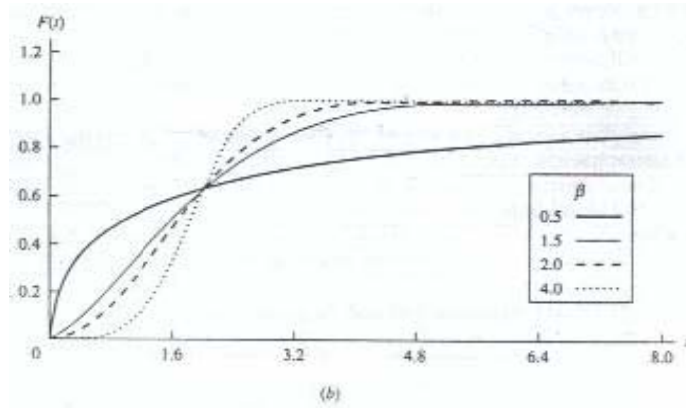
Bentuk kurva dari distribusi Weibull serta pengaruhnya terhadap nilai β dan θ (Ebeling, Hal 60 – 63).



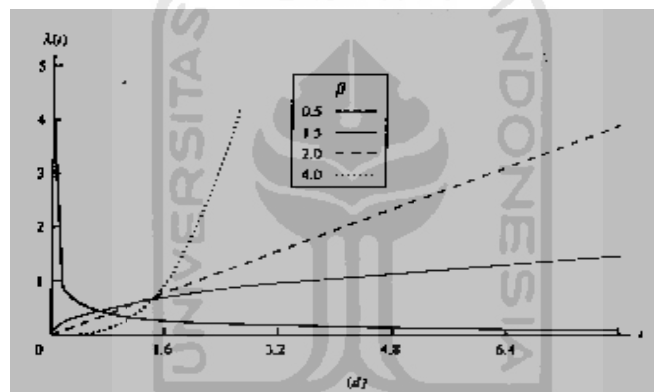
Gambar 2.3 Fungsi Kepadatan Probabilitas Weibull (effect of β)



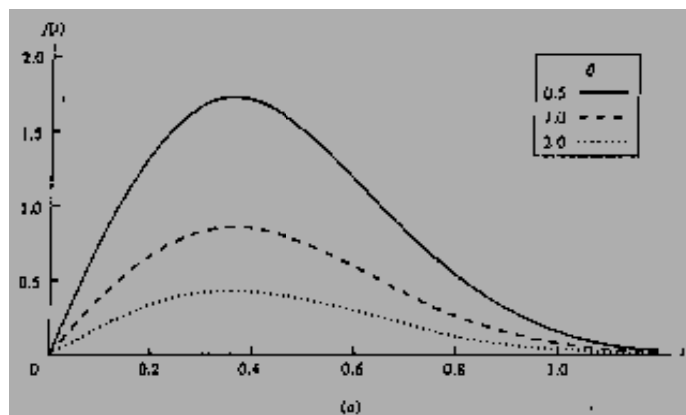
Gambar 2.4 Fungsi Keandalan Weibull (effect of β)



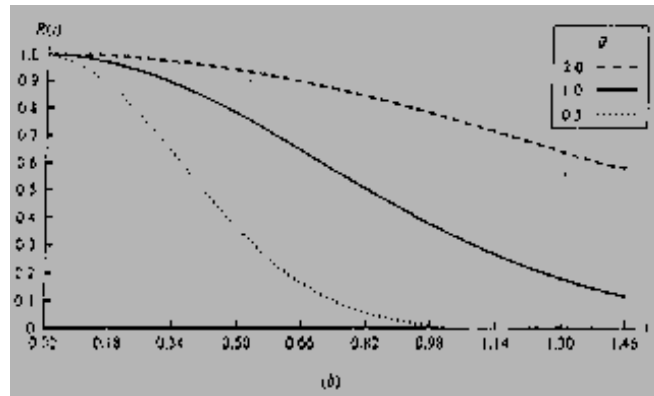
Gambar 2.5 Fungsi Kepadatan Kumulatif Weibull (effect of β)



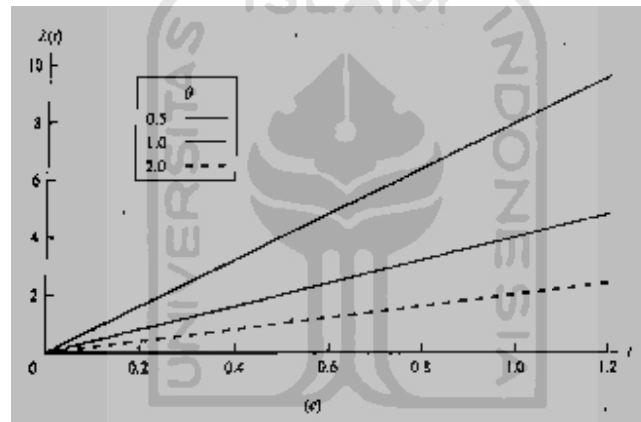
Gambar 2.6 Kurva Laju Kerusakan Weibull (effect of β)



Gambar 2.7 Fungsi Kepadatan Kumulatif Weibull (effect of θ)



Gambar 2.8 Fungsi Keandalan Weibull (effect of θ)



Gambar 2.9 Kurva Laju Kerusakan Weibull (effect of θ)

2.5.2 Distribusi Normal

Distribusi normal yang dikenal dengan bentuknya yang seperti genta dan mempunyai dua parameter bentuk yaitu μ dan σ

Fungsi Distribusi Normal:

1. Fungsi Kepadatan Komulatif

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

2. Fungsi Kepadatan Kemungkinan

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

3. Fungsi Reliabilitas

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

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

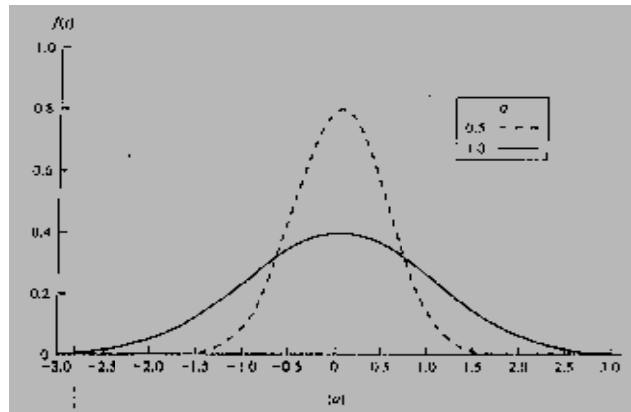
4. Laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

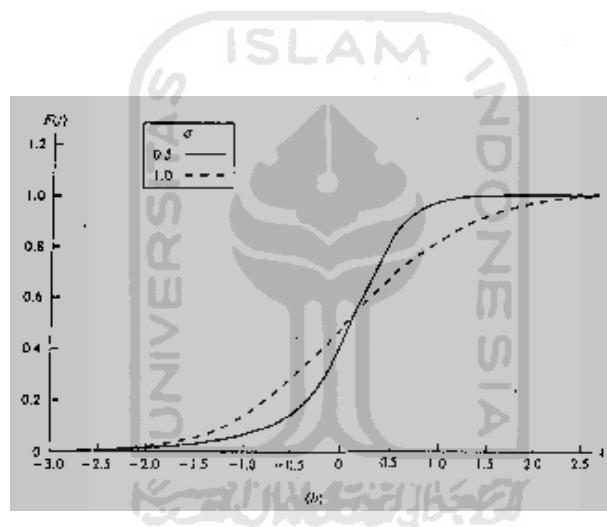
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}$$

Bentuk integral dari fungsi distribusi normal sukar diatasi, tetapi dengan menggunakan bantuan tabel normal. Maka kesulitan tersebut dapat diatasi.

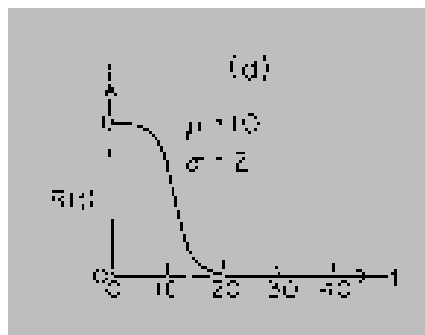
Bentuk kurva fungsi-fungsi probabilitas untuk distribusi Normal diilustrasikan pada gambar di bawah ini (Ebeling, Hal 69-70):



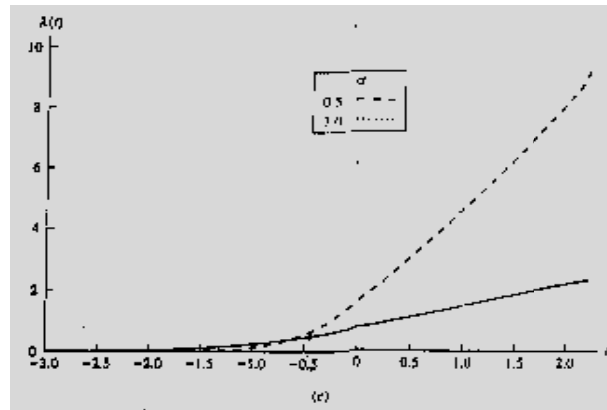
Gambar 2.10 Fungsi Kepadatan Probabilitas Normal



Gambar 2.11 Fungsi Distribusi Kumulatif Normal



Gambar 2.12 Kurva Laju Kerusakan Normal



Gambar 2.13 Fungsi Reliabilitas Normal

2.5.3. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal adalah distribusi yang berguna untuk mendeskripsikan distribusi kerusakan dalam berbagai situasi yang bervariasi. Distribusi ini dimengerti hanya untuk t positif dan lebih sesuai dari distribusi normal dalam hal kekuasaan.

Fungsi Distribusi Lognormal

1. Fungsi Kepadatan Komulatif

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

2. Fungsi Kepadatan Kemungkinan

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

3. Fungsi reliability

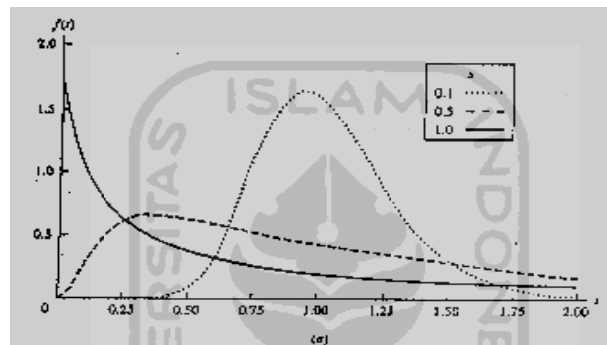
$$R = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

4. Laju Kerusakan

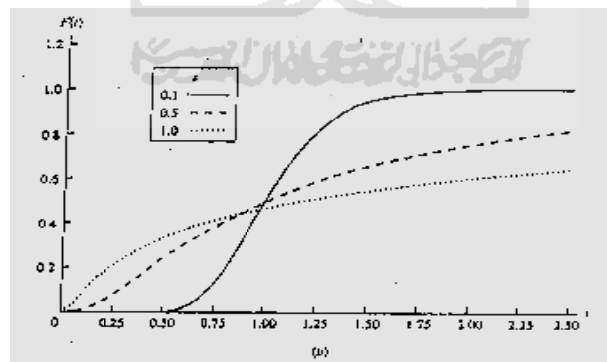
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)}$$

dimana : s = Parameter bentuk

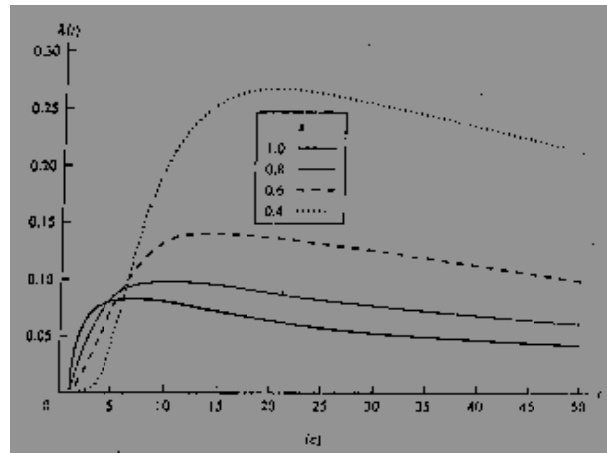
t_{med} = Parameter lokasi



Gambar 2.14 Fungsi Kepadatan Kemungkinan Lognormal



Gambar 2.15 Fungsi Kepadatan Kumulatif Lognormal; $t_{med} = 1,0$



Gambar 2.16 Kurva Laju Kerusakan Lognormal; $t_{med} = 1,0$

2.5.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang paling sering digunakan dalam distribusi keandalan. Distribusi eksponensial sering digunakan untuk menggambarkan distribusi kerusakan komponen dan sangat cocok ketika komponen yang masih digunakan secara statistik masih sebagus ketika baru pertama kali dipakai. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu dan tidak tergantung dengan umur komponen sehingga sangat sesuai digunakan dalam menerangkan peralatan yang terdiri dari beberapa komponen dan menjelaskan kerusakan peralatan yang disebabkan fenomena acak.

Fungsi distribusi Eksponensial

1. Fungsi Kepadatan Komulatif

$$F(t) = 1 - \exp^{-\lambda t}$$

2. Fungsi Kepadatan Kemungkinan

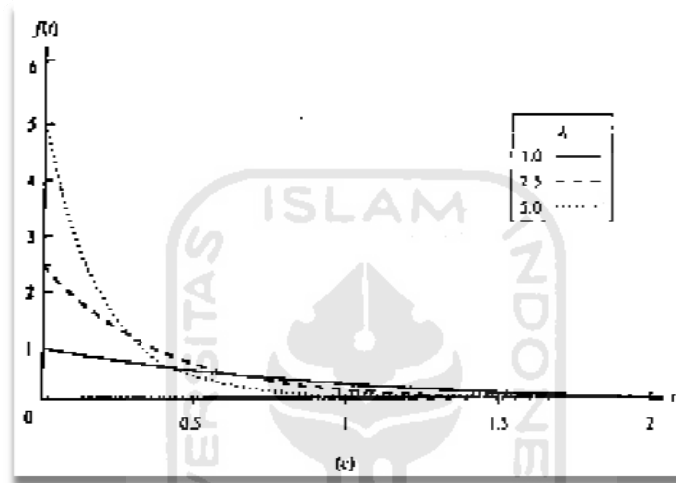
$$f(t) = \lambda \exp^{-\lambda t}$$

3. Fungsi reliability

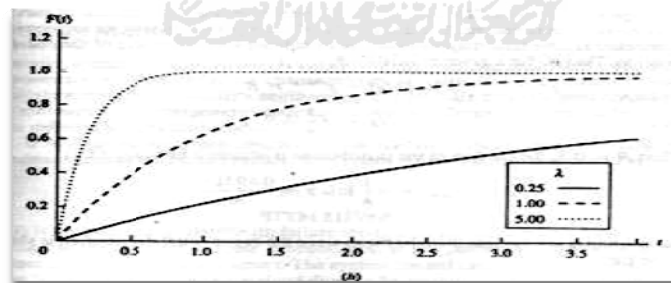
$$R(t) = \exp(-\lambda t)$$

4. Laju Kerusakan

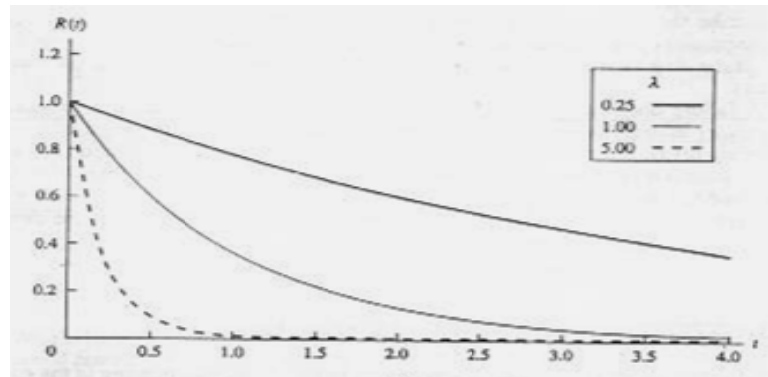
$$h(t) = \lambda = \frac{1}{\theta}$$



Gambar 2.17 Fungsi Kepadatan Distribusi Ekspensial



Gambar 2.18 Fungsi Distribusi Kumulatif Ekspensial



Gambar 2.19 Fungsi Keandalan Eksponensial

2.6. Identifikasi Distribusi

2.6.1 Least-Square Curve Fitting

Dalam mengidentifikasi distribusi kerusakan atau perbaikan suatu komponen dengan metode *least-square curve fitting* digunakan *index of fit* (r) yang merupakan ukuran hubungan linier antara peubah x dan y . Dimana r diperoleh dengan rumus (Ebeling, 1997) :

Perhitungan umum pada *least-squares curve fitting* yaitu :

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

dimana : $n = r$ = jumlah kerusakan yang terjadi untuk data lengkap.

$n = N$ = jumlah unit yang diamati untuk data sensor.

i = data waktu ke- t .

- Perhitungan *indeks of fit* (r) :

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

dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi baik untuk data lengkap maupun data sensor.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \text{ untuk distribusi Weibull, Normal, Lognormal}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \text{ untuk distribusi Eksponensial}$$

dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi, baik untuk data lengkap maupun data sensor.

- Intersep : $a = \bar{y} - b\bar{x}$

2.6.2. Parameter Untuk Distribusi Eksponensial

$x_i = t_i$

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

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

$$\text{parameter : } \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Dimana : t_i = Time to Failure (repair ke-i)

i = urutan data kerusakan

n = jumlah data kerusakan

2.6.3. Parameter untuk Distribusi Weibull

$x_i = t_i$

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

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

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left(\sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

parameter: $\theta = \exp^{\frac{-a}{\beta}}$

dimana:

t_i = Time to Failure

i = urutan data kerusakan

n = jumlah data kerusakan

θ = parameter skala

β = parameter bentuk

2.6.4. Parameter untuk distribusi Normal

$$x_i = t_i$$

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

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left(\sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

parameter

$$\sigma = \frac{1}{b} ; \mu = \frac{-a}{b}$$

dimana:

t_i = Time to Failure

i = urutan data kerusakan

n = jumlah data kerusakan

Z_i = dari table distribusi normal

μ = rata-rata

2.6.5. Parameter untuk distribusi Log Normal

$$x_i = \ln t_i$$

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

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left(\sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

parameter:

$$s = \frac{1}{b} ; t_{med} = \exp^{-as}$$

dimana:

t_i = Time to Failure

i = urutan data kerusakan

n = jumlah data kerusakan

Z_i = dari table distribusi normal

s = parameter bentuk

t_{med} = parameter lokasi

2.7. Uji Kesesuaian Distribusi (GOODNESS OF FIT TEST)

Dalam uji goodness of fit akan di uji hipotesis nol (H_0) bahwa data mengikuti distribusi pilihan lawan hipotesis alternative (H_1) bahwa data tidak mengikuti distribusi pilihan. Pada dasarnya ada 2 jenis uji goodness of fit, yaitu

umum (general test) dan khusus (specific test). Uji umum dapat digunakan untuk menguji beberapa distribusi sedangkan uji khusus hanya untuk satu distribusi. Dibandingkan dengan uji umum, uji khusus lebih akurat dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai. Uji goodness of fit yang umum yakni Chi-Square sedangkan uji khusus yakni Uji Barlett's Test untuk distribusi Eksponensial, Uji Mann's Test untuk distribusi Weibull dan Uji Kolmogorov-Smirnov untuk distribusi Normal dan Log Normal.

2.7.1. Chi- Square Goodness of Fit

Uji ini dapat digunakan secara umum untuk distribusi Eksponensial, Weibull, Normal, dan Lognormal.

Langkah- langkah uji ini yaitu :

H_0 : data mengikuti distribusi pilihan

H_1 : data tidak mengikuti distribusi pilihan

Tentukan taraf nyata (α)

Wilayah kritik : Tolak H_1 jika χ^2 hitung $>$ χ^2 tabel dengan derajat bebas $v=k-1-m$, dimana m = jumlah parameter yang ditaksir dan k = jumlah kelas.

Eksponensial : $m = 1$

Weibull : $m = 2$

Normal : $m = 2$

Lognormal : $m = 2$

2.7.2. Uji Barlett's Test untuk Distribusi Eksponensial

Menurut Ebeling (1997) Hipotesis yang digunakan pada *Bartlett's Test*

berupa :

H_0 : *Failure times* berdistribusi Eksponensial.

H_1 : *Failure times* tidak berdistribusi Eksponensial.

Test statistik :

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

dimana : t_i = Time to failure / Timme to repair dari unit ke-i.

r = Jumlah dari failure / repair.

B = Nilai uji statistik untuk uji Bartlett's Test.

Test statistik B, dalam hipotesis nol, memiliki pengaruh terhadap distribusi *chi-square* dengan derajat kebebasan $r-1$. Dalam test ini bila : $X^2_{\alpha/2; r-1} < B < X^2_{1-\alpha/2; r-1}$, maka H_0 diterima, bila tidak H_1 yang diterima.

2.7.3. Pengujian Mann (Mann's Test) untuk distribusi Weibull

Menurut Ebeling (1997) pengembangan test yang spesifik untuk distribusi Weibull dilakukan oleh Mann, Schafer, dan Singapurwalla, Hipotesisnya berupa :

H_0 : *Failure times* berdistribusi Weibull.

H_1 : *Failure times* tidak berdistribusi Weibull.

Test statistik :

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^k \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}$$

dimana :

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor \quad k_2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor.$$

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

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

Keterangan :

M = Nilai dari Mann's Test.

R = Banyaknya data.

t_i = Time to failure / time to repair.

t_{i+1} = Nomor data kerusakan (1,2,3,...,n).

n = Banyaknya kerusakan.

Jika $M > F_{\text{crit}}$ maka H_1 diterima, Nilai dari F_{crit} didapatkan dar tabel berdistribusi F dengan $v_1 = 2 k_1$ dan $v_2 = 2 k_2$.

2.7.4. Uji Kolmogorov- Smirnov untuk distribusi Normal dan Lognormal

Menurut Ebeling (1997) *Kolmogorov-Smirnov Test* dikembangkan oleh H.W.Liliefors pada tahun 1967. Test ini membandingkan fungsi distribusi kumulatif dengan fungsi distribusi kumulatif normal. Hipotesisnya berupa :

H_0 : *Failure times* berdistribusi Normal (Lognormal).

H_1 : *Failure times* tidak berdistribusi Normal (Lognormal).

Test statistik : $D_n = \max \{ D_1, D_2 \}$

dimana :

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\}$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

$$z_i = \frac{(t_i - \bar{t})}{s}$$

Keterangan : t_i = Time to failure / time to repair ke-i.

\bar{t} = Rata-rata time to failure / time to repair.

s = Standart deviasi.

n = Banyaknya data.

Jika $D_n < D_{crit}$ maka H_0 diterima. Nilai dari D_{crit} didapatkan dari *tabel critical values for Kolmogrov-Smirnov Test For Normality (Liliefors Test)*. Perbedaan penggunaan uji ini untuk distribusi Normal dan Lognormal adalah pada distribusi Lognormal, nilai $t_i = \ln t_i$.

2.8. Mean Time To Failure

Mean Time To Failure (MTTF) adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh fungsi kepadatan peluang $f(t)$ sebagai berikut : (Ebeling 1997)

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad \text{sehingga,}$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} t dt$$

$$MTTF = -t R(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Perhitungan MTTF untuk tiap-tiap distribusinya adalah :

1. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

2. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

3. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$$

4. Distribusi Weibull

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

2.9. Mean Time To Repair (MTTR)

adalah nilai tengah dari fungsi probabilitas untuk waktu perbaikan dari distribusi data waktu perbaikan yang telah diketahui terlebih dahulu. Perhitungan MTTR diperoleh dari rumus : (Ebeling, 1997).

$$MTTR = \int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt$$

dimana : $h(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan.

$H(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan.

Perhitungan MTTR untuk tiap distribusi yaitu :

1. Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

2. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu$$

3. Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med} e^{s^2/2}$$

4. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

2.10. Perhitungan Keandalan

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan komponen mesin, dengan :

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

Dan

$$t_R = \theta(-\ln R)^{1/\beta}$$

Untuk mengetahui keandalan komponen mesin pada pada tingkat yang diinginkan (Ebeling, 1997).

2.11. Menentukan Waktu Perawatan Yang Tepat Berdasarkan Biaya perawatan Minimum

Konstruksi model

- a. C_p = Biaya penggantian pencegahan
- b. C_f = Biaya penggantian kerusakan
- c. T_p = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan
- d. T_f = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian karena kerusakan

f. $M(t_p)$ = Mean time to failure (MTTF)

g. t_p = perawatan pada waktu t

h. $R(t_p)$ = Reliability pada saat t

biaya perawatan adalah jumlah antara biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan kerusakan yang di dasarkan pada waktu dan keandalan.

Total biaya perawatan dirumuskan dengan $C(t_p)$:

$$C(t_p) = \frac{T_p \times R(t_p) + T_f \times (1 - R(t_p))}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))}$$

Rumus diatas adalah suatu model yang berhubungan antara perawatan pencegahan dan perawatan kerusakan pada saat t_p dengan keandalan dan total biaya masing-masing perawatan. (Jardine, 1973)

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini yang dijadikan obyek penelitian adalah PT.**Jalur Nugraha Ekakurir (JNE)** cabang Jogjakarta, yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang ekspedisi atau jasa pengiriman paket. Penelitian yang dilakukan adalah perawatan terhadap mesin kendaraan baik korektif ataupun pencegahan untuk mengetahui kapanakah perawatan harus dilakukan untuk menjaga keandalan sehingga dapat memperkecil resiko kerusakan mesin kendaraan dengan biaya seminimal mungkin.

Hasil penelitian yang baik ditentukan oleh metodologi penelitian yang tersusun secara baik dan terstruktur. Pada bab ini akan dipaparkan langkah-langkah penelitian, kajian induktif dan deduktif untuk membuktikan bahwa penelitian yang dilakukan jelas sumbernya, model yang digunakan, analisa hasil dan kesimpulan yang diambil.

3.2. Sumber Data Dan Alat Penelitian

3.2.1 Sumber Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan data yang diteliti, ada berbagai metode yang digunakan yaitu :

- a. Sumber data primer, melalui *interview* (wawancara langsung) yaitu mengadakan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang berkaitan

dengan masalah yang akan diteliti, dalam hal ini adalah pihak perusahaan dari bagian maintenance sebagai pembimbing dalam penelitian tersebut.

- b. Sumber data sekunder, yaitu melalui observasi dengan mengamati jalannya proses operasional perusahaan, melihat dari studi pustaka yang berhubungan dengan manajemen perawatan dan disiplin ilmu pengetahuan lainnya yang mendukung dan mempunyai hubungan dengan penelitian tersebut.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain

1. Lembar kerja untuk mencatat data-data mesin yang digunakan, data jumlah kerusakan mesin, data waktu kerusakan mesin dan komponen mesin, data laju kerusakan mesin dan komponen mesin.
2. Peralatan menulis seperti : pena, pensil, dan spidol.
3. Kalkulator.
4. Serta alat penunjang lainnya.

3.3. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah suatu langkah-langkah penelitian yang dimulai dari survey pendahuluan sampai pembuatan laporan. Dalam pembuatan laporan ini, penyusun mengemukakan langkah-langkah yang lebih kecil, terinci, sifatnya merupakan kegiatan langkah pemikiran. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 :

3.4. Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data pada penelitian ini ada dua jenis data, yaitu :

1. Data primer

Data atau informasi yang diperoleh secara langsung dari obyek yang akan diteliti atau dari sumbernya, yaitu perusahaan yang bersangkutan dengan cara:

a. Metode observasi

Metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung di perusahaan guna memberikan gambaran yang utuh tentang situasi dan kondisi pabrik.

b. Metode wawancara

Metode pengumpulan data dengan cara mengadakan wawancara langsung dengan narasumber yang ada di perusahaan guna menjelaskan dan mendukung data-data yang diperoleh dari pengamatan Untuk mengetahui cara kerja dan cara penanganan bila terjadi kerusakan pada obyek penelitian yang dimaksud.

2. Data sekunder

Data yang diperoleh dari dokumen perusahaan, berupa data jumlah produksi dalam kurun satu tahun, waktu pemeriksaan, waktu perbaikan, biaya pemeriksaan, biaya perbaikan dan lain-lain serta melalui buku-buku perpustakaan dan buku kuliah guna mendukung pembahasan yang diperlukan dalam menyelesaikan masalah.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah :

1. Data perawatan mesin kendaraan.
2. Data waktu operasional mesin kendaraan.
3. Data banyaknya kerusakan dan waktu perawatan korektif.
4. Data perawatan preventif.
5. Data biaya perawatan mesin.

3.5. Pengolahan Data

Langkah pengolahan data akan dilakukan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data lapangan.
2. Menentukan kendaraan yang akan diteliti sesuai dengan banyaknya kerusakan yang dialami
3. Menghitung *Index Of Fit* untuk menentukan distribusi yang cocok (identifikasi distribusi)
4. Pengujian kecocokan distribusi (uji goodness of fit).
5. Menghitung nilai *MTTF* (Mean Time to Failure) dan *MTTR* (mean time To Repair)
6. Menghitung keandalan mesin kendaraan (Reliability).
7. Menentukan biaya perawatan pencegahan yang minimum.

3.6. Tahap Pembahasan/Tahap Analisis

Pada tahap ini dilakukan pembahasan hasil pengolahan dari data perawatan preventive mesin dengan menggunakan metode-metode yang telah diterangkan diatas, sehingga pada tahap analisis ini akan diperoleh penyelesaian yang ada.

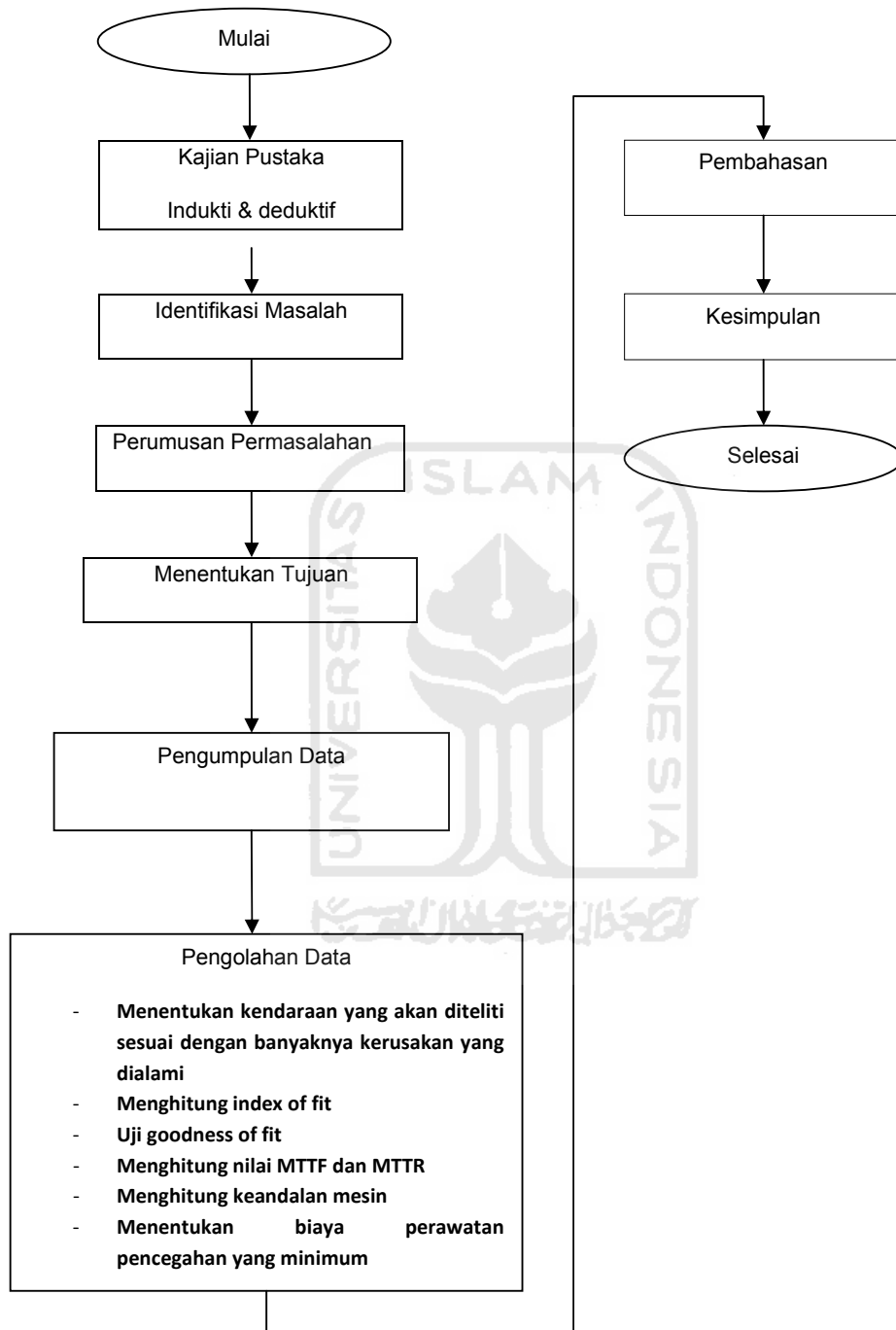
3.7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan pernyataan singkat, jelas dan tepat tentang apa yang diperoleh atau dapat dijabarkan dari hipotesis, sehingga dapat menjawab tujuan dan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.

Saran memuat berbagai pendapat atau masukan, saran berdasarkan pengalaman, kesulitan, temuan yang baru yang belum diteliti dan berbagai kemungkinan arah penelitian berikutnya.



3.8 Flow Chart (Kerangka Penelitian)



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Data Umum Perusahaan

4.1.1. Sejarah PT. Jalur Nugraha Ekakurir

JNE merupakan perusahaan dalam bidang kurir ekspres dan logistik yang bermarkas di Jakarta, Indonesia. Nama resminya adalah Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (Tiki JNE) tetapi namanya lebih terkenal dengan nama JNE. Nama tersebut diambil dari Bahasa Sanskerta yang berarti "Jalur Nugraha Ekakurir". Perusahaan ini salah satu perusahaan kurir terbesar di Indonesia.

Pada tanggal 26 November 1990, H Soeprpto Suparno mendirikan perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir. Perusahaan ini awalnya adalah sebagai salah satu divisi dari PT Citra Van Titipan Kilat (TiKi) yang bergerak dalam bidang internasional. Dengan delapan orang dan kapital 100 miliar rupiah JNE memulai kegiatan usahanya yang terpusat pada penanganan kegiatan kepabeanan, impor kiriman barang, dokumen serta pengantarnya dari luar negeri ke Indonesia.

Pada tahun 1991, JNE memperluas jaringan internasional dengan bergabung sebagai anggota asosiasi perusahaan-perusahaan kurir beberapa negara Asia (ACCA) yang bermakas di Hong Kong yang kemudian memberi kesempatan kepada JNE untuk mengembangkan wilayah antaran sampai ke seluruh dunia.

Karena persaingannya di pasar domestik, JNE juga memusatkan memperluas jaringan domestik. Dengan jaringan domestiknya TiKi dan namanya,

JNE mendapat keuntungan persaingan dalam pasar domestik. JNE juga memperluas pelayanannya dengan logistik dan distribusi.

Setelah beberapa tahun TiKi dan JNE berkembang dan menjadi dua perusahaan yang punya arah sendiri-sendiri. Oleh karena itu pada akhirnya muncul persaingan diantara keduanya. Akhirnya JNE memisahkan diri dari Tiki dan membuat perusahaan dengan manajemen sendiri. JNE mendirikan JNE mendirikan JNE Operations Sorting Center dan kantor pusat pada tahun 2002 dan 2004 dan dengan logo sendiri.

Dan mendirikan cabang di Jogjakarta pada tahun 1992 sebagai bagian dari rencana pengembangan PT.Tiki Jalur Nugraha Ekakurir, yang terletak di jln sorogenen, Jogjakarta.

4.1.2. Visi dan Misi Perusahaan

Visi Perusahaan

Menjadi perusahaan kelas dunia di bidang jasa logistik dan distribusi yang melayani kebutuhan seluruh lapisan masyarakat dan menjadi Tuan Rumah di negeri sendiri

Misi perusahaan

- Memadukan jasa pengiriman, kepabeanan, pergudangan dan pendistribusian dalam satu sistem secara efektif, efisien, dan fleksibel.

- Mendayagunakan jaringan dan infrastruktur sebagai kontribusi pada proses perputaran roda ekonomi nasional dengan didukung SDM profesional yang berintegritas tinggi.
- Memanfaatkan perkembangan teknologi, informasi dan komunikasi secara tepat guna dalam mendorong pertumbuhan usaha yang berkesinambungan.
- Mengoptimalkan pencapaian kesejahteraan para pemangku kepentingan dengan senantiasa meningkatkan tanggung jawab sosial.

4.1.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan suatu hubungan wewenang dan tanggung jawab antar fungsional dan personal dalam mengelola suatu organisasi atau perusahaan. Tujuannya adalah memberikan kepastian dalam garis kewenangan koordinasi dan pengawasn sehingga dapat dicegah timbulnya konflik dan juga sebagai perencanaan anggaran menjadi lebih mudah.

Dari struktur organisasi dapat dijelaskan mengenai uraian tugas, tanggung jawab, dan wewenang yaitu sebagai berikut:

- Manager mempunyai tugas dan wewenang untuk membuat kebijakan perusahaan, mengambil langkah –langkah strategis dalam perluasan usaha, menetapkan pedoman kerja tahunan sekaligus memberikan arahan dan bimbingan kepada semua bawahannya dalam forum rapat dan pertemuan.
- Asisten manager produk dan jasa membantu manager dalam setiap urusan yang menyangkut pelayanan jasa terhadap konsumen.

- Asisten manager Maintenance selain membantu manajer juga membantu tugas tertentu yaitu bertanggung jawab atas kelancaran mesin kendaraan operasional secara keseluruhan.
- Supervisor bertugas mengawasi pelayanan yang dilakukan terhadap konsumen sekaligus menjaga agar barang-barang yang dipercayakan kepada perusahaan untuk dikirimkan tidak hilang atau mengalami kerusakan.
- Personalia bertugas membuat anggaran tenaga kerja, mengadakan penyediaan tenaga kerja, membuat job spesifikasi setiap karyawan untuk semua tingkatan, mengadakan mutasi dan promosi, mengurus masalah pemberhentian karyawan dan kesejahteraan karyawan.

4.1.4. Jasa Yang diberikan

Pelayanan jasa yang diberikan antara lain :

- a. Jasa kargo laut dan udara.
- b. Jasa layanan kepabeanan.
- c. Jasa perpindahan angkutan darat dan pergudangan
- d. Logistik dan Distribusi

Sedangkan jenis layanan yang ditawarkan untuk jasa kurir dalam negeri diantaranya adalah:

a. Diplomat

Layanan yang diberikan JNE kepada pengguna jasa/customer yang memerlukan penanganan khusus dimana barang kiriman (dokumen atau paket) dibawa langsung oleh petugas JNE dengan cara Hand Carry. Batas waktu penerimaan barang minimal 2 jam sebelum jam keberangkatan armada dan diterima tujuan sesuai dengan kondisi yang berlaku.

b. Layanan Super Speed

Layanan yang diberikan oleh JNE kepada pengguna jasa/customer yang memerlukan waktu yang cepat, dimana barang yang dikirimkan akan diterima pada hari yang sama dengan maksimal penyampaian jam 24.00.

c. Yakin Esok Sampai

Layanan yang diberikan oleh JNE bagi pengguna jasa/customer yang mengirimkan barang kirimannya dengan masa waktu hari ini kirim besok sampai. Apabila besok tidak sampai dimana merupakan kesalahan/kelalaian JNE maka customer dibebaskan biaya kirim (biaya dikembalikan). Waktu penyampaian keesokan hari maksimal jam 24.00.

d. Layanan Regular

Layanan yang diberikan oleh JNE bagi pengguna jasa/customer yang mengirimkan barang kirimannya dimana waktu penyampaian 1-5 hari kerja sesuai dengan estimasi kota tujuan. Batas waktu permintaan pick-up kiriman jam 18.00. Batas waktu penerimaan barang yaitu jam 23.00.

e. Ongkos Kirim Ekonomis

Layanan yang diberikan JNE bagi pengguna jasa/customer yang membutuhkan harga ekonomis dimana kecepatan tidak diperlukan. waktu penyampaian paling cepat 3 hari kerja sejak barang diterima oleh JNE.

4.1.5. Waktu dan Pembagian Kerja

Pada dasarnya hari kerja di PT. JNE cabang Jogjakarta ini berlangsung selama 6 hari dalam hari seminggu yaitu hari senin sampai dengan sabtu, akan tetapi untuk para Driver pengantar paket bekerja sampai dengan hari minggu sesuai dengan jadwal kerja yang sudah ada secara bergantian, dimulai dari jam 8 sampai dengan jam 11 malam.

4.1.6. Kegiatan Pemeliharaan

Jenis kegiatan pemeliharaan kendaraan yang ada di PT. JNE adalah perawatan rutin yang telah terjadwal sesuai dengan kondisi kendaraan dan perawatan perbaikan yang dilakukan ketika kendaraan mengalami kerusakan.

4.2. Pengumpulan data

4.2.1. Data kendaraan

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara diketahui bahwa PT. jalur Nugraha Ekakurir memiliki 7 kendaraan yang digunakan dalam operasional perusahaan. Kendaraan ini terdiri dari beberapa jenis diantaranya adalah :

Tabel 4.1 Data kendaraan operasional perusahaan

merk Kendaraan	Type	Tahun
hatsu Espass 1.3	Star Wagon	1999
hatsu Espass 1.3	Box	1997
hatsu Espass 1.5	Star Wagon	2002
toyota Kijang 1.8	Pick Up	2005
suzuki Extra 1.3	Box	2008
hatsu Grand Max	Staw Wagon	2008
Suzuki Futura	Box	2010

Setiap kendaraan beroperasi dari mulai jam 8 pagi sampai selesai, dengan rata-rata hampir 14 jam setiap harinya tergantung dengan banyaknya paket yang harus diantar dan jarak tujuannya. data yang akan digunakan dalam penelitian adalah data kendaraan tahun 2008-2010.

4.2.2. Data Perawatan Mesin dan Penentuan Fokus Penelitian

Terdapat dua data perawatan yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif yang ada di PT. Jalur Nugraha Ekakurir, perawatan preventif berarti perawatan rutin (terjadwal) dan penggantian. sedangkan perawatan korektif berarti perbaikan atau penggantian komponen mesin kendaraan:

Tabel 4.2 Data perawatan korektif

Kendaraan	Jumlah Perawatan Korektif
Daihatsu Espass 1.5 sw	14
Daihatsu Espass 1.3 box	14
Daihatsu Espass 1.3 sw	22
Toyota Kijang 1.8	1
Suzuki Extra 1.3	1
Daihatsu Grand Max	-
Suzuki Futura	-

Tabel 4.3 Data perawatan Preventif

Kendaraan	Perawatan Preventif
Daihatsu Espass 1.5 sw	27
Daihatsu Espass 1.3 box	10
Daihatsu Espass 1.3 sw	24
Toyota Kijang 1.8	21
Suzuki Extra 1.3	16
Daihatsu Grand Max	14
Suzuki Futura	2

Dari data diatas dapat diketahui bahwa data perawatan korektif terhadap mesin kendaraan yang paling besar adalah pada kendaraan Daihatsu Espass 1.3

Star wagon, yang berarti kendaraan tersebut paling banyak mengalami kerusakan mesin dengan kerusakan sebanyak 22 kali, maka kendaraan yang akan dijadikan fokus penelitian adalah kendaraan tersebut.

4.3. Daihatsu Espass 1.3 Star Wagon

4.3.1. Perhitungan Interval Waktu antar Kerusakan (time to failure)

Tabel 4.4 Data Perhitungan Waktu Perbaikan (TTR) dan Waktu Antar Kerusakan (TTF)

No	Tanggal	Waktu Perbaikan (jam)	Waktu	Waktu Antar Kerusakan(jam)
1	18-Des-08	3	08.00-11.00	-
2	31-Des-08	1.5	08.00-09.30	309
3	16-Jan-09	1	08.00-09.00	382.5
4	21-Jan-09	2	08.00-10.00	119
5	10-Feb-09	4.5	08.00-12.30	478
6	01-Mei-09	1	08.00-09.00	1915.5
7	22-Mei-09	1.5	08.00-09.30	503
8	27-Mei-09	4	08.00-12.00	118.5
9	26-Jun-09	1	08.00-09.00	716
10	28-Jul-09	2	08.00-10.00	767
11	13-Ags-09	2	08.00-10.00	382
12	12-Sept-09	0.5	08.00-08.30	718
13	07-Okt-09	1	08.00-09.00	599.5
14	09-Des-09	3	08.00-11.00	1511

15	17-Mar-10	1.5	08.00-09.30	2349
16	19-Apr-10	1	08.00-09.00	790.5
17	20-Apr-10	1.5	08.00-09.30	23
18	25-Mei-10	1	08.00-09.00	838.5
19	10-Jul-10	8	08.00-16.00	1103
20	10-Ags-10	1	08.00-09.00	736
21	05-Nov-10	4	08.00-12.00	2087
22	16-Nov-10	4.5	08.00-12.30	260

4.3.2 Identifikasi Distribusi

4.3.2.1. Identifikasi Distribusi Untuk Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Untuk mengetahui distribusi yang sesuai bagi data interval waktu kerusakan (*Time to Failure*) terlebih dahulu dilakukan identifikasi jenis distribusi dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*. Dari perhitungan ini kita memperoleh nilai *index of fit* dan nilai parameter dari masing-masing distribusi. Sehingga parameter-parameter dari masing-masing distribusi dapat kita gunakan untuk perhitungan selanjutnya.

Distribusi yang digunakan pada tahap perhitungan ini adalah Distribusi Weibull, Distribusi Eksponensial, Distribusi Normal, dan Distribusi Lognormal.

a. Identifikasi Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Weibull

Table 4.5 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Weibull

i	ti (jam)	xi = ln(ti)	F(ti)	yi	Xi . Yi	Xi ²	Yi ²
1	23	3.135494216	0.03271028	-3.40348334	-10.67160233	9.831323978	11.58369884
2	118.5	4.774912961	0.079439252	-2.49166198	-11.89746908	22.79979378	6.208379424
3	119	4.779123493	0.126168224	-2.003463219	-9.574798138	22.84002136	4.01386487
4	260	5.560681631	0.172897196	-1.661645928	-9.239883989	30.9211802	2.76106719
5	309	5.733341277	0.219626168	-1.394398299	-7.994561325	32.8712022	1.944346616
6	382	5.945420609	0.26635514	-1.172053652	-6.968351936	35.34802621	1.373709763
7	382.5	5.946728653	0.313084112	-0.97938116	-5.824114007	35.36358168	0.959187457
8	478	6.169610732	0.359813084	-0.807447338	-4.981635761	38.06409659	0.651971203
9	503	6.22059017	0.406542056	-0.650492124	-4.046444914	38.69574206	0.423140004
10	599.5	6.396095974	0.453271028	-0.504508816	-3.22688681	40.91004371	0.254529146
11	716	6.573680167	0.5	-0.366512921	-2.409338717	43.21327094	0.134331721
12	718	6.576469569	0.546728972	-0.234122302	-1.539698196	43.24995199	0.054813252
13	736	6.601230119	0.593457944	-0.105285078	-0.695011029	43.57623908	0.011084948
14	767	6.642486801	0.640186916	0.021928399	0.145659099	44.12263091	0.000480855
15	790.5	6.672665657	0.686915888	0.149525769	0.997735464	44.52446697	0.022357956
16	838.5	6.731614581	0.73364486	0.279845003	1.883808703	45.31463487	0.078313226
17	1103	7.005789019	0.780373832	0.415962097	2.914142691	49.08107978	0.173024466
18	1511	7.320526962	0.827102804	0.562501963	4.117810787	53.59011501	0.316408459
19	1915.5	7.557733964	0.873831776	0.727615827	5.499126847	57.11934267	0.529424791
20	2087	7.643482907	0.920560748	0.929310672	7.103170235	58.42283095	0.863618325
21	2349	7.761744985	0.96728972	1.22965981	9.544305863	60.24468521	1.512063248
total	16706	131.7494244	10.5	-11.45810662	-46.86403654	850.1042601	33.86981576

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 17357.91084$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 131.2882073$$

$$\text{Index Of Fit distribusi Weibull} = 0.981393576$$

$$\theta = 886.2809331$$

$$a = -7.215111594$$

$$\beta = b = 1.063072856$$

Langkah perhitungan

- Urutkan data TTF (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 21$

$$x_i = \ln t_i \quad x_i = \ln 23 = 3.135494216$$

$$c. \quad F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad F(t_i) = \frac{1-0,3}{21+0,4} = 0.03271028$$

$$d. \quad y_i = \ln \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \quad y_i = \ln \ln \left(\frac{1}{1-0.03271028} \right) = -3.40348334$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad \beta = b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$\beta = b = \frac{21 \times (-46.86403654) - (131.2882073 \times -11.45810662)}{(21 \times 850.1042601) - 17357.91084}$$

$$= 1.063072856$$

$$b. \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{131.7494244}{21} = 6.273782117$$

$$c. \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{-11.45810662}{21} = -0.545624125$$

$$d. a = \bar{y} - b\bar{x} = -0.545624125 - (1.063072856 \times 6.273782117) = -7.215111594$$

$$e. \theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} = e^{-(-7.215111594/1.063072856)} = 886.2809331$$

$$f. \text{ Index of Fit } = r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} =$$

$$r = \frac{21 \times (-46.86403654) - (131.7494244 \times -11.45810662)}{\sqrt{\left[(21 \times 850.1042601) - 17357.91084 \right] \left[(21 \times 33.86981576) - 131.2882073 \right]}} =$$

$$r = 0.981393576$$

b. Identifikasi Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Eksponensial

Table 4.6 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Eksponensial

i	ti (jam)	Xi = ti	F(ti)	yi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	23	23	0.03271028	0.033257222	0.7649161	529	0.001106043
2	118.5	118.5	0.079439252	0.082772286	9.808515925	14042.25	0.006851251
3	119	119	0.126168224	0.134867398	16.04922038	14161	0.018189215
4	260	260	0.172897196	0.189826282	49.35483344	67600	0.036034018
5	309	309	0.219626168	0.247982203	76.6265006	95481	0.061495173
6	382	382	0.26635514	0.30973021	118.3169401	145924	0.095932803
7	382.5	382.5	0.313084112	0.375543428	143.6453613	146306.25	0.141032866
8	478	478	0.359813084	0.445995089	213.1856526	228484	0.19891162
9	503	503	0.406542056	0.521788929	262.4598311	253009	0.272263686
10	599.5	599.5	0.453271028	0.60380208	361.9793471	359400.25	0.364576952
11	716	716	0.5	0.693147181	496.2933813	512656	0.480453014
12	718	718	0.546728972	0.791265037	568.1282962	515524	0.626100358
13	736	736	0.593457944	0.900067896	662.4499717	541696	0.810122218
14	767	767	0.640186916	1.022170593	784.004845	588289	1.044832722
15	790.5	790.5	0.686915888	1.161283396	917.9945242	624890.25	1.348579125

16	838.5	838.5	0.73364486	1.322924747	1109.272401	703082.25	1.750129887
17	1103	1103	0.780373832	1.515828413	1671.95874	1216609	2.297735779
18	1511	1511	0.827102804	1.755058102	2651.892793	2283121	3.080228943
19	1915.5	1915.5	0.873831776	2.070139149	3965.35154	3669140.25	4.285476096
20	2087	2087	0.920560748	2.532762671	5285.875694	4355569	6.414886747
21	2349	2349	0.96728972	3.420065866	8033.734719	5517801	11.69685053
total	16706	16706	10.5	20.13027818	27399.14802	21853314.5	35.03178904

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 279090436$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 405.2280995$$

Index Of Fit distribusi Eksponensial = 0.980793413

$$\lambda = b = 0.001253775$$

Langkah perhitungan :

- Urutkan data TTF (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 21$

$$x_i = t_i$$

$$x_i = 23$$

$$c. \quad F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \quad F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{21 + 0,4} = 0.03271028$$

$$d. \quad y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right) \quad y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - 0.03271028}\right) = 0.033257222$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad \lambda = b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \lambda = b = \frac{27399.14802}{21853314.5} = 0.001253775$$

$$b. \text{ Index of Fit } = r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(21 \times 27399.14802) - (16706 \times 20.13027818)}{\sqrt{[(21 \times 21853314.5) - 279090436][(21 \times 35.03178904) - 405.2280995]}}$$

$$r = 0.980793413$$

c. Identifikasi Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Normal

Table 4.7 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Normal

i	ti (jam)	Xi = ti	F(ti)	yi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	23	23	0.03271028	-1.842857143	-42.38571429	529	3.39612245
2	118.5	118.5	0.079439252	-1.409333333	-167.006	14042.25	1.986220444
3	119	119	0.126168224	-1.1445	-136.1955	14161	1.30988025
4	260	260	0.172897196	-0.9432	-245.232	67600	0.88962624
5	309	309	0.219626168	-0.773448275	-238.995517	95481	0.598222234
6	382	382	0.26635514	-0.623939393	-238.3448481	145924	0.389300366
7	382.5	382.5	0.313084112	-0.487428571	-186.4414284	146306.25	0.237586612
8	478	478	0.359813084	-0.358947368	-171.5768419	228484	0.128843213
9	503	503	0.406542056	-0.236578947	-118.9992103	253009	0.055969598
10	599.5	599.5	0.453271028	-0.1175	-70.44125	359400.25	0.01380625
11	716	716	0.5	0	0	512656	0
12	718	718	0.546728972	0.1175	84.365	515524	0.01380625
13	736	736	0.593457944	0.236578947	174.122105	541696	0.055969598
14	767	767	0.640186916	0.358947368	275.3126313	588289	0.128843213
15	790.5	790.5	0.686915888	0.487428571	385.3122854	624890.25	0.237586612
16	838.5	838.5	0.73364486	0.623939393	523.173181	703082.25	0.389300366
17	1103	1103	0.780373832	0.773448275	853.1134473	1216609	0.598222234
18	1511	1511	0.827102804	0.9432	1425.1752	2283121	0.88962624
19	1915.5	1915.5	0.873831776	1.1445	2192.28975	3669140.25	1.30988025

20	2087	2087	0.920560748	1.409333333	2941.278666	4355569	1.986220444
21	2349	2349	0.96728972	1.842857143	4328.871429	5517801	3.39612245
total	16706	16706	10.5	0	11567.39538	21853314.5	18.01115531

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 279090436$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 0$$

$$\text{Index Of Fit distribusi Normal} = 0.931417459$$

$$\sigma = 740.2957583$$

$$a = -1.074602685$$

$$b = 0.001350811$$

$$\mu = 795.5238095$$

Langkah perhitungan:

- Urutkan data TTF (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 21$

$$x_i = t_i \quad x_i = 23$$

$$c. \quad F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad F(t_i) = \frac{1-0,3}{21+0,4} = 0.03271028$$

$$d. \quad F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) = \Phi(z)$$

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

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[0.03271028] = -1.84285714$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} = \frac{(21 \times 11567.39538) - (16706 \times 0)}{(21 \times 21853314.5) - 279090436} = 0.001350811$$

$$b. \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{16706}{21} = 795.5238095$$

$$c. \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{0}{21} = 0$$

$$d. \quad a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.001350811 \times 795.5238095) = -1.074602685$$

$$e. \quad \sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.001350811} = 740.2957583$$

$$\mu = -\left(\frac{a}{b}\right) = -\frac{-1.074602685}{0.001350811} = 795.5238095$$

$$f. \quad \text{Index of Fit} \quad r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(21 \times 11567.39538) - (16706 \times 0)}{\sqrt{[(21 \times 21853314.5) - 279090436][(21 \times 18.01115531) - 0]}} = 0.931417459$$

d. Identifikasi Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Lognormal

Table 4.8 Perhitungan Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) dengan Distribusi Lognormal

i	ti (jam)	xi= ln ti	F(ti)	Yi = zi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	23	3.135494216	0.03271028	-1.842857143	-5.778267913	9.831323978	3.39612245
2	118.5	4.774912961	0.079439252	-1.409333333	-6.729443998	22.79979378	1.986220444
3	119	4.779123493	0.126168224	-1.1445	-5.469706838	22.84002136	1.30988025
4	260	5.560681631	0.172897196	-0.9432	-5.244834914	30.9211802	0.88962624
5	309	5.733341277	0.219626168	-0.773448275	-4.434442921	32.8712022	0.598222234
6	382	5.945420609	0.26635514	-0.623939393	-3.709582126	35.34802621	0.389300366
7	382.5	5.946728653	0.313084112	-0.487428571	-2.89860545	35.36358168	0.237586612
8	478	6.169610732	0.359813084	-0.358947368	-2.214565534	38.06409659	0.128843213
9	503	6.22059017	0.406542056	-0.236578947	-1.471660672	38.69574206	0.055969598
10	599.5	6.396095974	0.453271028	-0.1175	-0.751541277	40.91004371	0.01380625
11	716	6.573680167	0.5	0	0	43.21327094	0
12	718	6.576469569	0.546728972	0.1175	0.772735174	43.24995199	0.01380625
13	736	6.601230119	0.593457944	0.236578947	1.56171207	43.57623908	0.055969598
14	767	6.642486801	0.640186916	0.358947368	2.384303154	44.12263091	0.128843213
15	790.5	6.672665657	0.686915888	0.487428571	3.252447886	44.52446697	0.237586612
16	838.5	6.731614581	0.73364486	0.623939393	4.200119516	45.31463487	0.389300366
17	1103	7.005789019	0.780373832	0.773448275	5.418615432	49.08107978	0.598222234
18	1511	7.320526962	0.827102804	0.9432	6.904721031	53.59011501	0.88962624
19	1915.5	7.557733964	0.873831776	1.1445	8.649826522	57.11934267	1.30988025
20	2087	7.643482907	0.920560748	1.409333333	10.77221524	58.42283095	1.986220444
21	2349	7.761744985	0.96728972	1.842857143	14.30378719	60.24468521	3.39612245
total	16706	131.7494244	10.5	0	19.51783157	850.1042601	18.01115531

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 17357.91084$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 0$$

$$\text{Index of Fit distribusi Lognormal} = 0.947948$$

$$s = 1.205926852$$

$$a = -5.202456606$$

$$b = 0.829237693$$

$$t_{\text{med}} = 530.4799255$$

Langkah perhitungan

a. Urutkan data TTF (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar

b. Banyaknya data interval kerusakan = $n = 21$

$$x_i = \ln t_i \qquad x_i = \ln 23 = 3.135494216$$

$$c. F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \qquad F(t_i) = \frac{1-0,3}{21+0,4} = 0.03271028$$

$$d. F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{\text{med}}}\right) = \Phi(z)$$

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

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[0.03271028] = -1.842857143$$

Perhitungan parameter :

a.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$= \frac{(21 \times 19.51783157) - (131.7494244 \times 0)}{(21 \times 850.1042601) - 17357.91084} = 0.829237693$$

$$b. \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{131.7494244}{21} = 6.273782117$$

$$c. \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{0}{21} = 0$$

$$d. a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.829237693 \times 6.273782117) = -5.202456606$$

$$e. s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.829237693} = 1.205926852$$

$$f. t_{med} = e^{-sa} = e^{6.273782117} = 530.4799255$$

$$g. e^{s^2/2} = e^{(1.45425972/2)} = 2.069133221$$

$$h. \mu = -\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{-5.202456606}{0.829237693} = 6.273782117$$

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

$$r = \frac{(21 \times 19.51783157) - (131.7494244 \times 0)}{\sqrt{[(21 \times 850.1042601) - 17357.91084][(21 \times 18.01115531) - 0]}} =$$

$$r = 0.947948$$

4.3.2.2. Nilai Index Of Fit Data Interval Waktu Antar Kerusakan Tiap Distribusi

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan index of fit data interval waktu antar kerusakan dari masing-masing distribusi :

Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Index Of Fit Interval Waktu Antar Waktu Kerusakan

Distribusi	Index Of Fit
Weibull	0.981393576
Eksponensial	0.980793413
Normal	0.931417459
Lognormal	0.947948

Pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai index of fit terbesar. Pada data interval waktu antar kerusakan diperoleh nilai index of fit terbesar terdapat pada distribusi Weibull sebesar **0.981393576**.

4.3.2.3. Identifikasi Distribusi Untuk Data Waktu Perbaikan (TTR)

a. Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) dengan Distribusi Weibull

Table 4.10 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Weibull

i	ti (jam)	$X_i = \ln t_i$	F(ti)	yi	xi.yi	X_i^2	Y_i^2
1	0.5	-0.693147181	0.03125	-3.449903552	2.391290921	0.480453014	11.90183452
2	1	0	0.075892857	-2.539228628	0	0	6.447682025
3	1	0	0.120535714	-2.052275323	0	0	4.211834
4	1	0	0.165178571	-1.711817127	0	0	2.930317875
5	1	0	0.209821429	-1.446059995	0	0	2.091089509
6	1	0	0.254464286	-1.225359071	0	0	1.501504852
7	1	0	0.299107143	-1.03451067	0	0	1.070212326
8	1	0	0.34375	-0.864615531	0	0	0.747560016
9	1.5	0.405465108	0.388392857	-0.709957432	-0.287862967	0.164401954	0.504039556
10	1.5	0.405465108	0.433035714	-0.56658684	-0.229731194	0.164401954	0.321020647

11	1.5	0.405465108	0.477678571	-0.431595374	-0.174996865	0.164401954	0.186274567
12	1.5	0.405465108	0.522321429	-0.302704726	-0.122736205	0.164401954	0.091630151
13	2	0.693147181	0.566964286	-0.178008782	-0.123386285	0.480453014	0.031687127
14	2	0.693147181	0.611607143	-0.055789775	-0.038670525	0.480453014	0.003112499
15	2	0.693147181	0.65625	0.065638507	0.045497146	0.480453014	0.004308414
16	3	1.098612289	0.700892857	0.18809936	0.206648269	1.206948961	0.035381369
17	3	1.098612289	0.745535714	0.313784508	0.344727517	1.206948961	0.098460718
18	4	1.386294361	0.790178571	0.445645905	0.617796405	1.921812056	0.198600273
19	4	1.386294361	0.834821429	0.588191105	0.815406012	1.921812056	0.345968776
20	4.5	1.504077397	0.879464286	0.749437333	1.127211753	2.262248815	0.561656316
21	4.5	1.504077397	0.924107143	0.947181737	1.424634641	2.262248815	0.897153242
22	8	2.079441542	0.96875	1.242924992	2.584589861	4.324077125	1.544862535
total	50.5	13.06556443	11	-12.02750938	8.580418483	17.68551666	35.72619132

$$(\sum x_i)^2 = 170.7089738$$

$$(\sum y_i)^2 = 144.6609818$$

$$\text{Index Of Fit distribusi Weibull} = 0.92434748$$

$$\theta = 2.557468277$$

$$a = -1.487462421$$

$$\beta = b = 1.584061983$$

Langkah perhitungan

a. Urutkan data TTR (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar

b. Banyaknya data waktu perbaikan = $n = 22$

$$x_i = \ln t_i$$

$$x_i = \ln 0.5 = -0.693147181$$

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

$$F(t_i) = \frac{1-0,3}{22+0,4} = 0.03125$$

$$d. \quad y_i = \ln \ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \quad y_i = \ln \ln \left(\frac{1}{1 - 0.03125} \right) = -3.449903552$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad \beta = b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$\beta = b = \frac{(22 \times 8.580418483) - (13.06556443 \times -12.02750938)}{(22 \times 17.68551666) - 170.7089738} = 1.584061983$$

$$b. \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{13.06556443}{22} = 0.593889292$$

$$c. \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{-12.02750938}{22} = -0.546704972$$

$$d. \quad a = \bar{y} - b\bar{x} = -0.546704972 - (1.584061983 \times 0.593889292) = -1.487462421$$

$$e. \quad \theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} = 2.557468277$$

$$f. \quad \text{Index of Fit} = r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} =$$

$$r = \frac{(22 \times 8.580418483) - (13.06556443 \times -12.02750938)}{\sqrt{\left[(22 \times 17.68551666) - 170.7089738 \right] \left[(22 \times 35.72619132) - 144.6609818 \right]}}$$

$$= 0.92434748$$

b. Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) dengan Distribusi Eksponensial

Table 4.11 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Eksponensial

i	ti (jam)	xi= ti	F(ti)	yi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	0.5	0.5	0.03125	0.031748698	0.015874349	0.25	0.00100798
2	1	1	0.075892857	0.078927259	0.078927259	1	0.006229512
3	1	1	0.120535714	0.128442323	0.128442323	1	0.01649743
4	1	1	0.165178571	0.180537435	0.180537435	1	0.032593765
5	1	1	0.209821429	0.235496319	0.235496319	1	0.055458516
6	1	1	0.254464286	0.293652239	0.293652239	1	0.086231638
7	1	1	0.299107143	0.355400247	0.355400247	1	0.126309335
8	1	1	0.34375	0.421213465	0.421213465	1	0.177420783
9	1.5	1.5	0.388392857	0.491665126	0.737497689	2.25	0.241734596
10	1.5	1.5	0.433035714	0.567458965	0.851188448	2.25	0.322009677
11	1.5	1.5	0.477678571	0.649472117	0.974208176	2.25	0.421814031
12	1.5	1.5	0.522321429	0.738817217	1.108225826	2.25	0.545850881
13	2	2	0.566964286	0.836935073	1.673870147	4	0.700460317
14	2	2	0.611607143	0.945737933	1.891475866	4	0.894420238
15	2	2	0.65625	1.06784063	2.13568126	4	1.140283611
16	3	3	0.700892857	1.206953432	3.620860297	9	1.456736588
17	3	3	0.745535714	1.368594784	4.105784352	9	1.873051683
18	4	4	0.790178571	1.56149845	6.245993801	16	2.43827741
19	4	4	0.834821429	1.800728139	7.202912557	16	3.242621831
20	4.5	4.5	0.879464286	2.115809186	9.521141336	20.25	4.476648511
21	4.5	4.5	0.924107143	2.578432708	11.60294719	20.25	6.648315229
22	8	8	0.96875	3.465735903	27.72588722	64	12.01132535
total	50.5	50.5	11	21.12109765	81.1072178	182.75	36.91529891

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 2550.25$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 446.1007659$$

Index Of Fit distribusi Eksponensial = 0.978389542

$$\lambda = b = 0.443815145$$

Langkah perhitungan:

- Urutkan data TTR (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 22$

$$x_i = t_i \quad x_i = 0.5$$

$$c. \quad F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \quad F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{22 + 0,4} = 0.03125$$

$$d. \quad y_i = \ln(1/(1 - F(t)))$$

$$y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - 0.03125}\right) = 0.031748698$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad \lambda = b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \lambda = b = \frac{81.1072178}{182.75} = 0.443815145$$

$$b. \quad \text{Index of fit} = r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{(22 \times 81.1072178) - (50.5 \times 21.12109765)}{\sqrt{[(22 \times 182.75) - 2550.25] [(22 \times 36.91529891) - 446.1007659]}} = 0.978389542$$

c. Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) dengan Distribusi Normal

Table 4.12 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR) dengan Distribusi Normal

i	ti (jam)	xi= ti	F(ti)	Yi = zi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	0.5	0.5	0.03125	-1.862714286	-0.931357143	0.25	3.46970451
2	1	1	0.075892857	-1.433266733	-1.433266733	1	2.054253529
3	1	1	0.120535714	-1.172321429	-1.172321429	1	1.374337532
4	1	1	0.165178571	-0.973392857	-0.973392857	1	0.947493654
5	1	1	0.209821429	-0.80705388	-0.80705388	1	0.651335966
6	1	1	0.254464286	-0.660517857	-0.660517857	1	0.43628384
7	1	1	0.299107143	-0.526982297	-0.526982297	1	0.277710342
8	1	1	0.34375	-0.402255435	-0.402255435	1	0.161809435
9	1.5	1.5	0.388392857	-0.283517344	-0.425276016	2.25	0.080382085
10	1.5	1.5	0.433035714	-0.168662305	-0.252993457	2.25	0.028446973
11	1.5	1.5	0.477678571	-0.055983489	-0.083975233	2.25	0.003134151
12	1.5	1.5	0.522321429	0.055983489	0.083975233	2.25	0.003134151
13	2	2	0.566964286	0.168662305	0.337324609	4	0.028446973
14	2	2	0.611607143	0.283517344	0.567034689	4	0.080382085
15	2	2	0.65625	0.402255435	0.80451087	4	0.161809435
16	3	3	0.700892857	0.526982297	1.580946892	9	0.277710342
17	3	3	0.745535714	0.660517857	1.981553571	9	0.43628384
18	4	4	0.790178571	0.80705388	3.228215522	16	0.651335966
19	4	4	0.834821429	0.973392857	3.893571429	16	0.947493654
20	4.5	4.5	0.879464286	1.172321429	5.275446429	20.25	1.374337532
21	4.5	4.5	0.924107143	1.433266733	6.4497003	20.25	2.054253529
22	8	8	0.96875	1.862714286	14.90171429	64	3.46970451
total	50.5	50.5	11	0	31.43460149	182.75	18.96978403

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 2550.25$$

$$\left(\sum y_i\right)^2 = 0$$

Index Of Fit distribusi Normal = 0.882861365

$$\sigma = 2.125986724$$

$$a = -1.079712549$$

$$b = 0.470369823$$

$$\mu = 2.295454545$$

Langkah perhitungan:

- Urutkan data TTF (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 22$

$$x_i = t_i$$

$$x_i = 23$$

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

$$F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{22 + 0,4} = 0.03125$$

$$d. F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) = \Phi(z)$$

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

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[0.03125] = -1.862714286$$

Perhitungan parameter :

$$a. b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$= \frac{(22 \times 31.43460149) - (50.5 \times 0)}{(22 \times 182.75) - 2550.25} = 0.470369823$$

$$b. \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{50.5}{22} = 2.295454545$$

$$c. \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{0}{22} =$$

$$d. a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.470369823 \times 2.295454545) = -1.079712549$$

$$e. \sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.470369823} = 2.125986724$$

$$f. \mu = -\left(\frac{a}{b}\right) = -\frac{-1.079712549}{0.470369823} = 2.295454545$$

$$g. \text{ Index of fit} = r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2 \right]}} =$$

$$r = \frac{(22 \times 31.43460149) - (50.5 \times 0)}{\sqrt{[(22 \times 182.75) - 2550.25][(22 \times 18.96978403) - 0]}} = 0.882861365$$

d. Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) dengan Distribusi Lognormal

Table 4.13 Perhitungan Index Of Fit data waktu perbaikan (TTR)

dengan Distribusi Lognormal

i	ti (jam)	xi= ti	F(ti)	yi	xi.yi	Xi ²	Yi ²
1	0.5	-0.693147181	0.03125	-1.862714286	1.291135155	0.480453014	3.46970451
2	1	0	0.075892857	-1.433266733	0	0	2.054253529
3	1	0	0.120535714	-1.172321429	0	0	1.374337532
4	1	0	0.165178571	-0.973392857	0	0	0.947493654
5	1	0	0.209821429	-0.80705388	0	0	0.651335966
6	1	0	0.254464286	-0.660517857	0	0	0.43628384

7	1	0	0.299107143	-0.526982297	0	0	0.277710342
8	1	0	0.34375	-0.402255435	0	0	0.161809435
9	1.5	0.405465108	0.388392857	-0.283517344	-0.114956391	0.164401954	0.080382085
10	1.5	0.405465108	0.433035714	-0.168662305	-0.06838668	0.164401954	0.028446973
11	1.5	0.405465108	0.477678571	-0.055983489	-0.022699351	0.164401954	0.003134151
12	1.5	0.405465108	0.522321429	0.055983489	0.022699351	0.164401954	0.003134151
13	2	0.693147181	0.566964286	0.168662305	0.116907801	0.480453014	0.028446973
14	2	0.693147181	0.611607143	0.283517344	0.196519248	0.480453014	0.080382085
15	2	0.693147181	0.65625	0.402255435	0.27882222	0.480453014	0.161809435
16	3	1.098612289	0.700892857	0.526982297	0.578949228	1.206948961	0.277710342
17	3	1.098612289	0.745535714	0.660517857	0.725653035	1.206948961	0.43628384
18	4	1.386294361	0.790178571	0.80705388	1.118814243	1.921812056	0.651335966
19	4	1.386294361	0.834821429	0.973392857	1.349409029	1.921812056	0.947493654
20	4.5	1.504077397	0.879464286	1.172321429	1.763262162	2.262248815	1.374337532
21	4.5	1.504077397	0.924107143	1.433266733	2.155744097	2.262248815	2.054253529
22	8	2.079441542	0.96875	1.862714286	3.873405466	4.324077125	3.46970451
total	50.5	13.06556443	11	0	13.26527861	17.68551666	18.96978403

$$(\sum x_i)^2 = 170.7089738$$

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

$$\text{Index of Fit distribusi Lognormal} = 0.966713218$$

$$s = 0.74827059$$

$$a = -0.793682527$$

$$b = 1.336414947$$

$$t_{\text{med}} = 1.811018315$$

Langkah perhitungan:

- Urutkan data TTR (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar
- Banyaknya data interval kerusakan = $n = 22$

$$x_i = \ln t_i$$

$$x_i = \ln 0.5 = -0.693147181$$

$$c. \quad F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \qquad F(t_i) = \frac{1-0,3}{22+0,4} = 0.03125$$

$$d. \quad F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) = \Phi(z)$$

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

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[0.03125] = -1.862714286$$

Perhitungan parameter :

$$a. \quad b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} = \frac{(22 \times 13.26527861) - (13.06556443 \times 0)}{(22 \times 17.68551666) - 170.7089738} = 1.336414947$$

$$b. \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{13.06556443}{22} = 0.593889292$$

$$c. \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{0}{22} = 0$$

$$d. \quad a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (1.336414947 \times 0.593889292) = -0.793682527$$

$$e. \quad s = \frac{1}{b} = \frac{1}{1.336414947} = 0.74827059$$

$$f. \quad t_{med} = e^{-sa} = e^{-(0.74827059 \times -0.793682527)} = 1.811018315$$

$$g. \quad e^{s^2/2} = 1.323069529$$

$$\begin{aligned}
 \text{h. Index of Fit} &= r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} = \\
 &= \frac{(22 \times 13.26527861) - (13.06556443 \times 0)}{\sqrt{[(22 \times 17.68551666) - 170.7089738][(22 \times 18.96978403) - 0]}} = \\
 &= 0.966713218
 \end{aligned}$$

4.3.2.4. Nilai Index Of Fit Data Waktu Perbaikan Tiap Distribusi

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan index of fit data interval waktu perbaikan dari masing-masing distribusi :

Tabel 4.14 Perbandingan Nilai Index Of Fit Data Waktu perbaikan

Distribusi	Index Of Fit
Weibull	0.92434748
Eksponensial	0.978389542
Normal	0.882861365
Lognormal	0.966713218

Pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai index of fit terbesar. Pada data interval waktu perbaikan diperoleh nilai index of fit terbesar terdapat pada distribusi Eksponensial sebesar **0.978389542**.

4.3.3. Perhitungan Uji Goodness Of Fit atau Uji Kecocokan Distribusi Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Berdasarkan hasil pemilihan nilai index of fit terbesar untuk data interval waktu antar kerusakan, maka dilakukan pengujian kesesuaian distribusi untuk

menentukan apakah data interval waktu antar kerusakan (TTF) pada kendaraan yang menjadi fokus penelitian benar-benar mendekati distribusi yang sesuai dengan index of fit terbesar. Jika hasil pengujian menyatakan data tersebut tidak mendekati distribusi yang terpilih, maka pilih kembali distribusi yang memiliki nilai index of fit terbesar ke dua, dan diikuti kembali dengan uji kesesuaian distribusi sampai data tersebut mendekati distribusi tertentu.

Pengujian yang digunakan untuk masing-masing distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Uji Mann's Test dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Weibull.
2. Uji Kolmogorov – Smirnov Test dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Normal dan Lognormal.
3. Uji Bartlett Test dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Eksponensial.

Distribusi yang akan diuji pada data interval waktu antar kerusakan pada mesin kendaraan adalah distribusi Weibull, maka pengujian yang akan dilakukan adalah *uji Mann's Test*. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. H_0 : Data interval waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull.
2. H_1 : Data interval waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull.
3. Taraf nyata (α) = 0,05.
4. Wilayah kritik : Terima H_0 jika $M < F_{\text{tabel}}(0,05, 20, 21) = 2.11$
5. Hasil perhitungan:

Tabel 4.15 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Interval Waktu Antar

Kerusakan (TTF) Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull

Uji Goodness Of Fit Data TTF Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull								
i	t _i (jam)	ln t _i	$1 - [(i - 0,5)/(n + 0,25)]$	$-\ln [1 - ((i - 0,5)/(n + 0,25))]$	Z _i	M _i	ln t _{i+1} - ln t _i	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i$
1	23	3.135494216	0.976470588	0.023810649	-3.737622374	1.123109018	1.639418745	1.459714701
2	118.5	4.774912961	0.929411765	0.073203404	-2.614513356	0.536376107	0.004210533	0.007849963
3	119	4.779123493	0.882352941	0.125163143	-2.078137249	0.363179805	0.781558138	2.151986775
4	260	5.560681631	0.835294118	0.179971379	-1.714957444	0.27929903	0.172659646	0.618189208
5	309	5.733341277	0.788235294	0.237958637	-1.435658414	0.230072743	0.212079332	0.92179251
6	382	5.945420609	0.741176471	0.29951653	-1.205585671	0.198039512	0.001308045	0.006604968
7	382.5	5.946728653	0.694117647	0.365113813	-1.007546159	0.175867842	0.222882079	1.267327084
8	478	6.169610732	0.647058824	0.435318071	-0.831678317	0.159951325	0.050979438	0.318718446
9	503	6.22059017	0.6	0.510825624	-0.671726992	0.148328755	0.175505804	1.183221722
10	599.5	6.396095974	0.552941176	0.592503655	-0.523398238	0.139867514	0.177584192	1.269660037
11	716	6.573680167	0.505882353	0.681451141	-0.383530724	0.133901517	0.002789402	0.020831744
12	718	6.576469569	0.458823529	0.77908961	-0.249629207	0.130060673	0.02476055	0.190376915
13	736	6.601230119	0.411764706	0.887303195	-0.119568534	0.128195269	0.041256683	0.321826874
14	767	6.642486801	0.364705882	1.008664052	0.008626734	0.128361269	0.030178855	0.235108733
15	790.5	6.672665657	0.317647059	1.14681439	0.136988003	0.130866578	0.058948925	0.450450571
16	838.5	6.731614581	0.270588235	1.307157041	0.267854581	0.136418001	0.274174438	2.009811281
17	1103	7.005789019	0.223529412	1.498212277	0.404272582	0.146504865	0.314737943	2.148310515
18	1511	7.320526962	0.176470588	1.734601055	0.550777448	0.164501011	0.237207002	1.441978988
19	1915.5	7.557733964	0.129411765	2.044755984	0.715278459	0.199707865	0.085748943	0.429371886
20	2087	7.643482907	0.082352941	2.496741107	0.914986324	0.292193024	0.118262078	0.404739566
21	2349	7.761744985	0.035294118	3.344038968	1.207179348			
Total	16706	131.7494244	10.62352941	19.77221373	-12.3675892	4.944801722	4.626250769	16.85787249

$$r = 21$$

$$k1 = r / 2$$

$$= 21 / 2$$

$$= 10.5$$

$$k2 = (r - 1) / 2$$

$$= (21 - 1) / 2$$

$$= 10$$

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i - 0.5}{n + 0.25} \right) \right]$$

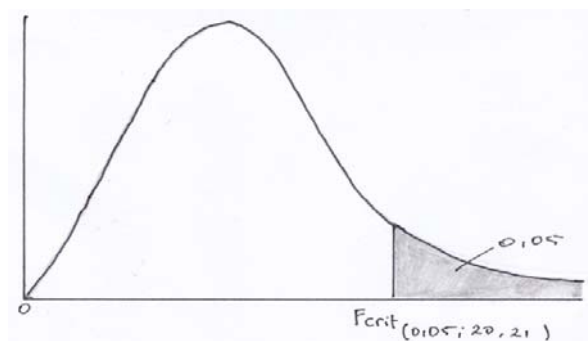
$$M = \frac{k1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}}{k2 \sum_{i=1}^{k_1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}} = \frac{10.5 \times 7.652807074}{10 \times 9.205065414} = 0.872937569$$

$$2 k2 = 20$$

$$2 k1 = 21$$

$$F_{crit} (0.05, 20, 21) = 2.11$$

Karena $M < F$, maka H_0 diterima (berdistribusi Weibull)



Gambar 4.1 Nilai kritis Untuk $F_{(0.05;20;21)}$

4.3.4. Perhitungan Uji Goodness Of Fit atau Uji Kecocokan Distribusi Data

Waktu Perbaikan (TTR)

Langkah-langkah perhitungan untuk uji *Goodness Of Fit* pada setiap distribusi untuk data waktu perbaikan sama dengan langkah-langkah perhitungan untuk uji *Goodness Of Fit* pada data interval waktu antar kerusakan. Pengujian yang digunakan untuk masing-masing distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Uji *Mann's Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Weibull.
2. Uji *Kolmogorov – Smirnov Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Normal dan Lognormal.
3. Uji *Bartlett Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Eksponensial.

Distribusi yang akan diuji pada data waktu perbaikan (TTR) pada komponen kritis adalah distribusi Eksponensial, maka pengujian yang akan dilakukan adalah uji *Barlett Test*. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. H_0 : Data berdistribusi Eksponensial
2. H_1 : Data tidak berdistribusi Eksponensial

Test Statistik:

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

Dimana: B = Nilai uji statistik untuk uji barlett's Test

t_i = Data waktu kerusakan

r = Jumlah kerusakan yang terjadi

H_0 diterima bila nilai B jatuh dalam wilayah kritik :

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

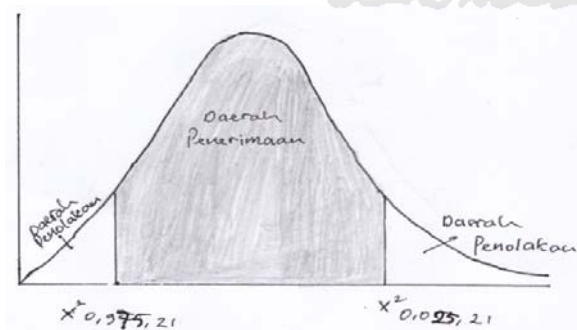
Dimana distribusi Chi-Square memiliki $r-1$ derajat kebebasan

Table 4.16 Uji Bartlett's Test

Uji Goodness Of Fit Data TTR Dengan Bartlett's Test Untuk Distribusi Eksponensial		
i	t_i (jam)	ln t_i
1	0.5	-0.69314718
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1.5	0.405465108
10	1.5	0.405465108
11	1.5	0.405465108
12	1.5	0.405465108
13	2	0.693147181
14	2	0.693147181
15	2	0.693147181
16	3	1.098612289
17	3	1.098612289
18	4	1.386294361

19	4	1.386294361
20	4.5	1.504077397
21	4.5	1.504077397
22	8	2.079441542
Total	50.5	13.06556443

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



Gambar 4.2 nilai kritis untuk

Karena nilai B tidak sesuai maka data tidak berdistribusi eksponensial

Dikarenakan tidak ada kecocokan Distribusi data dengan menggunakan distribusi eksponensial, maka pengujian akan dilakukan dengan distribusi lognormal. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. H_0 : Data waktu perbaikan berdistribusi Lognormal.
2. H_1 : Data waktu perbaikan tidak berdistribusi Lognormal.
3. Taraf nyata (α) = 0,05.
4. Wilayah kritik : Terima H_0 jika $D_{hitung} < D_{tabel}(21, 0,05) = 0,188$.
5. Hasil perhitungan:

Tabel 4.17 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Waktu Perbaikan (TTR)
Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal

Uji Goodness Of Fit Data TTR Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal									
i	$(i - 1)/n$	i/n	t_i' (jam)	$t_i = \ln t_i'$	$(t_i - M)^2$	$Z_i = (t_i - t)/s$	$\Phi(Z_i)$	$D_1(i)$	$D_2(i)$
1	0	0.045454545	0.5	-0.693147181	1.656462882	-1.87203074	0.030578155	0.030578155	0.01487639
2	0.045454545	0.090909091	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	0.148411712	-0.10295717
3	0.090909091	0.136363636	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	0.102957166	-0.05750262
4	0.136363636	0.181818182	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	0.057502621	-0.01204808
5	0.181818182	0.227272727	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	0.012048075	0.03340647
6	0.227272727	0.272727273	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	-0.03340647	0.078861016
7	0.272727273	0.318181818	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	-0.078861016	0.124315561
8	0.318181818	0.363636364	1	0	0.352704491	-0.863828675	0.193866257	-0.124315561	0.169770107
9	0.363636364	0.409090909	1.5	0.405465108	0.035503673	-0.274068274	0.387386626	0.023750262	0.021704283
10	0.409090909	0.454545455	1.5	0.405465108	0.035503673	-0.274068274	0.387386626	-0.021704283	0.067158829

11	0.454545455	0.5	1.5	0.405465108	0.035503673	-0.274068274	0.387386626	-0.067158829	0.112613374
12	0.5	0.545454545	1.5	0.405465108	0.035503673	-0.274068274	0.387386626	-0.112613374	0.158067919
13	0.545454545	0.590909091	2	0.693147181	0.009852128	0.14437339	0.557405622	0.011951077	0.033503469
14	0.590909091	0.636363636	2	0.693147181	0.009852128	0.14437339	0.557405622	-0.033503469	0.078958014
15	0.636363636	0.681818182	2	0.693147181	0.009852128	0.14437339	0.557405622	-0.078958014	0.12441256
16	0.681818182	0.727272727	3	1.098612289	0.254745303	0.734133791	0.768581475	0.086763293	-0.04130875
17	0.727272727	0.772727273	3	1.098612289	0.254745303	0.734133791	0.768581475	0.041308748	0.004145798
18	0.772727273	0.818181818	4	1.386294361	0.627905793	1.152575454	0.875440845	0.102713572	-0.05725903
19	0.818181818	0.863636364	4	1.386294361	0.627905793	1.152575454	0.875440845	0.057259027	-0.01180448
20	0.863636364	0.909090909	4.5	1.504077397	0.828442386	1.323894192	0.90722307	0.043586706	0.001867839
21	0.909090909	0.954545455	4.5	1.504077397	0.828442386	1.323894192	0.90722307	-0.001867839	0.047322385
22	0.954545455	1	8	2.079441542	2.206865486	2.160777519	0.9846311	0.030085645	0.0153689
				13.06556443	9.92601785				

- $n = 22$

- $$M = \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{13.06556443}{22} = 0.593889292$$

- $$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - M)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{9.92601785}{21}} = 0.687508194$$

- Contoh perhitungan

$$z_i = \frac{(t_i - \bar{t})}{s} = \frac{(-0.693147181 - 0.593889292)}{0.687508194} = -1.87203074$$

- Contoh Perhitungan $\Phi(z_i) \rightarrow \Phi(-0.863828675) = 0.193866257$ (didapat dari tabel standardized normal probabilities).

$$z = -0.87 \rightarrow \Phi(z) = 0,1922$$

$$z = -0.863828675 \rightarrow \Phi(z) = ?$$

$$z = -0.86 \rightarrow \Phi(z) = 0,1949$$

Interpolasi

$$\frac{(-0.87) - (-0.863828675)}{(-0.87) - (-0.86)} = \frac{0.1922 - \Phi(z)}{0,192 - 0,1949}$$

$$\frac{-0,006171325}{-0,01} = \frac{0,1922 - \Phi(z)}{-0,0027}$$

$$0,0000166625775 = -0,001922 + 0,01\Phi(z)$$

$$0,01\Phi(z) = 0.00193866257$$

$$\Phi(z) = 0.193866257$$

$$\bullet D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} = 0.148411712$$

$$\bullet D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} = 0.169770107$$

$$\bullet D_n = \max(\text{antara } D_1 \text{ dengan } D_2) = 0.169770107$$

6. Kesimpulan : $D_{hitung} (0.1697701072) < D_{tabel} (0,188)$, maka terima H_0 dan data waktu perbaikan berdistribusi Lognormal.

4.4. Fungsi Distribusi, Nilai Rata-rata Interval Waktu Antar Kerusakan (MTTF), Nilai Rata-rata Waktu Perbaikan (MTTR), dan Availability

4.4.1. Fungsi Distribusi Weibull

Setelah nilai parameter *Weibull* (β dan θ) diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan untuk fungsi distribusi *Weibull*. Untuk waktu operasional menggunakan semua fungsi distribusi *Weibull*.

1. Fungsi distribusi kumulatif $F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{1}{\theta}\right)^\beta$
2. Fungsi kepadatan kemungkinan $f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right)$
3. Fungsi laju kerusakan $h(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1}$
4. Fungsi Keandalan $R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\frac{1}{\theta}\right)^\beta$

Untuk waktu antar kerusakan digunakan fungsi distribusi kumulatif $F(t)$, fungsi kepadatan kemungkinan $f(t)$, fungsi laju kerusakan $h(t)$, dan fungsi keandalan $R(t)$ komponen mesin waktu reparasi. Sedangkan semua fungsi distribusi *Weibull* digunakan pada waktu operasional komponen *mesin* dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.18 Perhitungan Fungsi Ditribusi Weibull

t	F (t)	f (t)	h (t)	R (t)
23	0.020	0.001	0.001	0.980
118.5	0.111	0.001	0.001	0.889
119	0.112	0.001	0.001	0.888
260	0.238	0.001	0.001	0.762
309	0.278	0.001	0.001	0.722
382	0.336	0.001	0.001	0.664
382.5	0.336	0.001	0.001	0.664
478	0.405	0.001	0.001	0.595
503	0.422	0.001	0.001	0.578
599.5	0.483	0.001	0.001	0.517
716	0.549	0.001	0.001	0.451
718	0.550	0.001	0.001	0.450

736	0.560	0.001	0.001	0.440
767	0.576	0.001	0.001	0.424
790.5	0.587	0.000	0.001	0.413
838.5	0.610	0.000	0.001	0.390
1103	0.717	0.000	0.001	0.283
1511	0.829	0.000	0.001	0.171
1915.5	0.897	0.000	0.001	0.103
2087	0.917	0.000	0.001	0.083
2349	0.940	0.000	0.001	0.060

4.4.2. Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) Data Interval Waktu Antar Kerusakan

Setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data interval waktu antar kerusakan adalah distribusi Weibull selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi Weibull yang telah dihitung sebelumnya pada sub-bab 4.3.2.1 (tentang identifikasi interval waktu antar kerusakan (TTF) dengan distribusi weibull). Dari perhitungan berdasarkan persamaan didapat nilai :

$$\beta = 1.063072856$$

$$\theta = 886.2809331$$

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

$$MTTF = 886.2809331 \Gamma\left(1 + \frac{1}{1.063072856}\right)$$

$$MTTF = 886.2809331 \Gamma (1.940669301)$$

$\Gamma (1.940669301) = 0.976640948$ didapat dari tabel Gamma

Fuction, sehingga :

$$MTTF = 886.2809331 \times 0.976640948 = 865.578251$$

4.4.3. Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR) Data Waktu Perbaikan

Setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data untuk data waktu perbaikan adalah distribusi lognormal, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTR, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah nilai parameter-parameter dari distribusi Lognormal yang telah dihitung sebelumnya pada sub-bab 4.3.2.3 (tentang identifikasi data waktu perbaikan (TTR) dengan distribusi Lognormal). Dari perhitungan berdasarkan didapat nilai :

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(0.74827059 \times -0.793682527)} = 1.811018315$$

$$e^{s^2/2} = 1.323069529$$

$$MTTR = t_{med} \times e^{s^2/2} = 1.811018315 \times 1.323069529$$

$$= 2.396103149$$

4.4.4. Availability

Berdasarkan nilai MTTR dan MTTF, maka availabilitas dari mesin kendaraan yaitu kemungkinan mesin beroperasi terhadap kondisi dan periode tertentu dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} = \frac{865.578251}{865.578251+2.396103149} \\ &= 0.997 \\ &= 99.72\% \end{aligned}$$

4.5. Perhitungan Keandalan

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan *mesin* kendaraan

$$\begin{aligned} t_R &= \theta(-\ln R)^{1/\beta} \\ R &= e^{-(t/\theta)^\beta} \\ &= \exp(865.578251/886.2809331)^{1.063072856} \\ &= 0.377122182 = 0.3771 \\ &= 37.71\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui keandalan *mesin kendaraan*, maka dilakukan perhitungan keandalan dengan tingkat keandalan 95% dan 85%.

R = 95%

$$\begin{aligned} t_{95\%} &= 886.2809331(-\ln 0,95)^{\frac{1}{1.063072856}} \\ &= 886.280933 \cdot 1(0.051)^{0,9406693} \\ &= 54.22 \text{ Jam} \end{aligned}$$

R = 85%

$$t_{85\%} = 886.2809331(-\ln 0,85)^{\frac{1}{1.063072856}}$$

$$= 886.2809331 (0.162)^{0,9406693}$$

$$= 160.43 \text{ Jam.}$$

4.7 Perhitungan Biaya perawatan

Perhitungan biaya perawatan ini dilakukan untuk mengetahui waktu perawatan yang optimal dengan biaya yang minimal, dimana untuk melakukan perawatan mesin dilakukan di bengkel yang telah menjadi langganan tetap dari PT. JNE ini. Data-data dalam perhitungan biaya didapat langsung dari data perusahaan.

Tabel 4.19 biaya perawatan

	lalah	Total Biaya
ventif/penggantian	4	Rp.3.820.000
ektif/penggantian	2	Rp.8.034.000

Dari total biaya diatas selanjutnya akan akan dicari biaya perawatan yang minimum dengan metode trial and error. Rumus yang digunakan dapat dilihat yaitu:

$$C(t_p) = \frac{C_p [R(t_p)] + C_f [1 - R(t_p)]}{(tp + Tp) \times R(tp) + (M(tp) + Tf) \times (1 - R(tp))}$$

Hasil perhitungannya dapat dilihat pada perhitungan biaya perawatan.

Biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan kerusakan

$$T_p = T_f = \text{MTTR} = 2.396103149 \text{ jam}$$

$$M(t_p) = \text{MTTF} = 865.571825 \text{ jam}$$

$$\theta = 886.2809331$$

$$\beta = 1.063072856$$

contoh perhitungan untuk :

$$\bullet R(t_p) = e^{-(t/\theta)^\beta}$$

$$R(50) = e^{-(50/886.2809331)^{1.063072856}}$$

$$= 0.9540$$

$$\bullet C(t_p) = \frac{C_p [R(t_p)] + C_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))}$$

$$= \frac{3,820,000(0.9540) + 8,034,000(1 - 0.9540)}{(50 + 2.396103149) \times (0.9540) + (18829,52325 + 2.396103149) \times (1 - 0.9540)}$$

$$= \frac{4.013.714}{915.6758938} = 4383,335048 = 4400$$

Di bawah ini adalah tabel hasil perhitungan dengan menggunakan model perhitungan yang sama seperti diatas:

Tabel 4.20 Biaya Perawatan Mesin Kendaraan t_p 1 Hingga t_p 1300

t_p	$R(t_p)$	$M(t_p)$	$C(t_p)$	% C(tp) Total	Keterangan
1	0,9993	1177468,145	Rp 4.400	0,37%	
25	0,9777	38865,03553	Rp 4.386	0,05%	
30	0,9730	32094,11001	Rp 4.385	0,03%	
50	0,9540	18829,52325	Rp 4.383	0,00%	biaya minimum

54	0,9502	17384,87288	Rp 4.384	0,01%	
54,22	0,9500	17311,79188	Rp 4.384	0,01%	R 95%
100	0,9064	9243,145318	Rp 4.397	0,30%	
120	0,8875	7693,572422	Rp 4.407	0,53%	
150	0,8596	6164,356397	Rp 4.425	0,96%	
160	0,8504	5785,802564	Rp 4.433	1,12%	
160,43	0,8500	5770,617886	Rp 4.433	1,13%	R 85%
164	0,8467	5647,727168	Rp 4.436	1,19%	
180	0,8322	5158,737724	Rp 4.448	1,48%	
200	0,8143	4660,941615	Rp 4.465	1,86%	
250	0,7707	3775,121497	Rp 4.513	2,95%	
300	0,7290	3193,527525	Rp 4.566	4,18%	
350	0,6891	2783,718022	Rp 4.625	5,52%	
400	0,6510	2480,211244	Rp 4.689	6,97%	
450	0,6148	2246,969523	Rp 4.756	8,49%	
500	0,5803	2062,545156	Rp 4.825	10,08%	
600	0,5166	1790,516826	Rp 4.972	13,44%	
700	0,4593	1600,713784	Rp 5.127	16,97%	
865,578	0,3771	1389,643724	Rp 5.396	23,10%	MTTF
886,281	0,3679	1369,324631	Rp 5.430	23,88%	☐
900	0,3619	1356,43438	Rp 5.453	24,40%	
1000	0,3208	1274,410292	Rp 5.621	28,24%	
1050	0,3020	1240,012531	Rp 5.706	30,17%	
1100	0,2842	1209,201988	Rp 5.791	32,11%	
1150	0,2674	1181,497576	Rp 5.876	34,06%	
1200	0,2516	1156,49931	Rp 5.961	36,00%	
1250	0,2366	1133,871913	Rp 6.047	37,95%	
1300	0,2225	1113,332247	Rp 6.132	39,89%	

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Analisa Penentuan Kendaraan

Mesin yang diteliti adalah mesin kendaraan operasional perusahaan, penentuan mesin kendaraan yang akan diteliti ditentukan berdasarkan pada banyaknya perawatan korektif yang terjadi pada setiap kendaraan dan menghitung nilai availability pada tiap-tiap mesin kendaraan. Terdapat 7 kendaraan operasional pada perusahaan, kendaraan Daihatsu eSpace Star Wagon 1.3 adalah kendaraan yang mengalami kerusakan paling sering yakni sebanyak 22 kali dan memiliki nilai availability paling rendah yaitu 99.72%. Berdasarkan penilaian diatas inilah sehingga mesin kendaraan Daihatsu eSpace Star Wagon 1.3 menjadi fokus penelitian.

5.2. Analisa Perhitungan Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR)

Setelah mesin kendaraan mana yang akan ditentukan diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung interval waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR), dan dari hasil perhitungan didapatkan interval waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR) untuk komponen mesin adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Nilai TTF dan TTR Mesin Kendaraan

No	TTR (jam)	TTF (Jam)
1	3	-
2	1.5	309
3	1	382.5
4	2	119
5	4.5	478
6	1	1915.5
7	1.5	503
8	4	118.5
9	1	716
10	2	767
11	2	382
12	0.5	718
13	1	599.5
14	3	1511
15	1.5	2349
16	1	790.5
17	1.5	23
18	1	838.5
19	8	1103
20	1	736
21	4	2087
22	4.5	260
Total	50.5	16706

5.3. Analisa Terhadap Perhitungan Index Of Fit, Uji Goodness Of Fit, MTTF, MTTR

5.3.1 Hubungan Index Of Fit dan Uji Goodnes Of Fit

Dalam penelitian ini Perhitungan *index of fit* atau koefisien linier antara 2 populasi peubah acak x dan y digunakan Untuk Mencari nilai parameter-parameter yang ada dalam setiap distribusi dan untuk mengetahui nilai *index of fit* atau nilai r terbesar diantara setiap distribusi, semakin besar nilai *index of fit* maka semakin baik pula hubungan linier antara x dan y , oleh sebab itu pemilihan distribusi yang sesuai ditentukan dengan distribusi yang memiliki nilai *index of fit* terbesar.

Sedangkan uji *goodness of fit* dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi yang terpilih untuk penyebaran data sudah benar atau tidak dengan analisis jika H_0 berarti data mengikuti distribusi pilihan lawan hipotesis alternative H_1 berarti data tidak mengikuti distribusi pilihan. Sebenarnya uji *goodnes of fit* bisa dilakukan terlebih dahulu sebelum perhitungan *index of fit* untuk mempersingkat waktu perhitungan dan jika penelitian dilakukan dengan menggunakan distribusi secara umum yaitu uji *chi-square goodnes of fit*.

5.3.2. Perhitungan Index of Fit

Setelah perhitungan TTF dan TTR diselesaikan, dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Penentuan distribusi dilakukan dengan menggunakan distribusi Weibull, Eksponensial, Normal, dan Lognormal untuk mengetahui nilai *index of fit* dari tiap-tiap distribusi.

Hasil dari perhitungan *index of fit* dari setiap distribusi untuk data TTF dan TTR adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Nilai Index Of Fit Masing-Masing Distribusi Untuk Data TTF

Distribusi	Index Of Fit	Distribusi Terpilih
Weibull	0.981393576	Weibull
Eksponensial	0.980793413	
Normal	0.931417459	
Lognormal	0.947948	

Tabel 5.3 Nilai Index Of Fit Masing-Masing Distribusi Untuk Data TTR

Distribusi	Index Of Fit	Distribusi Terpilih
Weibull	0.92434748	Eksponensial
Eksponensial	0.978389542	
Normal	0.882861365	
Lognormal	0.966713218	

5.3.3. Analisa Uji Kecocokan Distribusi (Uji Goodness Of Fit)

Setelah mendapatkan distribusi yang mewakili data komponen baik TTF maupun TTR dengan melihat dari nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing distribusi untuk data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kecocokan distribusi atau uji *Goodness Of Fit* untuk mengetahui dan memastikan apakah distribusi yang telah didapatkan untuk mewakili penyebaran data telah benar.

Uji kecocokan distribusi yang digunakan untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut :

1. Uji *Mann's Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Weibull.
2. Uji *Kolmogorov – Smirnov Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Normal dan Lognormal.
3. Uji *Bartlett Test* dengan $\alpha = 0,05$ untuk menguji distribusi Eksponensial.

Untuk Data TTF dilakukan uji Uji *Mann's Test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar adalah distribusi Weibull. Sedangkan untuk data TTR dilakukan Uji *Bartlett Test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar adalah distribusi Eksponensial.

5.3.4 Uji Goodness Of Fit

1. Uji Goodness Untuk TTF

Hasil pengujian Mann (Mann's Test) dengan $\alpha = 0,05$ dapat diketahui sebagai berikut :

Pada perhitungan didapatkan nilai M sebesar 0.872937569 dan nilai $F_{(0,05;20,21)}$ pada tabel sebesar 2.11. data akan diterima berdistribusi weibull jika nilai $M < F$, karena nilai $M = 0.872937569 < F_{(0,05;20,21)} = 2.11$ yang berarti nilai M berada pada daerah penerimaan (berdasarkan maka data diterima, yang berarti data berdistribusi weibull).

2. Uji Goodness Untuk TTR

Hasil pengujian *Barlett Test* waktu perbaikan dengan $\alpha = 0,05$ dapat diketahui sebagai berikut :

diadaptasi nilai B sebesar 8.884011917 , jika nilai B berada di dalam daerah penerimaan yaitu $(X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1})$ maka data berdistribusi eksponensial sedangkan jika berada di daerah penolakan maka data tidak berdistribusi eksponensial.

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

$$X^2_{0,975;21} < B < X^2_{0,025;21}$$

$$10,3 < B < 35,5$$

Dari hasil uji diatas dapat diketahui bahwa nilai B berada diluar daerah penerimaan yaitu antara 10.3 dan 35.5 sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi eksponensial

Dikarenakan tidak ada kecocokan Distribusi data dengan menggunakan distribusi eksponensial, maka pengujian akan dilakukan dengan distribusi lognormal.

Hasil pengujian Kolmogorov – Smirnov Test waktu perbaikan dengan $(\alpha) = 0,05$. dapat diketahui sebagai berikut :

Pada waktu perbaikan didapatkan nilai D hitung sebesar 0.169770107 dan nilai D table sebesar 0.188. data akan diterima

berdistribusi lognormal jika $D_{hitung} < D_{tabel}$, karena $0.169770107 < 0.188$ maka data diterima berdistribusi lognormal.

3. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull

Dari hasil pengolahan data diketahui nilai parameter *Weibull*-nya sebagai berikut :

$$\theta = 886.2809331 \text{ dan } \beta = 1.063072856$$

Pada perhitungan waktu operasional didapatkan $\beta > 1$, Hal ini dapat dilihat dari laju kerusakan yang terus meningkat dengan bertambahnya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa perawatan pencegahan untuk menjaga keandalan dari mesin kendaraan dapat dilakukan.

4. Perhitungan Parameter Distribusi Lognormal

Dari hasil pengolahan data diketahui nilai parameter *Lognormal*-nya sebagai berikut :

$$\text{Waktu perbaikan : } s = 0.74827059 \text{ dan } t_{med} = 1.811018315$$

5.3.5. Perhitungan MTTF dan MTTR

1. Perhitungan MTTF

Nilai MTTF (Mean Time To Failure) untuk mesin kendaraan adalah 865.578251 jam. Artinya waktu rata – rata mesin kendaraan untuk gagal dalam beroperasi adalah pada saat 865.578251 jam.

2. Perhitungan MTTR

Nilai MTTR (Mean Time To Repair) Untuk waktu perbaikan mesin kendaraan adalah 2.396103149 jam. Artinya waktu rata – rata untuk melakukan perbaikan mesin kendaraan yaitu selama 2.396103149 jam.

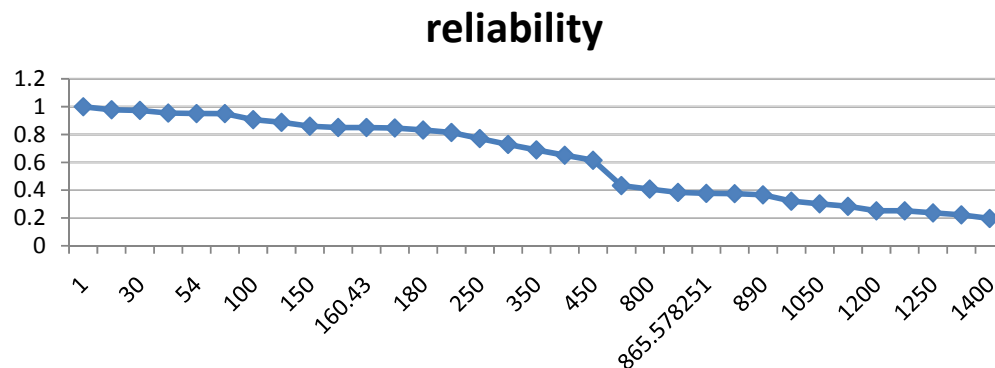
5.4. Analisa Keandalan Mesin

Analisa dilakukan pada tingkat keandalan sebesar 95% dan 85%.

Hasilnya adalah sebagai berikut :

1. Pada saat *MTTF* (865.578251 jam) diperoleh keandalan sebesar 37.71 %
Artinya jika perawatan dilakukan pada saat waktu rata-rata antar kerusakan yaitu 865.578251 jam, maka tingkat keandalan yang dihasilkan hanya sebesar 37.71 %
2. Untuk tingkat keandalan 95% didapat waktu 54.22 jam.
Artinya tingkat keandalan 95% pada mesin kendaraan bisa didapat jika perawatan dilakukan setiap 54.22 jam sekali.
3. Untuk tingkat keandalan 85% didapatkan waktu 160.43 Jam.
Artinya tingkat keandalan 85% pada mesin kendaraan bisa didapat jika perawatan dilakukan setiap 160.43 jam sekali

Berikut ini adalah hubungan



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Keandalan

5.5. Analisa Waktu perawatan Berdasarkan Biaya Minimum

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui biaya minimum perawatan mesin kendaraan dari biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan kerusakan berdasarkan pada waktu perawatan dan keandalan mesin. Keandalan mesin dengan $R = e^{-(t/\theta)^\beta}$

Dan :

- $R(t_p) = e^{-(t/\theta)^\beta}$

$$R(50) = e^{-(50/886.2809331)^{1.063072856}}$$

$$= 0.9540$$

- $$C(t_p) = \frac{C_p [R(t_p)] + C_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) \times R(t_p) + (M(t_p) + T_f) \times (1 - R(t_p))}$$

=

$$\frac{3,820,000(0.9540)+8,034,000(1-0.9540)}{(50+2.396103149)x(0.9540)+(18829,52325+2.396103149)x(1-0.9540)}$$

$$= \frac{4.013.714}{915.6758938} = 4383,335048 = 4400$$

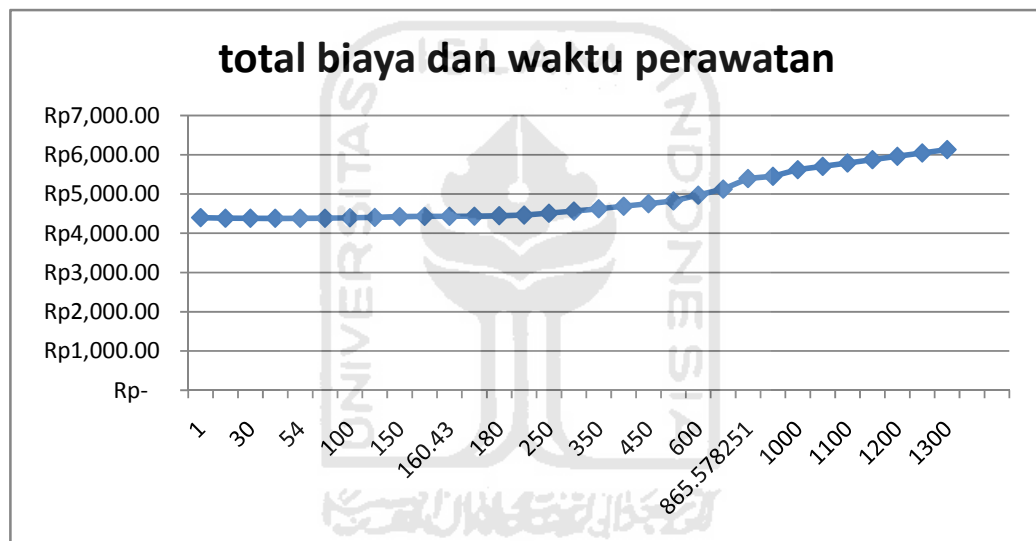
Maka didapat hasil perhitungan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 5.1 Biaya Perawatan Mesin Kendaraan t_p 1 Hingga t_p 1300

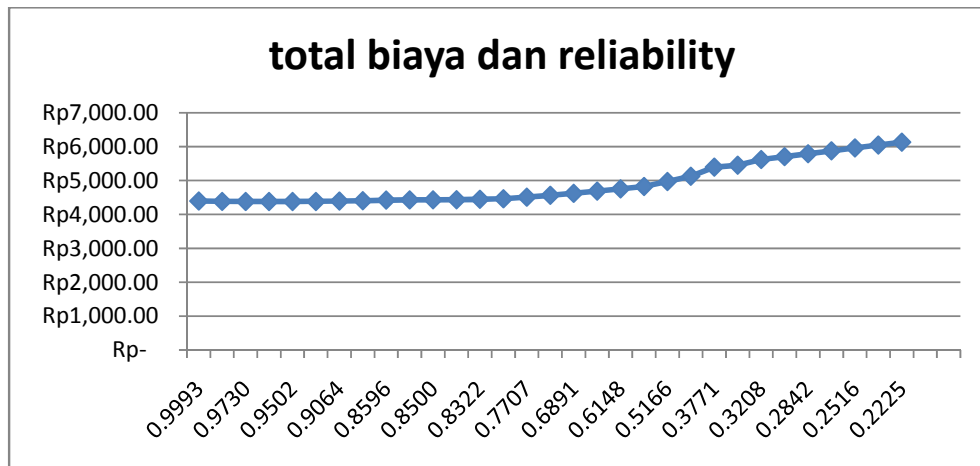
t_p	$R(t_p)$	$M(t_p)$	$C(t_p)$	% C(tp) Total	Keterangan
1	0,9993	1177468,145	Rp 4.400	0,37%	
25	0,9777	38865,03553	Rp 4.386	0,05%	
30	0,9730	32094,11001	Rp 4.385	0,03%	
50	0,9540	18829,52325	Rp 4.383	0,00%	biaya minimum
54	0,9502	17384,87288	Rp 4.384	0,01%	
54,22	0,9500	17311,79188	Rp 4.384	0,01%	R 95%
100	0,9064	9243,145318	Rp 4.397	0,30%	
120	0,8875	7693,572422	Rp 4.407	0,53%	
150	0,8596	6164,356397	Rp 4.425	0,96%	
160	0,8504	5785,802564	Rp 4.433	1,12%	
160,43	0,8500	5770,617886	Rp 4.433	1,13%	R 85%
164	0,8467	5647,727168	Rp 4.436	1,19%	
180	0,8322	5158,737724	Rp 4.448	1,48%	
200	0,8143	4660,941615	Rp 4.465	1,86%	
250	0,7707	3775,121497	Rp 4.513	2,95%	
300	0,7290	3193,527525	Rp 4.566	4,18%	
350	0,6891	2783,718022	Rp 4.625	5,52%	
400	0,6510	2480,211244	Rp 4.689	6,97%	
450	0,6148	2246,969523	Rp 4.756	8,49%	
500	0,5803	2062,545156	Rp 4.825	10,08%	
600	0,5166	1790,516826	Rp 4.972	13,44%	□
700	0,4593	1600,713784	Rp 5.127	16,97%	
865,578	0,3771	1389,643724	Rp 5.396	23,10%	MTTF
886,281	0,3679	1369,324631	Rp 5.430	23,88%	⊠

900	0,3619	1356,43438	Rp 5.453	24,40%	
1000	0,3208	1274,410292	Rp 5.621	28,24%	
1050	0,3020	1240,012531	Rp 5.706	30,17%	
1100	0,2842	1209,201988	Rp 5.791	32,11%	
1150	0,2674	1181,497576	Rp 5.876	34,06%	
1200	0,2516	1156,49931	Rp 5.961	36,00%	
1250	0,2366	1133,871913	Rp 6.047	37,95%	
1300	0,2225	1113,332247	Rp 6.132	39,89%	

Dari table diatas dapat dibuat grafik seperti di bawah ini:



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Waktu Perawatan dan Biaya Perawatan



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Biaya perawatan dan Reliability

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas diketahui bahwa biaya perawatan terkecil atau minimum adalah pada waktu perawatan $t_{(p)}$ 50 jam dan memiliki nilai keandalan 95.4% dengan biaya perawatan sebesar Rp 4.383 ini berarti jika perusahaan menginginkan perawatan dengan biaya minimum dan keandalan yang tinggi maka perawatan harus dilakukan setiap 50 jam sekali.

jika perusahaan ingin mendapatkan keandalan 95% pada mesin kendaraan maka perawatan harus dilakukan setiap 54.22 jam sekali dengan biaya sebesar Rp 4.384 atau lebih mahal Rp. 1 dari biaya minimum. Sedangkan jika perusahaan menginginkan keandalan 85% pada mesin kendaraan maka perawatan harus dilakukan setiap 160.43 jam sekali dengan biaya sebesar Rp 4.433 atau lebih mahal Rp. 50 dari biaya minimum.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jika perawatan dilakukan setiap 54,22 jam sekali maka keandalan 95% bisa dicapai oleh mesin kendaraan, yang berarti bahwa kemampuan mesin kendaraan untuk berfungsi baik sesuai dengan waktu yang telah ditentukan mencapai 95%. Jika perawatan dilakukan setiap 160,43 jam sekali maka keandalan 85% bisa dicapai oleh mesin kendaraan, yang berarti bahwa kemampuan mesin kendaraan untuk berfungsi baik sesuai dengan waktu yang telah ditentukan mencapai 85%. Perawatan harus dilakukan sebelum jam ke 886,281 untuk memperkecil resiko kerusakan mesin kendaraan dan keandalan mesin bisa tetap terjaga.
2. Jika perusahaan ingin melakukan perawatan dengan biaya minimum, maka perawatan harus dilakukan setiap 50 jam sekali, dimana biaya yang paling minimum adalah sebesar Rp. 4.383 dengan tingkat kendalan yang bisa dicapai 95,4%.
3. Tingkat keandalan akan terus menurun jika waktu perawatan semakain besar, sedangkan total biaya perawatan akan terus bertambah jika waktu perawatan berada di bawah atau diatas waktu perawatan dengan biaya minimum, misalkan pada saat waktu perawatan jam ke 30 dengan total biaya sebesar Rp.

4.385 , yang berarti lebih besar dari waktu perawatan biaya minimum yang ada pada perawatan jam ke 50 dengan total biaya sebesar Rp. 4.383 , dan juga pada saat waktu perawatan jam ke 100 dengan total biaya sebesar Rp. 4.397 yang berarti lebih besar dari waktu perawatan biaya minimum.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Dengan melihat tingkat keandalan pada interval waktu rata-rata antar kerusakan, sebaiknya perusahaan membuat penjadwalan ulang waktu perawatan agar keandalan bisa lebih ditingkatkan sehingga dapat memperkecil resiko kerusakan mesin kendaraan.
2. Dengan melihat hasil perhitungan pada tabel, diharapkan perusahaan dapat menentukan jadwal perawatan mesin kendaraannya sendiri sesuai dengan tingkat keandalan dan biaya yang diinginkan.
3. Penelitian ini dilakukan hanya pada mesin secara keseluruhan, sedangkan untuk melakukan penelitian pada setiap komponen atau per komponen pada mesin kendaraan operasional di PT.JNE tidak dilakukan karena kesulitan memperoleh data secara lengkap dan keterbatasan waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Corder, A. S., (1996). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. alih bahasa Kusnul Hadi, Erlangga, Jakarta.
- Ebeling, Charles., (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The Mc Graw-Hill.Companies, Inc, Singapore.
- Imelda Yusra, Ibnu Mastur, (2005). Penentuan Waktu Pemeriksaan Optimal Mesin AJL (AIR JET LOOM) / Weaving Berdasarkan Model Pemeriksaan Perawatan. *Jurnal Teknik Industri*, Universitas Islam Indonesia.
- Jardine, A.K.S, (1973), *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pitman Publishing, Toronto.
- Rachmad Hidayat, Nachnul Ansori, dan Ali Imron, (2010). Perencanaan Kegiatan Maintenance Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II. *Jurnal Teknik Industri*, Universitas Trunojoyo, VOL. 14, NO. 1.
- Sirod Hantoro, (2002). sistem informasi manajemen perawatan mesin industri. *Jurnal Teknologi Industri*, UII, vol. 7,no. 2, hlm. 129-140, Juni.
- Sofyan Assauri, (1980). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suhartono, (2009). Analisa Perawatan Robot Spot Untuk Mengetahui Keandalan Mesin Produksi Dan Ketersediaan Spare Part Pada Departemen Maintenance PT. Astra Daihatsu Motor Jakarta. *Jurnal Teknik Industri*, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Jogjakarta.

Vincent Gasperzs, (1994). *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsito, Bandung.



LAMPIRAN

Daihatsu Espass 1.3 Star Wagon									
MESIN KENDARAAN									
No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam kerusakan	Downtime (Menit)	Perbaikan (jam)	Time To Failure (Jam)	urutan data TTF dr yg terkecil sampai terbesar	urutan data TTR dr yg terkecil sampai terbesar
1	18	Desember	2008	8.00	180	3	-	—	0.5
2	31	Desember	2008	8.00	90	1.5	309	23	1
3	16	Januari	2009	8.00	660	1	382.5	118.5	1
4	21	Januari	2009	8.00	60	2	119	119	1
5	10	Februari	2009	8.00	270	4.5	478	260	1
6	1	Mei	2009	8.00	60	1	1915.5	309	1
7	22	Mei	2009	8.00	90	1.5	503	382	1
8	27	Mei	2009	8.00	240	4	118.5	382.5	1
9	26	Juni	2009	8.00	60	1	716	478	1.5
10	28	Juli	2009	8.00	120	2	767	503	1.5
11	13	Agustus	2009	8.00	120	2	382	599.5	1.5
12	12	September	2009	8.00	30	0.5	718	716	1.5
13	7	Oktober	2009	8.00	60	1	599.5	718	2
14	9	Desember	2009	8.00	180	3	1511	736	2
15	17	Maret	2010	8.00	90	1.5	2349	767	2
16	19	April	2010	8.00	60	1	790.5	790.5	3
17	20	April	2010	8.00	90	1.5	23	838.5	3
18	25	Mei	2010	8.00	60	1	838.5	1103	4
19	10	Juli	2010	8.00	480	8	1103	1511	4
20	10	Agustus	2010	8.00	60	1	736	1915.5	4.5
21	5	November	2010	8.00	240	4	2087	2087	4.5
22	16	November	2010	8.00	270	4.5	260	2349	8
							16706	16706	50.5

Lampiran

Daihatsu Espass 1.3 BOX									
MESIN KENDARAAN									
No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Kerusakan	downtime (menit)	Perbaikan (jam)	Time To Failure (jam)	Urutan Data TTF	Urutan data TTR
1	8	Januari	2009	8.00	90	1.5	-	—	1
2	13	Januari	2009	8.00	150	2.5	93.5	93.5	1
3	28	Maret	2009	8.00	60	1	1773.5	95	1
4	1	April	2009	8.00	90	1.5	95	167	1
5	30	Mei	2009	8.00	60	1	1414.5	190	1
6	6	Juni	2009	8.00	60	1	167	527	1
7	4	Agustus	2009	8.00	180	3	1415	575	1.5
8	18	September	2009	8.00	60	1	1076	1030	1.5
9	10	November	2009	8.00	120	2	527	1076	1.5
10	22	Desember	2009	8.00	120	2	1030	1125	2
11	30	Desember	2009	8.00	180	3	190	1414.5	2
12	15	Februari	2010	8.00	60	1	1125	1415	2.5
13	11	Maret	2010	8.00	60	1	575	1773.5	3
14	6	Juli	2010	8.00	90	1.5	2807	2807	3
								12288.5	23

Lampiran

Daihatsu Espass 1.5 Starr Wagon									
MESIN KENDARAAN									
No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Kerusakan	downtime (menit)	Perbaikan (jam)	Time To Failure (jam)	Urutan Data TTF	Urutan data TTR
1	23	Desember	2008	8.00	150	2.5	-	—	1
2	24	Februari	2009	8.00	270	4.5	1485.5	70	1
3	16	Maret	2009	8.00	120	2	475.5	94	1
4	8	Mei	2009	8.00	60	1	1270	167	1
5	26	Mei	2009	8.00	60	1	671	475.5	1
6	2	Juni	2009	8.00	90	1.5	167	671	1
7	20	Agustus	2009	8.00	120	2	1894.5	1270	1.5
8	24	Agustus	2009	8.00	60	1	94	1415	2
9	22	Oktober	2009	8.00	60	1	1415	1485.5	2
10	2	Januari	2010	8.00	120	2	1727	1727	2
11	5	Januari	2010	8.00	120	2	70	1894.5	2

12	30	Maret	2010	8.00	120	2	2014	1895	2
13	17	Juli	2010	8.00	60	1	2614	2014	2.5
14	4	Oktober	2010	8.00	60	1	1895	2614	4.5
								15792.5	24.5

