

17.851/H/03



TUGAS AKHIR

KS 1701

ANALISA LAJU KEGAGALAN MESIN INDUK PADA KAPAL-KAPAL PENYEBERANGAN UJUNG - KAMAL



RSSP
620.112
Bu0
a-1

2003

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terbit :	9-4-2003
Terdapat :	11
No. Reg. / No. ... :	217078

OLEH :

AGUS BUONO

NRP : 4298 100 044

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003**

**ANALISA LAJU KEGAGALAN MESIN INDUK
PADA KAPAL-KAPAL PENYEBERANGAN
UJUNG-KAMAL**

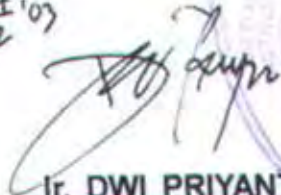
TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sistem Perkapalan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

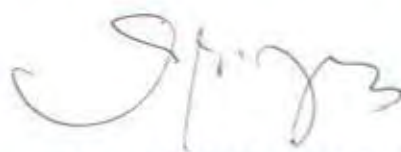
2/1
2/2
'03



Ir. DWI PRIYANTA, MSE

NIP. 132 085 805

Dosen Pembimbing II



Ir. LAHAR BALIWANGI, M.Eng

NIP. 132 133 979

**SURABAYA
JANUARI, 2003**



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN


KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111
TELP. 5994754, 5994251 - 55 PES 1102 FAX 5994754

SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir KS1701

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut di bawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

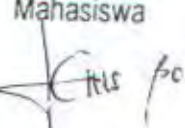
Nama Mahasiswa : AGUS BUONO
Nrp : 4292 100 044
Dosen Pembimbing : 1. Ir DWI PRIYANTA MSE
2. Ir. Lahar BaliWangi, M.Eng
Tanggal Dibenkan Tugas :
Tanggal Diselesaikan Tugas :
Judul Tugas Akhir :
ANALISA LAJU KEGAGALAN MESIN INDUK PADA
KAPAL - KAPAL PENYEBERANEAN UDINE - KAMAL -

Surabaya,
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
FT. Kelautan ITS

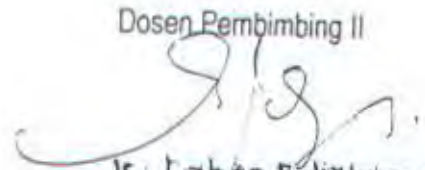

DR. Ir. Agoes A. Masfoeri, M.Eng
NIP. 131407591

Surabaya,
Yang menerima tugas:

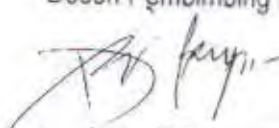
Mahasiswa


AGUS BUONO
NRP. 4292 100 044

Dosen Pembimbing II


Ir. Lahar BaliWangi, M.Eng
NIP. 132.133.999

Dosen Pembimbing I


Ir. DWI PRIYANTA MSE
NIP. 132 - 085.805

ABSTRAK

Armada kapal penyeberangan Ujung-Kamal sering mengalami kegagalan operasi yang menyebabkan ketidaknormalan operasi penyeberangan. Selain disebabkan karena usia kapal yang sudah hampir mencapai 30 tahun, penurunan unjuk kerja yang berlangsung cepat dari komponen sistem yang ada di kapal juga mempengaruhi terjadinya kegagalan operasi kapal. Untuk mengetahui pola kegagalan dan kondisi dari komponen sistem yang ada di kapal diperlukan analisa laju kegagalan (failure rate analysis).

Dalam tugas akhir ini akan dicoba untuk menganalisa laju kegagalan kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Penelitian akan difokuskan pada analisa laju kegagalan mesin induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan dan membuktikan pola laju kegagalan dari mesin induk kapal. Fungsi laju kegagalan dari tiap mesin induk yang dianalisa diperoleh berdasarkan distribusi probabilitas yang sesuai yang menunjukkan kegagalan. Metode maximum likelihood estimate (MLE) digunakan untuk mendapatkan pendekatan parameter dari tiap distribusi dengan menggunakan program aplikasi Weibull ++.

Hasil dari penelitian ini akan mengetahui proses laju kegagalan dan kondisi mesin induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Dengan tugas akhir ini bisa dijadikan pedoman pemilik kapal dalam mengambil keputusan untuk tindakan perawatan atau pergantian komponen mesin induk kapal. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa injektor merupakan komponen kritis dan system bahan bakar merupakan sistem mesin induk yang memiliki laju kegagalan yang tinggi. Dari hasil perbandingan laju kegagalan keempat mesin induk yang diteliti diketahui bahwa mesin induk kapal penyeberangan tersebut masih berada dalam kondisi useful life time karena menunjukkan laju kegagalan yang konstan.

Kata kunci : Failure rate analysis, maximum likelihood estimate, useful life time
Program Weibull ++.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT, Sumber Segala Ilmu yang telah melimpahkan segala Rahmat, Berkah dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“ ANALISA LAJU KEGAGALAN MESIN INDUK PADA KAPAL- KAPAL PENYEBERANGAN UJUNG – KAMAL”

Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karenaitu, dengan kerendahan hati, penulis menerima saran, kritik dan petunjuk yang membangun untuk kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini dan penulisan-penulisan ilmiah berikutnya.

Pada akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca demi berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama bagi putra – putri terbaik negeri ini dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan

Surabaya, Januari 2003

(Penulis)

6. Bapak Ony Saputra, ST, selaku administrasi teknik di PT. Jembatan Madura yang telah membantu penulis dalam mendapatkan data yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
 7. Bapak Ir. Yusuf, selaku kepala devisi armada PT. Dharma Lautan Utama yang telah membantu penulis mendapatkan data untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
 8. Beliau tercinta, Mbah Rosyid yang telah membantu penulis menyelesaikan kuliah ini dengan uang pensiunnya dan doa
 9. Semua Keluarga di rumah, Mbak Hertin dan Mas Son beserta ponakan kecil Riza, kedua adikku Hermin dan Angga, keluarga Om Khairil beserta adik Qisthi dan Naufal yang telah mewarnai penulis dengan kebahagiaan dan dorongan semangat supaya penulis cepat lulus kuliah.
 10. Semua teman-teman di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, teman –teman Lab. System Reliability & Safety (Arip, Linda, Sofyan, Nono, Joko, Roni) dan my best friend Widya dan Edi Purwanto. Semua kisah ini akan terkenang selalu dan semoga menjadi kisah klasik untuk masa depan. Saudaraku di MTA cabang Sukolilo, terima kasih atas dorongan dan semangat agar penulis menyelesaikan tugas akhir ini
- Semoga Allah SWT membalas semua budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Surabaya, Januari 2003

(Penulis)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir	
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Ucapan Terima Kasih	iii
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
BAB I. PENDAHULUAN	I - 1
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Permasalahan	I - 4
1.3 Batasan Masalah	I - 4
1.4 Tujuan	I - 5
1.5 Manfaat	I - 6
1.6 Metodologi Penelitian	I - 7
1.7 Sistematika Tugas Akhir	I - 11
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Pendahuluan	II - 1
2.2 Distribusi Probabilitas dalam Terminologi Keandalan	II - 3

2.3	Variabel Random	II - 4
2.3.1	Variabel Random Kontonyu	II - 6
2.3.2	Variabel Random Diskrit	II - 7
2.4	Fungsi Distribusi Probabilitas dan Terminologi	
	Keandalan	II - 8
2.4.1	Fungsi Distribusi Kumulatif dan Fungsi Densitas Probabilitas	II - 8
2.4.2	Fungsi Keandalan	II - 9
2.4.3	Fungsi Laju Kegagalan	II - 12
2.4.4	Waktu Rata-Rata Kegagalan	II - 14
2.4.5	Mean Time Between Failure	II - 15
2.4.6	Mean Time to Failure	II - 15
2.4.7	Mean Time of Maintenance Action	II - 16
2.5	Kurva Laju Kegagalan	II - 17
2.5.1	Early Failure Time	II - 18
2.5.2	Useful Life Time	II - 18
2.5.3	Wear Out Time	II - 19
2.6	Distribusi Probabilitas	II - 20
2.6.1	Distribusi Normal	II - 20
2.6.2	Distribusi Eksponential	II - 21
2.6.3	Distribusi Weibull	II - 24
2.7	Goodness of Fittest	II - 26
2.7.1	Maximum Likelihood Estimate	II - 27

2.8	Analisa Secara Grafik	II - 27
2.8.1	Populasi dan Sampel	II - 28
2.8.2	Valid Data	II - 28
2.8.3	Kegagalan dan Pembongkaran	II - 28
2.8.4	Tipe Data	II - 29
2.8.5	Informasi yang Dibutuhkan	II - 32
2.9	Analisa Data Secara Numerik	II - 33
2.9.1	Block Diagram Keandalan	II - 33
BAB III	METODOLOGI	III - 1
3.1	Umum	III - 1
3.2	Studi Literature	III - 4
3.3	Pengumpulan Data	III - 5
3.4	Identifikasi dan Kecukupan Data	III - 6
3.5	Pemodelan Kegagalan	III - 7
3.6	Analisa Data	III - 8
3.6.1	Analisa Data Kualitatif	III - 8
3.6.2	Analisa Data Kuantitatif	III - 9
3.7	Kesimpulan	III - 10
BAB IV	ANALISA DATA	IV - 1
4.1	Diskripsi Obyek Penelitian	IV - 2
4.2	Sistem-Sistem dalam Mesin Induk Kapal	
	Penyeberangan	IV - 4

4.2.1	Sistem Transmisi	IV - 5
4.2.2	Sistem Bahan Bakar	IV - 6
4.2.3	Sistem Minyak Pelumas	IV - 9
4.2.4	Sistem Pendingin	IV- 12
4.2.5	Sistem Gas Buang	IV- 15
4.2.6	Sistem Udara Start	IV- 16
4.2.7	Komponen pad Bagian Dalam Mesin	IV- 18
4.3	Proses Sensor Data	IV- 21
4.4	Pengolahan Data	IV- 22
4.4.1	Perhitungan Laju Kegagalan Sistem	IV- 31
4.4.2	Analisa Laju Kegagalan Sistem Motor induk Kapal Penyeberangan	IV- 34
4.4.2.1	Analisa Laju Kegagalan Sistem Transmisi	IV- 34
4.4.2.2	Analisa laju Kegagalan Sistem Bahan Bakar	IV- 35
4.4.2.3	Analisa laju Kegagalan Sistem Pelumas	IV- 36
4.4.2.4	Analisa laju Kegagalan Sistem Pendingin	IV- 37
4.4.2.5	Analisa laju Kegagalan Sistem Gas Buang	IV- 37
4.4.2.6	Analisa laju Kegagalan Sistem Udara Start	IV- 38
4.4.2.7	Analisa laju Kegagalan Komponen Dalam Mesin.....	IV- 39
4.5	Model Kegagalan Komponen	IV- 40
4.5.1	Analisa Hasil Pengolahan dan Pengujian Program Weibull ++ 4.0	IV- 45
4.5.2	Analisa Grafik dan Perhitungan Nilai Paramater	IV- 52

4.6	Diskusi	IV- 80
4.6.1	Analisa Perbandingan Laju Kegagalan dan Komponen Mesin Induk Kapal	IV- 80
4.6.2	Analisa Perbandingan Laju Kegagalan Mesin Induk Kapal Penyeberangan	IV- 84
4.6.3	Analisa Ekonomis	IV- 86
4.6.3.1	Perbandingan Biaya Perawatan dengan Menggunakan Data MTTF	IV- 87
4.6.3.2	Analisa Penggantian Karena Biaya Perawatan yang Berlebihan	IV- 89
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	V - 1
5.1	Kesimpulan	V - 1
5.2	Saran	V - 3

Daftar Pustaka ?

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi TTF komponen/sistem	II - 6
Gambar 2.2	Tipikal fungsi densitas kegagalan	II - 12
Gambar 2.3	Bathtub Curve	II - 18
Gambar 2.4	Tipe data untuk analisa data secara grafik	II - 32
Gambar 2.5	Block diagram susunan seri	II - 34
Gambar 2.6	Block diagram susunan paralel	II - 34
Gambar 2.7	Block diagram susunan stand by	II - 34
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian	III - 3
Gambar 4.1	Sistem bahan bakar	IV- 7
Gambar 4.2	Block diagram sistem bahan bakar	IV- 9
Gambar 4.3	Sistem dan block diagram minyak pelumas	IV-11
Gambar 4.4	Sistem pendingin	IV-13
Gambar 4.5	Block diagram sistem pendingin	IV-14
Gambar 4.6	Sistem gas buang	IV-15
Gambar 4.7	Block diagram sistem gas buang	IV-16
Gambar 4.8	Sistem start	IV-17
Gambar 4.9	Block diagram sistem start	IV-17
Gambar 4.10	Perbandingan laju kegagalan tiap mesin induk	IV-25
Gambar 4.11	Perbandingan jumlah kegagalan tiap komponen	IV-27
Gambar 4.12	Perbandingan komponen mesin dan jumlah kegagalan	IV-28
Gambar 4.13	Perbandingan sistem mesin dengan failure rate	IV-32

Gambar 4.14	Perbandingan laju kegagalan sistem transmisi	IV-34
Gambar 4.15	Perbandingan laju kegagalan sistem bahan bakar	IV-35
Gambar 4.16	Perbandingan laju kegagalan sistem pelumas	IV-36
Gambar 4.17	Perbandingan laju kegagalan sistem pendingin	IV-37
Gambar 4.18	Perbandingan laju kegagalan sistem gas buang	IV-38
Gambar 4.19	Perbandingan laju kegagalan sistem start	IV-39
Gambar 4.20	Perbandingan laju kegagalan komponen dalam mesin	IV-40
Gambar 4.21	Tampilan pilihan entry data weibull ++	IV-41
Gambar 4.22	Tampilan use distribution wizard	IV-45
Gambar 4.23	Laju kegagalan KMP. Adhi Swadarma III	IV- 81
Gambar 4.24	Laju kegagalan KMP. Tenggiri	IV- 82
Gambar 4.25	Laju kegagalan KMP. Citra Mandala Bahari	IV- 82
Gambar 4.26	Laju kegagalan KMP. Setya Dharma	IV- 83
Gambar 4.26	Perbandingan laju kegagalan mesin induk	IV- 85

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Jumlah kegagalan pada tiap sistem mesin induk dalam dimensi waktu pengambilan data th. 1998~2002	IV- 24
Tabel 4.2	Perbandingan laju kegagalan tiap mesin induk	IV- 25
Tabel 4.3	Failure rate tiap sistem mesin induk	IV- 32
Tabel 4.4	Laju kegagalan sistem transmisi	IV- 34
Tabel 4.5	Laju kegagalan sistem bahan bakar	IV- 35
Tabel 4.6	Laju kegagalan sistem pelumas	IV- 36
Tabel 4.7	Laju kegagalan sistem pendingin	IV- 37
Tabel 4.8	Laju kegagalan sistem gas buang	IV- 38
Tabel 4.9	Laju kegagalan sistem start	IV- 38
Tabel 4.10	Laju kegagalan sistem komponen dalam mesin	IV- 39
Tabel 4.11	Nilai ranking & likelihood dari data TTF mesin induk	IV- 46
Tabel 4.12	Nilai paramater dari setiap distribusi yang sesuai	IV- 50
Tabel 4.13	Nilai evaluasi keandalan dari parameter boschpump	IV- 55
Tabel 4.14	Nilai evaluasi keandalan dari parameter FO filter	IV- 56
Tabel 4.15	Nilai evaluasi keandalan dari parameter flex.coup.	IV- 57
Tabel 4.16	Nilai evaluasi keandalan dari parameter kompresor	IV- 58
Tabel 4.17	Nilai evaluasi keandalan dari parameter manifold	IV- 59
Tabel 4.18	Nilai evaluasi keandalan dari parameter LO filter	IV- 61

Tabel 4.19	Nilai evaluasi keandalan dari parameter LO cooler	IV- 62
Tabel 4.20	Nilai evaluasi keandalan dari parameter turbocharge	IV- 63
Tabel 4.21	Nilai evaluasi keandalan dari parameter SW pump	IV- 65
Tabel 4.22	Nilai evaluasi keandalan dari parameter LO filter	IV- 66
Tabel 4.23	Nilai evaluasi keandalan dari parameter katup	IV- 67
Tabel 4.24	Nilai evaluasi keandalan dari parameter kompresor	IV- 68
Tabel 4.25	Nilai evaluasi keandalan dari parameter injektor	IV- 70
Tabel 4.26	Nilai evaluasi keandalan dari parameter LO carter	IV- 71
Tabel 4.27	Nilai evaluasi keandalan dari parameter injektor	IV- 72
Tabel 4.28	Nilai evaluasi keandalan dari parameter flex. Coup	IV- 74
Tabel 4.29	Nilai evaluasi keandalan dari parameter LO cooler	IV- 75
Tabel 4.30	Nilai evaluasi keandalan dari parameter cyl. Head	IV- 76
Tabel 4.31	Nilai evaluasi keandalan dari parameter flex. Coup	IV- 78
Tabel 4.31	Nilai parameter keandalan komponen KMP. Adhi Swa	IV- 80
Tabel 4.32	Nilai parameter keandalan komponen KMP. Tenggiri	IV- 81
Tabel 4.33	Nilai parameter keandalan komponen KMP. CMB	IV- 82
Tabel 4.34	Nilai parameter keandalan komponen KMP. SD	IV- 83
Tabel 4.35	Nilai parameter mesin induk	IV- 84
Tabel 4.36	Nilai parameter data TTF	IV- 85
Tabel 4.37	Perbandingan jumlah reparasi	IV- 88
Tabel 4.38	Perbandingan biaya perawatan	IV- 88
Tabel 4.39	Perbandingan biaya ekuivalen tahunan	IV- 89

BAB I

PENDAHULUAN

Cipta Karya

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai sarana transportasi laut yang menghubungkan antara pulau Jawa dengan pulau Madura, penyeberangan Ujung-Kamal adalah salah satu penyeberangan penting yang ada di Indonesia. Untuk menjamin kelancaran jalannya transportasi penyeberangan tersebut maka diperlukan armada kapal yang handal. Hal ini perlu dilakukan karena jalur penyeberangan Ujung-Kamal merupakan salah satu penyeberangan yang mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi, sangat vital untuk menjamin kestabilan sosial, ekonomi, dan aspek penting lain yang dibutuhkan masyarakat Madura dari pulau Jawa maupun sebaliknya. Bila terjadi ketidaknormalan pada operasional penyeberangan akan terjadi antrian dan kamacetan, terlambatnya penyaluran kebutuhan pokok dan kebutuhan lainnya. Ketidaknormalan operasional penyeberangan ini biasanya disebabkan oleh dua hal yaitu kerusakan sarana darmaga penyeberangan dan kerusakan armada kapal yang melayani jalur penyeberangan tersebut. Hampir semua kapal-kapal yang melayani penyeberangan Ujung-Kamal merupakan kapal yang telah berusia 30 tahun. Tetapi perusahaan jasa penyeberangan yang memiliki kapal tersebut tetap mempertahankannya dengan cara melakukan tindakan perawatan. Namun, walaupun telah dilakukan tindakan perawatan kapal-kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal tersebut sering mengalami kerusakan yang dapat mengganggu kelancaran operasional penyeberangan.

Selain disebabkan karena usia pakai kapal yang telah melebihi batas, kegagalan operasional ini juga disebabkan penurunan unjuk kerja dari peralatan yang ada pada kapal tersebut. Penurunan unjuk kerja disebabkan waktu pemakaian rutin dalam melakukan perjalanan pada rute yang telah ditentukan dan disebabkan usia peralatan yang perlu dilakukan pergantian. Untuk mengetahui penurunan unjuk kerja dari peralatan dan menentukan kondisi peralatan diperlukan analisa laju kegagalan (*failure rate analysis*). Laju kegagalan mempunyai definisi bahwa komponen atau produk akan rusak setelah waktu tertentu, dimana selang waktu itu dianggap sebagai fungsi waktu yang diataranya dari masa pemakaian. Dengan analisa kegagalan ini nantinya dapat diketahui kapan akan terjadi kerusakan berdasarkan pola bentuk kegagalan yang telah ada dan dapat diketahui komponen sistem yang sering mengalami kegagalan. Dengan analisa kegagalan ini juga dapat diketahui apakah sistem tersebut telah perlu dilakukan proses pergantian atau hanya perlu dilakukan tindakan perawatan dan perbaikan. Kecepatan dan ketepatan dalam menganalisa terjadinya penurunan unjuk kerja atau laju kegagalan seringkali menjadi permasalahan tersendiri.

Terdorong oleh diatas, maka dalam tugas akhir ini akan dicoba untuk melakukan analisa kegagalan pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Objek penelitian akan difokuskan pada analisa laju kegagalan mesin induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Motor induk dikapal mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu sebagai penggerak utama kapal. Jika motor induk kapal mengalami kerusakan maka operasi kapal akan terganggu dan berakibat tidak beroperasinya kapal tersebut. Sebagai penggerak utama kapal, motor induk merupakan suatu sistem yang mudah mengalami kegagalan karena melakukan

unjuk kerja secara terus-menerus dan memerlukan perawatan untuk menjaga unjuk kerja tersebut dalam kondisi optimal. Dasar analisa kegagalan adalah penentuan *time to failure* (waktu menuju rusak) dari mesin induk yang dapat diketahui dari *maintenance record* yang ditulis dalam *log book* (buku harian) dari mesin induk kapal penyeberangan. Dari data ini kemudian dianalisa dengan melakukan pemodelan kegagalan. Pemodelan kegagalan dari mesin induk kapal dapat digambarkan dalam salah satu distribusi probabilitas kontinyu yaitu distribusi normal, distribusi eksponensial dengan 1 atau 2 parameter dan distribusi weibull dengan 2 atau 3 parameter. Perhitungan parameter dari distribusi ini didapatkan dengan menggunakan *maximum likelihood estimation* (MLE), jika susunan variabel random dari data yang dianalisa tersedia. Untuk mempermudah analisa yang dilakukan maka dari tiga perusahaan jasa penyeberangan Ujung-Kamal akan diambil sampel kapal menurut kesamaan spesifikasi rata-rata dari masing-masing kapal. Analisa ini akan dibentuk dengan membandingkan beberapa titik diantara mesin induk yang dianalisa. Titik ini dibandingkan dengan jumlah aktifitas perawatan yang dilakukan dan frekwensi perawatan berdasarkan komponen yang dikatagorikan. Analisa laju kegagalan ini juga dilakukan dengan analisa data secara grafik dan analisa data secara numerik dengan menggunakan program komputer.

Dengan analisa ini nantinya dapat diketahui laju kegagalan mesin induk, komponen mesin yang berada pada titik kritis, perbandingan laju kegagalan dari masing-masing mesin induk kapal sehingga diketahui apakah kapal tersebut layak untuk beroperasi atau harus perlu dilakukan pergantian mesin induk yang memiliki tingkat kendalan dan efisiensi yang tinggi.

1.2 Permasalahan

Dalam tugas akhir ini yang menjadi permasalahan adalah :

1. Bagaimana mendapatkan data-data yang diperlukan untuk mengevaluasi data kegagalan mesin induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal.
2. Bagaimana menentukan prediksi dan ketepatan laju kegagalan yang terjadi pada mesin induk kapal.
3. Bagaimana menentukan model kegagalan (*failure modeling*) dari komponen mesin induk kapal.
4. Bagaimana menentukan parameter untuk tiap distribusi probabilitas kegagalan dan memplot data kedalam grafik fungsi kegagalan.
5. Bagaimana menganalisa data secara numerik untuk mendapatkan mode kegagalan dan *trend reliability* tiap komponen terhadap sistem mesin induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal.
6. Bagaimana mengidentifikasi kegagalan dan distribusi perawatan yang diperlukan pada mesin induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal.

1.3 Batasan Masalah

Didalam penulisan tugas akhir ini diambil batasan-batasan sebagai berikut :

1. Obyek penelitian studi hanya difokuskan pada mesin induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal.

2. Tidak melakukan tinjauan ekonomi dan perawatan sistem mesin induk.
3. Penetapan *time to failure* harus berada dibawah tindakan perawatan terakhir.
4. Data *maintenance record* diperoleh dari kapal penyeberangan yang dipilih berdasarkan kesamaan spesifikasi rata-rata yaitu tahun pembuatan mesin, dimensi kapal, tipe mesin, daya, kecepatan, rpm, dan jumlah silinder mesin dan data ini diperoleh sekurangnya pada 2 kali overhoul mesin induk kapal penyeberangan.
5. Analisa data secara grafik dilakukan dengan analisa distribusi probabilitas yaitu distribusi normal, distribusi eksponensial, dan distribusi weibull.
6. Tidak dilakukan analisa penyebab kegagalan mesin induk kapal.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk memberikan salah satu solusi alternatif dalam menganalisa laju kegagalan secara cepat dan akurat dengan menggunakan analisa data secara grafik dan numerik dengan aplikasi program komputer.
2. Untuk mengetahui kondisi mesin induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal, apakah masih layak untuk dioperasikan atau perlu diadakan tindakan perawatan dan pergantian baru.

3. Untuk mengetahui perbandingan laju kegagalan dari masing-masing mesin induk yang ada pada kapal penyeberangan Ujung-Kamal.
4. Untuk mendapatkan data secara kualitatif dengan mengelompokkan kegagalan berdasarkan jumlah dari jumlah kegagalan komponen mesin induk kapal penyeberangan.
5. Untuk mengidentifikasi kegagalan dan distribusi perawatan mesin induk kapal penyeberangan ujung-Kamal.

1.5 Manfaat

Manfaat dilakukan penelitian dan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat dijadikan pedoman pemilik kapal yaitu perusahaan jasa penyeberangan Ujung-Kamal dalam mengambil keputusan untuk melakukan tindakan perawatan atau pergantian mesin induk bila diketahui mesin tersebut telah berada pada *wear out period*.
2. Dapat diketahui pola bentuk kegagalan dari mesin induk kapal penyeberangan setelah dilakukan tindakan perawatan sampai rusak kembali (*time to failure*)
3. Dapat diketahui kondisi mesin induk kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal.
4. Dapat diketahui umur pakai (*life time*) mesin induk kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal setelah dilakukan tindakan perawatan sampai rusak kembali.

5. Dapat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi dan distribusi perawatan yang harus dilakukan oleh pemilik kapal penyeberangan Ujung-Kamal.

1.6 Metodologi Penelitian

Tahapan studi yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literature

Tujuan dari tahapan studi ini adalah untuk mendapatkan teori-teori yang relevan dan literatur pendukung untuk memperkuat permasalahan yang ada dan juga untuk mendapatkan hasil analisa yang dapat dipertanggungjawabkan. Pemecahan suatu masalah dan langkah awal melakukan analisa data harus didasari oleh studi literatur yang terarah dan terfokus pada tema permasalahan dan analisa yang akan dilakukan. Dalam penulisan tugas akhir ini ada tiga tema permasalahan yaitu analisa laju kegagalan, penyeberangan Ujung-Kamal, dan motor induk kapal. Proses studi literature dilakukan dengan cara pencarian buku acuan yang berhubungan dengan tema permasalahan, penelusuran karya ilmiah dan penelitian yang sudah ada dan dari hasil diskusi. Buku acuan yang akan dipelajari nantinya berhubungan dengan teori keandalan, bagaimana menganalisa data keandalan, cara analisa grafik dan numerik untuk menganalisa laju kegagalan secara kualitatif dan kuantitatif, buku motor induk kapal dan cara perawatan / reparasi serta buku pendukung lainnya yang mengarah pada tema penulisan tugas akhir. Studi literatur yang lain adalah dengan melakukan penelusuran karya ilmiah dan penelitian tugas

akhir yang telah ada dan memiliki kesamaan dalam analisa yaitu berhubungan dengan evaluasi kendalan dengan obyek yang berbeda. sehingga tujuan penulisan tugas akhir ini dapat tercapai.

2. Pengumpulan data

Dalam melakukan analisa laju kegagalan dengan menggunakan analisa keandalan tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Tujuan pengumpulan data yaitu kita dapat memprediksi kegagalan, lama reparasi dan komponen kritis motor induk kapal. Data yang diperlukan untuk menganalisa laju kegagalan motor induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal adalah data *maintenance record* (data perawatan) yang dapat diperoleh buku jurnal harian kapal bagian mesin, log book kapal, kartu pemeliharaan, jadwal inspeksi peralatan kritis, daftar penggantian komponen motor induk dan dari hasil wawancara yang dilakukan terhadap kepala kamar mesin / KKM, masinis III (perwira dikapal yang bertugas mengawasi motor induk kapal), dan para ABK yang bertugas dikamar mesin. Langkah awal dalam pengumpulan data tersebut adalah mengumpulkan data spesifikasi teknis kapal motor penyeberangan yang masih beroperasi. Data spesifikasi teknis ini berisi nama kapal, lintas penyeberangan, dan data teknis. Setelah data spesifikasi teknis semua kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal didapatkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan kapal yang akan dianalisa laju keagalannya. Data ini diambil pada kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal yang dimiliki oleh perusahaan jasa transportasi penyeberangan.

3. Identifikasi dan kecukupan data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diidentifikasi atau disortir. Pengidentifikasi dilakukan dengan memilih komponen yang sering gagal yang ada pada maintenance record motor induk kapal. Caranya dengan membandingkan frekwensi keagalannya dan frekwensi pergantian (*replacement*) komponen motor induk. Data *maintenance record* motor induk kapal yang diperlukan untuk analisa laju kegagalan adalah sekurang-kurangnya 2 kali survey docking atau minimal 3 tahun operasi kapal. Data ini terpenuhi bila dalam interval waktu tersebut diatas terjadi gangguan / kegagalan komponen motor induk kapal yang menyebabkan terganggunya operasi kapal atau motor induk tersebut pernah terjadi kondisi *breakdown / blackout* yang disebabkan oleh kerusakan komponen atau sebab lain. Bila dalam interval waktu tersebut motor induk kapal yang dianalisa tidak pernah terjadi kegagalan motor induk atau pernah terjadi tetapi disebabkan karena kegagalan motor bantu atau sistem lain maka diperlukan pengumpulan data dengan penambahan interval waktu sampai tercatat adanya kegagalan operasi pada motor induk kapal tersebut.

4. Pemodelan kegagalan

Proses untuk mengetahui model kegagalan dari motor induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal dilakukan dengan menentukan variabel random komponen terlebih dahulu. Disini *time to failure* (TTF) komponen dipilih sebagai variabel randomnya dimana TTF ini didapatkan dari data maintenance record motor induk kapal. Model kegagalan ditunjukkan oleh TTF komponen motor induk yang dikelompokkan secara seri. TTF inilah

yang mengikuti salah satu distribusi probabilitas seperti distribusi normal, *eksponensial*, *lognormal*, *weibull*, *reyleigh* dan distribusi probabilitas lainnya. Pemodelan kegagalan dari mesin diesel digambarkan dalam salah satu distribusi probabilitas kontinu, yaitu : distribusi normal, distribusi eksponensial, distribusi weibull. Dari data *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) komponen motor induk kapal tersebut kemudian diolah dan diuji dengan bantuan *software Weibull ++* dan dipilih metode *Maximum Likelihood Estimate* (MLE) untuk estimasi parameter distribusi. Dari hasil analisa MLE akan diketahui distribusi probabilitas yang dibentuk sistem.

6. Analisa Data

Tujuan analisa data yaitu untuk mencari distribusi yang tepat untuk tiap-tiap komponen dan untuk mendapatkan identifikasi kegagalan dengan cara mengadakan perbandingan pola cara kegagalan setelah diketahui probabilitas distribusi kegagalan dari masing-masing komponen mesin. Dalam melakukan penentuan distribusi komponen harus tersedia data. Data yang diperlukan adalah data TTF dan TTR motor induk kapal. Penentuan distribusi merupakan tahap memprediksikan kecenderungan distribusi system dengan adanya fungsi waktu yang berubah-ubah. Penentuan distribusi probabilitas komponen tersebut dilakukan dengan menggunakan metode MLE. Dengan metode tersebut data TTF dan TTR diolah dan diuji dengan menggunakan *software Weibull ++* untuk mendapatkan nilai estimasi dan parameter distribusi yang sesuai untuk analisa kegagalan system. Pendekatan yang dilakukan untuk analisa data

laju kegagalan motor induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal adalah dengan analisa data secara kualitatif dan analisa data secara kuantitatif.

1.7 Sistematika Tugas Akhir

Tugas akhir ini terdiri dari :

Lembar Judul

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang penulisan tugas akhir, perumusan masalah, pembatasan masalah dan tujuan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang teori-teori keandalan yang mengarah pada penilaian laju kegagalan seperti teori distribusi probabilitas, pemodelan kegagalan, metode maximum likelihood estimate, dan cara menganalisa data kegagalan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas tentang metode pengerjaan tugas akhir, pengolahan dan analisa data untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada tugas akhir.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil-hasil yang telah dicapai dalam pengerjaan tugas akhir dan manfaat-manfaat dari pengerjaan tugas akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan tujuan yang diharapkan dari pengerjaan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pemecahan suatu masalah harus didasari oleh teori-teori yang relevan dan literature pendukung untuk memperkuat keakuratan permasalahan yang ada dan juga untuk mendapatkan hasil analisa yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam bab ini akan dibahas tentang kajian pustaka dan dasar teori sebagai pendukung dalam melakukan analisa tugas akhir ini antara lain akan dibahas tentang definisi keandalan, variabel random, model kegagalan, distribusi probabilitas, waktu rata-rata kegagalan dan metode test kesesuaian (*Goodness of Fittest*), dan analisa secara grafik (*graphical analysis of life data*).

2.1 Pendahuluan

Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditentukan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Terminologi item yang dipakai didalam definisi keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen, sub sistem, atau sistem yang dapat dianggap sebagai suatu kesatuan. Definisi diatas dapat disarikan menjadi empat komponen pokok yaitu :

- Probabilitas
- Kinerja (performance) yang memadai
- Waktu
- Kondisi pengoperasian.



Probabilitas, yang merupakan komponen pokok pertama, merupakan input numerik bagi pengkajian suatu keandalan suatu sistem, yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Pada beberapa kajian yang melibatkan disiplin ilmu keandalan, probabilitas bukan merupakan satu-satunya indeks, ada beberapa indeks lain yang dipakai untuk menilai keandalan suatu sistem yang sedang dikaji.

Tiga komponen lain yaitu kinerja, waktu dan kondisi pengoperasian, semuanya merupakan parameter-parameter engineering dan teori probabilitas tidak banyak membantu untuk kajian engineering ini. Seringkali insinyur yang bertanggung jawab terhadap suatu sistem tertentu yang cukup akurat untuk memberikan informasi yang cukup berkaitan dengan kajian sistem yang sedang dilakukan. Waktu yang telah ditetapkan untuk pengoperasian sistem bisa saja kontinu atau secara sporadic, sedangkan kondisi pengoperasian bias kondisi pengoperasian yang uniform atau bervariasi.

Kriteria tentang kinerja yang memadai dari suatu sistem merupakan masalah yang melibatkan permasalahan manajemen. Kegagalan pengoperasian sistem dapat didefinisikan secara beragam mulai dari kegagalan katastrofik atau gangguan terhadap fungsi sistem, seperti pada pompa yang menyuplai bahan bakar untuk motor penggerak kapal yang mungkin tidak mampu menyuplai kebutuhan minimum bahan bakar meskipun pada kenyataannya pompa bahan bakar masih bias beroperasi.

Indeks keandalan yang paling klasik adalah probabilitas. Bagaimanapun, indeks yang lain juga dihitung dan dikembangkan secara teratur. Indeks keandalan yang paling cocok sangat tergantung dari sistem dan kebutuhan dari sistem

tersebut. Contoh-contoh tipikal berikut merupakan contoh tipikal dari indeks keandalan selain indek klasik probabilitas, yaitu :

- Jumlah kegagalan yang diharapkan akan terjadi dalam periode waktu tertentu.
- Waktu rata-rata diantara dua kegagalan
- Laju kegagalan dari suatu proses
- Durasi rata-rata downtime dari suatu sistem atau peralatan
- Nilai harapan keuntungan yang hilang karena kegagalan
- Nilai harapan yang hilang dari output suatu proses karena kegagalan.

Indeks-indeks ini dapat dievaluasi dengan menggunakan teori keandalan yang relevan setelah beberapa criteria tertentu yang berhubungan dengan kondisi operasional dari suatu sistem atau komponen dipenuhi.

2.2 Distribusi Probabilitas dalam Terminologi Keandalan

Nilai keandalan suatu komponen atau sistem merupakan nilai kemungkinan/probabilitas dari suatu komponen atau sistem untuk dapat memenuhi fungsinya dalam kurun waktu dan kondisi tertentu yang sudah ditetapkan. Dan kenyataannya, untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem rekayasa yang sebenarnya, nilai keandalan dari suatu komponen tidak lagi merupakan harga yang tetap melainkan akan bergantung terhadap waktu. Untuk itu pengevaluasian keandalan akan banyak berhubungan distribusi probabilitas dengan waktu sebagai variabel random.

Ada 2 kelompok utama dari distribusi probabilitas, yaitu distribusi diskrit (discrete distribution) dan distribusi kontinu (continuous distribution). Distribusi diskrit yang sering dipakai adalah distribusi binomial dan distribusi poisson. Sedang distribusi kontinu yang sering dipakai adalah distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi weibull, distribusi reyleigh, dan distribusi gamma.

Konsep yang berkaitan dengan distribusi probabilitas yang akan dibahas pada subbab ini adalah variabel random, fungsi probabilitas massa (*probability mass function*), fungsi probabilitas densitas (*probability density function*), fungsi distribusi kumulatif (*cumulatif distribution function*), nilai harapan (*expected value*), varian dan deviasi standart. Konsep diatas sangat diperlukan dalam mengavaluasi keandalan dari suatu sistem rekayasa yang berbasis terhadap waktu.

2.3 Variabel Random

Didalam mengolah data, ada suatu nilai atau parameter yang akan diukur. Agar teori probabilitas dapat ditetapkan maka kejadian dari nilai-nilai ini haruslah random terhadap waktu (*time*) atau ruang (*space*) atau kedua-duanya. Parameter dari kejadian yang akan diukur, misalnya laju kegagalan (*failure rate*) dari suatu komponen, lama waktu untuk memperbaiki, kekuatan mekanis dari suatu komponen, adalah variabel yang bervariasi secara random terhadap waktu dan / atau ruang. Variabel random ini dapat didefinisikan secara diskrit maupun secara kontinu.

Sebuah variabel random diskrit adalah variabel random yang hanya mempunyai bilangan diskrit pada suatu interval tertentu. Sedang variabel random

kontinyu adalah variabel random yang mempunyai nilai secara kontinyu pada suatu interval tertentu. Contoh dari variabel random diskrit adalah pada eksperimen pelemparan dadu, dimana variabel randomnya didefinisikan sebagai hasil yang keluar dari pelemparan sebuah dadu. Sedangkan contoh untuk random variabel yang kontinyu misalnya adalah pada eksperimen pengujian kegagalan komponen dengan waktu sebagai variabel randomnya.

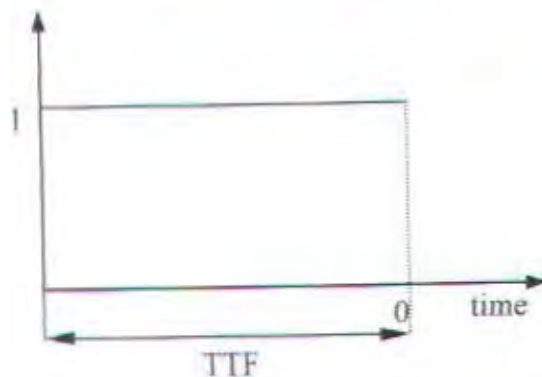
Perilaku dari variabel random didiskripsikan dalam hukum-hukum probabilitas. Cara yang paling umum dalam mengekspresikan probabilitas dari suatu variabel random adalah dengan memakai distribusi probabilitas. Untuk analisa keandalan sistem, variabel random yang sering dipakai adalah variabel random waktu kegagalan (time to failure – TTF) dan sering dinotasikan dengan T . Untuk tujuan analisa kegagalan, ini akan sangat berguna untuk mengartikan TTF sebagai variabel random T . Secara matematis, komponen / system yang terbentuk (the state of component or system) secara umum dapat digambarkan :

$$X(t) \begin{cases} 1, & \text{jika komponen berfungsi pada waktu } t \\ 0, & \text{jika komponen rusak / gagal pada waktu } t \end{cases} \quad (2.1)$$

Dimana,

$X(t)$ = *state variable* yang menunjukkan kondisi dari komponen pada waktu t

Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi dari sebuah TTF. Absis pada gambar menunjukkan waktu sedang ordinat menunjukkan keandalan komponen / sistem, jika komponen /sistem dalam keadaan up / tidak rusak maka komponen/sistem ditunjukkan dengan angka 1 sebaliknya jika komponen/sistem dalam keadaan down/rusak maka komponen/sistem ditunjukkan oleh angka 0.



Gambar 2.1 Ilustrasi TTF Komponen / Sistem

2.3.1 Variabel Random Kontinyu

Misalkan T adalah random variabel yang kontinyu dan $f(t)$ mewakili suatu fungsi probabilitas untuk random variabel T . Jika $P(a \leq T \leq b)$ menyatakan probabilitas dari variabel random t pada interval a dan b maka :

$$P(a \leq T \leq b) = \int_a^b f(t) dt \quad (2.2)$$

Fungsi $f(t)$ yang mewakili fungsi probabilitas untuk variabel random T yang kontinyu disebut fungsi probabilitas densitas (*probability density function*). Untuk selanjutnya istilah fungsi probabilitas densitas akan disingkat dengan pdf. Secara umum fungsi probabilitas densitas memenuhi sifat :

$$f(t) \geq 0, \quad -\infty < t < \infty \quad (2.3)$$

$$\int_a^b f(t) dt = 1 \quad (2.4)$$

Nilai harapan (*expectation value*) dari variabel random T dengan pdf $f(t)$ didefinisikan oleh :

$$E(t) = \int_{-\infty}^{\infty} tf(t)dt \quad (2.5)$$

Sedang varians (*variance*) dari $f(t)$ didefinisikan oleh ;

$$Var(t) = E\{t - E\{t}\}^2\} \quad (2.6)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi ;

$$Var(t) = E\{t^2\} - \{E\{t}\}^2 \quad (2.7)$$

Sedang deviasi standar (*deviation standard*) σ didefinisikan oleh :

$$\sigma = \sqrt{var(t)} \quad (2.8)$$

2.3.2 Variabel Random Diskrit

Jika T adalah random variabel yang diskrit dan $f(t)$ mewakili suatu fungsi probabilitas untuk random variabel T dan $P(T = a)$ menyatakan probabilitas dari suatu variabel random T pada saat $T = a$ maka $P(T = a) = f(a)$.

Fungsi $f(t)$ yang mewakili fungsi probabilitas untuk variabel random T yang diskrit disebut fungsi probabilitas massa (*probability mass function*). Untuk selanjutnya istilah fungsi probabilitas massa akan disingkat dengan pmf.

Secara umum fungsi densitas memenuhi sifat :

$$f(t) \geq 0, \text{ untuk semua } t$$

$$\sum_{t \text{ semua}} f(t) = 1 \quad (2.9)$$

Nilai harapan (expectation) dari variabel random T dengan pmf $f(t)$ didefinisikan oleh :

$$E(t) = \sum_{t=1}^{\infty} t_i f(t_i) \quad (2.10)$$

Sedangkan varians (variance) dan deviasi standar dari $f(t)$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti yang telah dijelaskan diatas.

2.4 Fungsi Distribusi Probabilitas dan Terminologi Keandalan

2.4.1 Fungsi Distribusi Kumulatif dan Fungsi Densitas Probabilitas

Jika T adalah variabel random baik variabel random yang kontinyu ataupun variabel random yang diskrit, maka distribusi kumulatif (cdf) dari variabel random T didefinisikan oleh :

$$F(t) = P(T \leq t) \quad (2.11)$$

Jika T merupakan variabel random yang kontinyu dengan pdf $f(t)$, maka fungsi distribusi kumulatifnya adalah :

$$F(t) = P(-\infty \leq T \leq t) = \int_{-\infty}^t f(u) dt \quad (2.12)$$

Sedang jika T merupakan variabel random yang diskrit dengan fpm $f(t)$, maka fungsi distribusi kumulatifnya adalah :

$$F(t) = \sum_{t_i \leq t} f(t_i) \quad (2.13)$$

Persamaan 2.13 menunjukkan hubungan antara fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ dan fungsi densitas probabilitas, pdf, $f(t)$. Hubungan tersebut dapat dijelaskan dengan persamaan. Pdf dari random variabel T dapat diperoleh dari persamaan 2.11 secara sederhana dapat diperoleh dengan diferensial dari $F(t)$.

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{d}{dt} F(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \end{aligned} \quad (2.14)$$

2.4.2 Fungsi Keandalan (*Reliability Function*).

Fungsi keandalan $R(t)$, yang menunjukkan probabilitas komponen tidak mengalami kegagalan pada interval waktu $(0, t)$. fungsi ini dapat ditulis dengan mengikuti persamaan (i), yaitu :

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(\zeta) d\zeta \quad (2.15)$$

Dalam terminologi keandalan, persamaan diatas juga disebut sebagai fungsi ketakandalan dan dapat ditulis sebagai $Q(t)$. Terminologi Keandalan dapat dijelaskan tersendiri seperti penjelasan dibawah ini.

Fungsi distribusi kumulatif nilainya akan naik mulai dari nol sampai satu seiring dengan naiknya nilai variabel random dari yang terkecil sampai yang terbesar. Fungsi distribusi ini bertambah seperti anak tangga untuk variabel random diskrit dan bertambah seperti kurva yang kontinu untuk variabel random yang kontinu.

Dalam mengevaluasi keandalan suatu sistem, variabel random yang dipakai umumnya adalah waktu pada saat $t = 0$ komponen atau sistem berada dalam kondisi akan beroperasi, sehingga probabilitas komponen atau sistem mengalami kegagalan pada saat $t = 0$ adalah 0. Pada saat $t \rightarrow \infty$ probabilitas untuk mengalami kegagalan dari suatu komponen atau sistem yang dioperasikan akan cenderung mendekati 1. Karakteristik ini sama dengan fungsi distribusi kumulatif dimana fungsi ini akan mengukur probabilitas kegagalan suatu sistem atau komponen sebagai fungsi dari waktu. Dalam terminologi keandalan fungsi distribusi kumulatif ini dikenal sebagai fungsi distribusi kegagalan kumulatif (*cumulative failure distribution function*) atau disingkat distribusi kegagalan kumulatif (*cumulative failure distribution*). Distribusi kegagalan kumulatif ini biasanya dilambangkan dengan $Q(t)$.

Jika $R(t)$ menyatakan fungsi keandalan dari suatu komponen atau suatu sistem sebagai fungsi waktu maka hubungan antara fungsi keandalan $R(t)$ dan distribusi kegagalan kumulatif atau fungsi ketakandalan $Q(t)$ dihubungkan oleh sebuah formula dibawah ini :

$$R(t) = 1 - Q(t) \quad (2.16)$$

Dalam termonologi keandalan fungsi distribusi probabilitas ini disebut dengan fungsi densitas kegagalan (*failure density function*). Fungsi densitas kegagalan ini, yang dinotasikan dengan $f(t)$, dapat diturunkan baik dengan fungsi ketakandalan maupun fungsi keandalan seperti formula dibawah ini :

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (2.17)$$

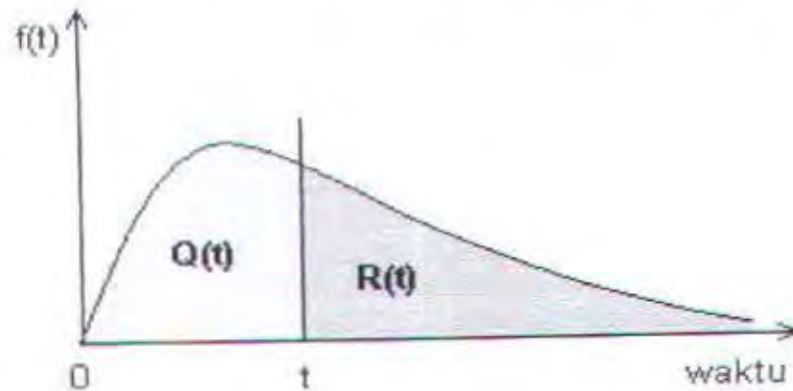
Sebaliknya, fungsi ketakandalan maupun fungsi keandalan dapat diperoleh dari fungsi densitas kegagalan seperti yang dituliskan dalam formulasi dibawah ini :

$$Q(t) = \int_0^t f(t) \quad (2.18)$$

dan,

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (2.19)$$

Gambar 2.2 menunjukkan sebuah tipikal kurva fungsi densitas kegagalan. Sesuai dengan formulasi fungsi ketakandalan dan keandalan yang ditunjukkan pada rumus (2.18) dan (2.19) , maka luasan daerah dibawah kurva interval mulai dari 0 sampai t mewakili fungsi ketakandalan sedang luasan daerah dibawah kurva untuk interval mulai dari t sampai tak hingga.



Gambar 2.2 Tipikal fungsi densitas kegagalan

2.4.3 Fungsi Laju Kegagalan (*Failure Rate Function*)

Misalkan pada saat t sebuah komponen sedang bekerja, probabilitas dari komponen itu untuk mengalami kegagalan pada interval waktu antara t dan $t + \Delta t$. Jika komponen itu diketahui berfungsi pada saat t dapat diekspresikan oleh :

$$P(t < T \leq t + \Delta t \mid T > t) = \frac{P(t < T < t + \Delta t)}{P(T > t)} \quad (2.20)$$

Bagian pembilang dari persamaan 2.20 dapat diekspresikan dalam bentuk fungsi distribusi kumulatif sebagai $F(t + \Delta t) - F(t)$, sedangkan penyebut dari persamaan 2.20 dapat diekspresikan sebagai $R(t)$. Persamaan diatas dapat ditulis menjadi :

$$P(t < T \leq t + \Delta t \mid T > t) = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (2.21)$$

Dengan membagi ekspresi probabilitas pada persamaan diatas dengan interval waktu Δt dan membuat $\Delta t \rightarrow 0$, maka akan diperoleh laju kegagalan dari suatu komponen dan diekspresikan dengan notasi $Z(t)$.

$$Z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \times \frac{1}{R(t)} \quad (2.22)$$

Eksresi $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t}$ pada persamaan 2.22 adalah sama identik dengan persamaan 2.15 sehingga persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

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

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.17 ke persamaan 2.23 maka diperoleh persamaan :

$$Z(t) = -\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} \quad (2.24)$$

Dengan mengintegalkan kedua ruas dari 0 sampai t, dan mensubstitusikan nilai $R(0) = 1$, maka persamaan diatas akan menjadi :

$$\int_0^t Z(t) dt = -\ln R(t) \quad (2.25)$$

atau

$$R(t) = e^{-\int_0^t Z(u) du} \quad (2.26)$$

Untuk kesimpulan yang khusus dimana laju kegagalan suatu komponen konstan, $Z(t) = \lambda$, maka persamaan diatas akan berubah menjadi :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.27)$$

Yang merupakan ekspresi fungsi keandalan dari suatu komponen / sistem yang mengikuti distribusi eksponensial.

2.4.4 Waktu Rata-rata Kegagalan (Mean Time to Failure-MTTF)

Waktu rata-rata kegagalan (*Mean Time To Failure-MTTF*) dari suatu komponen yang memiliki fungsi densitas kegagalan (*failure density function*) $f(t)$ didefinisikan oleh nilai harapan dari komponennya. Secara matematis waktu rata-rata kegagalan dapat diekspresikan sebagai :

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (2.28)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.17 ke persamaan 2.28 maka akan diperoleh :

$$MTTF = - \int_0^{\infty} tR(t)dt \quad (2.29)$$

Persamaan 2.29 dapat diselesaikan dengan memakai integral parsial :

$$MTTF = - \left[-tR(t) \right]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.30)$$

Jika $MTTF < \infty$, maka nilai dari $\left[-tR(t) \right]_0^{\infty} = 0$, sehingga persamaan 2.30 menjadi :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.31)$$

Persamaan 2.31 lebih banyak dipakai untuk mendapatkan MTTF suatu komponen untuk kasus komponen yang memiliki $R(t) = e^{-\lambda t}$, maka MTTF dari komponen itu adalah :

$$MTTF = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.32)$$

2.4.5 Mean Time Between Failure (MTBF)

Untuk peralatan atau komponen bila mengalami kerusakan dapat diperbaiki sehingga unjuk kerjanya menjadi lebih baik lagi dari kondisi sebelum adanya perbaikan maka waktu rata-rata antara kerusakan dinyatakan dengan *mean time between failure* (MTBF).

MTBF sendiri merupakan rasio antara *period of time* pengamatan dengan jumlah *cumulative failure* untuk satu sistem selama *working life time*-nya masih *repairable*.

$$MTBF = \frac{1}{N_f} \sum_{i=1}^{N_f} (t_{f_i} - t_{f_{i-1}}) \quad (2.33)$$

Dimana :

t_f : waktu yang diperlukan sampai terjadinya *failure* (hari)

N_f : jumlah komponen yang telah *failure*

2.4.6 Mean Time to Repair (MTTR)

Untuk memprediksi waktu yang diperlukan dalam melakukan *corrective maintenance* atau *repair* maupun *replacement* maka diperlukan waktu rata-rata

record data dari *corrective maintenance* atau *repair* maupun *replacement action* yang telah dilakukan.

MTTR merupakan perbandingan jumlah dari *corrective maintenance* atau *repair* dan *replacement time* termasuk *idle time* dalam unit waktu dengan jumlah *corrective maintenance* atau *repair* dan *replace action* dalam suatu periode waktu tertentu. MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTTR = \frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^{N_f} t_r \quad (2.34)$$

Dimana :

- t_r : waktu *corrective maintenance* atau *repair* dan *replace action* yang diperlukan sampai terjadinya *failure* (hari)
- N_r : Jumlah *corrective maintenance* atau *repair* dan *replace action* komponen yang telah *failure*

2.4.7 Mean Time of Maintenance Action (MTMA) atau (ϕ)

Dalam melakukan *maintenance* terdapat waktu yang benar-benar untuk melakukan perbaikan (*active repair time*) tanpa memperhitungkan adanya *idle time* untuk menunggu bagian atau komponen yang akan digunakan untuk memperbaiki.

MTMA merupakan rasio jumlah *active repair time* dengan jumlah dilakukan *active repair*.

$$(\phi) = MTMA = \frac{\text{JumlahActiveRe pairTime}}{\text{JumlahActiveRe pair}}$$

$$MTMA = \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} t_{m_i} \quad (2.35)$$

Dimana :

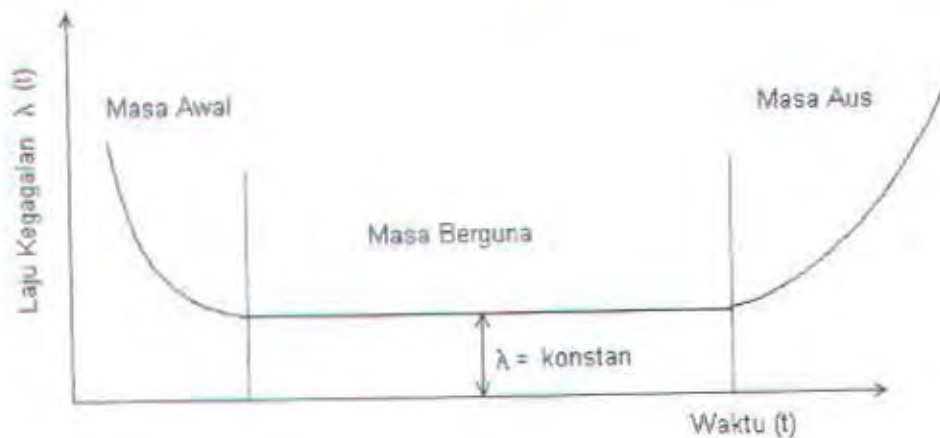
t_m : *active repair time* (hari)

N_m : jumlah dilakukannya *active repair*

2.5 Kurva Laju Kegagalan (*Mortality Bath tub Curve*)

Laju kegagalan dari suatu komponen / sistem dapat diplot pada suatu kurva dengan variabel random waktu sebagai absis dan laju kegagalan dari komponen / sistem sebagai ordinat. Kurva laju kegagalan klasik yang sering dipakai untuk menjelaskan perilaku dari komponen / sistem adalah kurva bak mandi (*Bath tub Curve*). Perilaku laju kegagalan terhadap waktu sangat berhubungan dengan penyebab kegagalan. Bentuk karakteristik dari life time dalam teori keandalan untuk sebuah sistem / komponen secara matematis ditampilkan dalam bath tub curve.

Mortality Bath tub Curve dapat dibagi dalam 3 macam era *life time* yaitu *Early Failure (Burn in)*, *Useful Life* dan *Wear Out*. *Bath tub curve* dapat digambarkan :



Gambar 2.3 Bathtub Curve

2.5.1 Early Failure Time (Burn in Period)

Early failure time adalah periode permulaan bekerjanya peralatan dengan waktu yang relatif lebih pendek dibandingkan dengan periode yang lain. Kurva menunjukkan bahwa laju kegagalan menurun dengan bertambahnya waktu atau diistilahkan dengan *Decreasing Failure Rate* (DFR). Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan kesalahan dalam proses *manufacturing* atau desain yang kurang sempurna. Jumlah kerusakan berkurang karena komponen yang rusak telah diganti atau diperbaiki. Periode ini dikenal juga dengan periode pemanasan (*burn in period*). Model probabilitas yang sesuai adalah Distribusi Weibull dengan $\beta < 1$.

2.5.2 Useful Life Time

Untuk periode ini memiliki laju kegagalan paling rendah dan tetap yang disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Kegagalan yang terjadi bersifat random yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya peralatan, sehingga periode

ini merupakan periode pemakaian peralatan yang normal dan dikarakteristikan secara pendekatan dengan jumlah kerusakan yang konstan tiap satuan waktu. Distribusi yang sesuai adalah Distribusi Eksponensial atau Weibull dengan $\beta = 1$.

2.5.3 Wear Out Time

Pada periode *wear out time* menunjukkan kenaikan laju kegagalan dengan bertambahnya waktu yang sering disebut *Increasing Failure Rate (IFR)*. Hal ini terjadi karena proses keausan peralatan. Kerusakan / kegagalan yang terjadi pada periode ini tidak dapat diprediksi. Model distribusi yang sesuai adalah Distribusi Weibull dengan $\beta > 1$.

Karakteristik	Penyebab	Solusi
Burn-in	DFR Kerusakan pabrikasi, Welding flaws, retak, Komponen rusak, Quality control kurang, kontaminasi.	Burn-in testing Seleksi Quality control
Useful life	CFR Lingkungan Beban random Human error	Redudancy Excess Strength
Wear-Out	IFR Fatigue Korosi Aging Gesekan Cyclical Loading	Preventive maintenace Penggantian teknologi

2.6 Distribusi Probabilitas

Banyak distribusi probabilitas yang dapat digunakan untuk menggambarkan distribusi yang sesuai dari data *Time To Failure*-TTF. Distribusi probabilitas ini akan dipilih untuk memodelkan pola kegagalan dari mesin induk yaitu distribusi normal, distribusi eksponensial, dan distribusi weibull.

2.6.1 Distribusi Normal

Distribusi normal, yang seringkali direfer dari distribusi Gaussian, merupakan distribusi probabilitas yang paling banyak dan sering dipakai. Dalam kaitannya dengan keandalan, distribusi ini banyak dipakai pada cabang keandalan struktur (*structural reliability*). Kurva fungsi probabilitas densitas pada dari sistem normal memiliki bentuk simetris yang sempurna terhadap nilai rata-ratanya (*mean value*) dan dispersi terhadap mean diukur dengan deviasi standarnya. Bentuk yang presisi dan posisi dari fungsi densitas dapat ditentukan hanya dengan term mean dan standar deviasi saja. Sifat ini menghasilkan kemungkinan bagi distribusi normal untuk disalahpakaikan (*missused*) karena semua distribusi dapat dikarakterisasi oleh mean dan standar deviasi. Dengan hanya menentukan mean dan standar deviasi, sangat mungkin bahwa distribusi yang bukan normal akan diasumsikan memiliki distribusi normal, karena tidak ada informasi tambahan lain yang tersedia selain mean dan standar deviasi. Satu teorema yang sering dipakai dan sekali lagi besar kemungkinan disalahpakaikan adalah Central Limit Theorema (CLT).

Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi normal, maka PDF-nya dapat diekspresikan sebagai :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma_1} \right)^2} \quad (2.36)$$

dengan : σ = deviasi standar

μ = rata-rata / mean

Fungsi keandalan dari sebuah komponen yang memiliki distribusi normal dapat ditulis :

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma_1} \right)^2} dt = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma_1} \right) \quad (2.37)$$

Sedangkan fungsi unreability-nya adalah

$$Q(t) = \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma_1} \right) \quad (2.38)$$

dimana

$\Phi ()$ = CDF dari distribusi normal

Mean Time to Failure dari distribusi normal ini adalah :

$$MTTF = \mu$$

(2.39)

2.6.2 Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial merupakan distribusi yang paling banyak dipakai dalam mengevaluasi keandalan sistem. Ciri utama dari distribusi ini adalah laju kegagalan yang konstan.

Jika waktu untuk gagal (*time to failure*) dari suatu komponen, T , terdistribusi secara eksponensial dengan parameter λ , maka fungsi densitas probabilitas dapat diekspresikan sebagai :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.40)$$

dimana

λ = Laju kegagalan

γ = Shape parameter

Persamaan 2.37 dikenal sebagai distribusi eksponensial dengan 2 parameter. Distribusi eksponensial dengan 1 parameter dapat diperoleh jika shape parameter $\gamma = 0$. Sedangkan fungsi keandalannya adalah ;

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(u) du = e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.41)$$

Dengan demikian fungsi ketakandalannya dapat ditulis dengan ;

$$Q(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.42)$$

Waktu rata-rata kegagalan dari komponen itu adalah :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.43)$$

Yang menarik dari distribusi ini adalah jika komponen yang mewakili distribusi eksponensial dioperasikan sampai MTTF-nya, atau $t = \frac{1}{\lambda}$, maka keandalan dari komponen itu dapat diprediksi dengan memakai persamaan 2.40, yaitu :

$$R\left(\frac{1}{\lambda}\right) = e^{-\lambda\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = e^{-1} = 0,37$$

Jadi bila sebuah komponen memiliki fungsi densitas kegagalan yang mengikuti distribusi eksponensial bila dioperasikan dengan durasi sampai MTTF-nya, maka keandalan dari komponen itu hanya tinggal 37 %.

Laju kegagalan dari komponen yang memiliki fungsi densitas kegagalan yang mengikuti distribusi eksponensial dapat diturunkan dengan menetapkan persamaan :

$$Z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda \quad (2.44)$$

Misalkan komponen yang memiliki fungsi densitas kegagalan yang mengikuti distribusi eksponensial telah beroperasi selama t , untuk mengevaluasi probabilitas kegagalan komponen itu pada interval waktu τ , probabilitas kegagalan dari komponen itu tidak bias dihitung secara apriori atau independen dari waktu pengoperasian sebelumnya sampai waktu t . Alasannya adalah, jika pada interval $(0,t)$ maka komponen itu tidak bias gagal pada interval $(t, t - \tau)$. Oleh karena itu untuk mengevaluasi probabilitas kegagalan dari komponen itu selama periode waktu τ adalah penting untuk mempertimbangkan probabilitas kegagalan selama periode waktu $(0,t)$. Probabilitas kegagalan selama waktu τ dikenal sebagai probabilitas a posteriori, yaitu harga dari probabilitas kegagalan tergantung dari sejarah komponen yang terdahulu.

Misalkan T adalah waktu kegagalan (time to failure) dari dari suatu komponen yang mengikuti distribusi eksponensial, maka akan berlaku probabilitas kondisional dibawah ini :

$$P(T > t + \tau | T > t) = \frac{P(T > t + \tau)}{P(T > t)} = \frac{e^{-\lambda(t+\tau)}}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda \tau} \quad (2.45)$$

Persamaan diatas menunjukkan probabilitas dari suatu komponen yang akan berfungsi pada interval $t + \tau$ jika diketahui bahwa komponen itu berfungsi pada saat t tidak tergantung dari waktu operasional sebelumnya, dalam hal ini waktu operasional komponen adalah t . Sifat ini disebut sebagai sifat tak bermemori (memoryless property) dari distribusi eksponensial.

2.6.3 Distribusi Weibull

Selain distribusi eksponensial yang sering dipakai didalam mengevaluasi keandalan sistem, distribusi weibull banyak dipakai karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi mampu untuk memodelkan berbagai data.

Jika time to failure dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi weibull dengan tiga parameter β , η , dan γ , maka PDF-nya dapat diekspresikan sebagai :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (2.46)$$

Dengan, β = Shape parameter, $\beta > 0$

η = Shape parameter, $\eta > 0$

γ = Shape parameter, $\gamma < \text{first time to failure}$

Jika nilai $\gamma = 0$, maka akan diperoleh distribusi weibull dengan dua parameter.

Beberapa karakteristik dari distribusi weibull berdasarkan adalah :

- Untuk $0 < \beta < 1$, laju kegagalan (failure rate) akan berkurang seiring bertambahnya waktu
- Untuk $\beta = 1$, maka failure rate-nya konstan
- Untuk $\beta > 1$, maka laju kegagalan (failure rate) akan bertambah seiring bertambahnya waktu.

Sedangkan fungsi realibility-nya adalah :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.47)$$

fungsi unreability-nya dapat ditulis sebagai :

$$Q(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.48)$$

dan laju kegagalannya dapat diperoleh dari :

$$z(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (2.49)$$

jika $\gamma = 0$, maka didapatkan distribusi weibull dengan 2 parameter.

MTTF dari distribusi weibull adalah :

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (2.50)$$

dimana $\Gamma(\)$ menyatakan fungsi gamma

2.7 *Goodness-of-Fittest (Test Kesesuaian)*

Jika ada sekumpulan data waktu kegagalan (TTF) dari sebuah komponen, kita tidak bisa langsung menyimpulkan bahwa data tersebut memiliki distribusi normal untuk memodelkan kegagalan system, kecuali ada bukti-bukti fisik yang menunjang. Pertanyaan yang timbul adalah seberapa tepat data yang ada memiliki kesesuaian dengan distribusi probabilitas tertentu untuk memodelkan kegagalan komponen/sistem. Pertanyaan ini dapat dilakukan dengan melakukan uji kesesuaian (*goodness of fittest*).

Ada berbagai metode untuk melakukan pengujian ini seperti *Maximum Likelihood Estimete* (MLE), *Chi-Square test* (χ^2) dan *Kolmorov-Smirnov* (K-S) test.

2.7.1 *Maximum Likelihood Estimate (MLE)*

Diskusi sebelumnya dipusatkan pada identifikasi dari distribusi untuk menggambarkan proses kegagalan atau perbaikan. Hanya satu atau lebih distribusi yang dapat diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah estimasi parameter dari distribusi dan distribusi tidak diketahui secara komplit jika parameter tidak diketahui. Meskipun plot probabilitas dan least-squares fitting dari data memberikan pengertian dari estimasi parameter distribusi, hal ini tidak penting untuk dijadikan dasar atau estimasi yang baik dari parameter distribusi. Test kesesuaian yang benardan pasti yaitu berdasarkan maximum likelihood estimate untuk menentukan parameter dari distribusi probabilitas.

Maximum Likelihood Estimate (MLE) secara luas digunakan untuk mendapatkan parameter dari distribusi yang pasti jika variabel random dari data yang dianalisa dipenuhi. Jika terdapat n sebagai data observasi yang independen, yaitu T_1, T_2, \dots, T_n dan data adalah sampel random dari distribusi dengan pdf $f(T, \theta)$, dimana $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ adalah suatu vektor dari parameter yang tidak diketahui diambil dari nilai dalam susunan Ω . T_i dapat menjadi vektor, tetapi untuk penyederhanaan, satu harus ditulis dalam bentuk skalar. Likelihood untuk θ dapat didefinisikan sebagai :

$$L(\theta) = f(t_1, \theta) f(t_2, \theta) \dots f(t_n, \theta) \quad (2.51)$$

Kemudian θ mendapat nilai dalam Ω pada $L(\theta)$ maksimum, θ disebut maximum likelihood estimate dari θ . Hal ini biasanya sesuai jika ditulis dengan $\log L(\theta)$ dengan juga maximum pada θ , dalam banyak kasus θ dapat diketahui dengan pemecahan yang disebut persamaan MLE. $U_i(\theta) = 0$ ($i = 1, \dots, k$), dimana :

$$U_i(\theta) = \frac{\partial \log L(\theta)}{\partial \theta_i} \quad (2.52)$$

2.8 Analisa Secara Grafik (*Graphical Analysis of Life Data*)

Dalam menganalisa data life time langkah awal yang harus dilakukan adalah melakukan analisa secara grafik. Setelah didapatkan nilai laju kegagalan $\lambda(t)$ dari perhitungan empiris selanjutnya dilakukan plot grafik untuk mempermudah pengenalan pola kegagalan. Dengan analisa grafik maka akan diketahui data kuantitatif yang dapat dijadikan pedoman dalam mengambil

keputusan tentang indentifikasi kegagalan dan tindakan reparasi. Dasar untuk menganalisa data akan dijelaskan melalui analisa grafik yang memiliki topik : populasi dan sampel, valid data, kegagalan dan pembongkaran, tipe dari data yang diperlukan.

2.8.1 Populasi dan Sampel

Suatu distribusi masa pakai memperlihatkan beberapa populasi. Analisa dimulai dengan menganalisa data dari random sampel (set of sample) untuk mendapatkan informasi numerik pada distribusi populasi.

2.8.2 Valid Data

Hal ini diasumsikan bahwa sampel adalah random diambil dari populasi yang menarik. Sebuah sampel lain atau irisan dari populasi dapat memberikan informasi yang salah. Sebagai contoh, data kegagalan dari penerapan pada kontrak pelayanan laju kegagalan. Perkiraan yang berlebihan untuk penerapan pada sistem yang tidak kontrak. Juga data test laboratorium dapat menunjukkan perbedaan yang besar dari data lapangan. Secara praktis, salah satunya harus menunjukkan data pertanyaan, kemudian satunya lagi harus mengakses bagaimana saat data menunjukkan populasi ketertarikan dan bagaimana dapat dijadikan sebagai informasi.

2.8.3 Kegagalan dan Pembongkaran

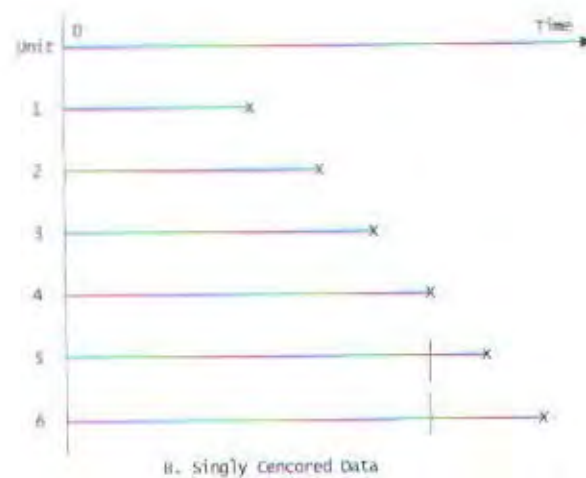
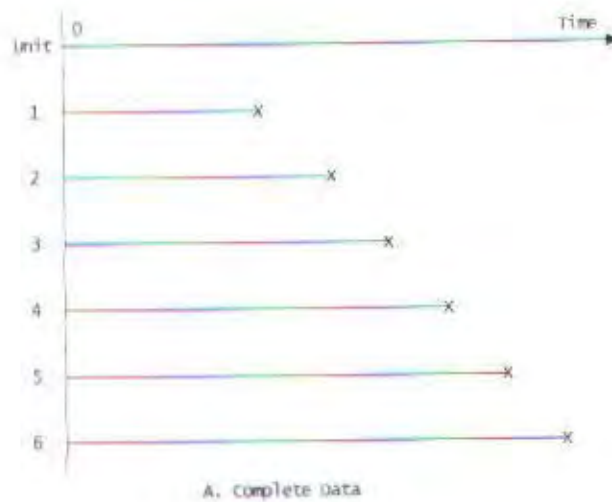
Kegagalan harus didefinisikan dengan tepat secara sederhana, khususnya dalam kesepakatan antara produsen dan konsumen. Untuk beberapa produk,

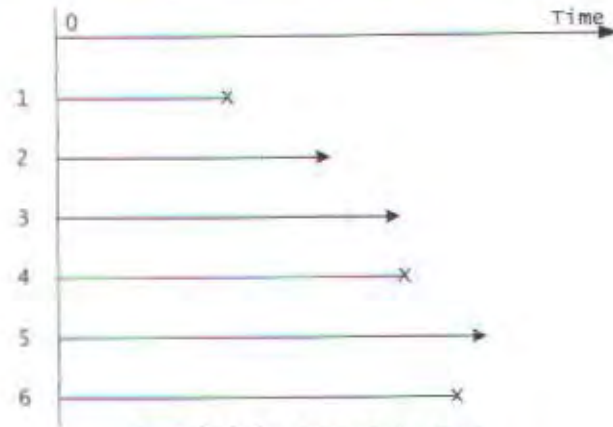
kegagalan adalah catastrophic (masalah besar), dan hal ini diketahui ketika terjadi kegagalan untuk beberapa produk, unjuk kerja mengalami penurunan dengan lambat, dan tidak diketahui akhir dari masa pakai. Insinyur akan dapat mengetahui bahwa suatu kegagalan terjadi ketika penurunan performance dibawah nilai spesifik. Salah satunya dapat menganalisa data pada tiap beberapa definisi dari kegagalan. Insinyur harus memutuskan apakah penggunaan kalender waktu, jam operasi, atau pengukuran lain dari penunjukkan kegagalan.

2.8.4 Tipe Data

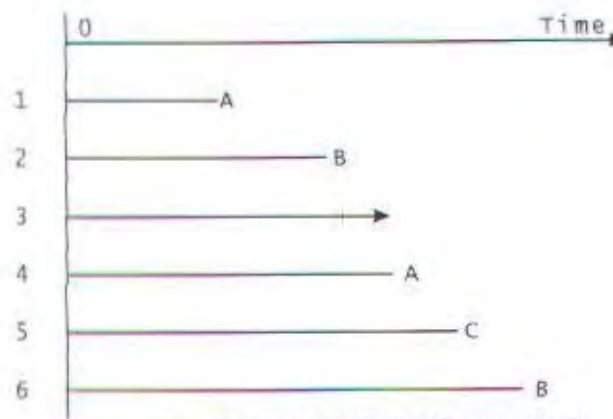
Ketepatan dari analisa data tergantung tipe data. Dari penjelasan diatas menggambarkan tipe yang umum dari data masa pakai yang berasal dari percobaan atau pemakain aktual. Data masa pakai (*life time data*) dapat sempurna jika waktu kegagalan (*time to failure*) dari tiap sampel / unit diketahui. Jika unit tersebut tidak gagal, maka waktu kegagalan melebihi waktu ketahanan. Beberapa data dapat dikatakan menjadi tersensor (*censored*) jika semua unit yang tidak gagal memiliki waktu sisa (*survival time*) yang umum dan semua waktu kegagalan adalah lebih awal, data ini disebut data tersensor satu demi satu (*sigly censored*). Hasil data ketika unit memulai start untuk test bersama dan data dianalisa sebelum semua unit gagal. Jika perbedaan waktu sisa (*survival time*) bercampur dengan waktu kegagalan, data ini disebut data tersensor yang dilipatgandakan (*multiply censored*). Data lapangan biasanya *multiply censored*, mulai unit melakukan pelayanan pada perbedaan waktu dan memiliki perbedaan waktu sisa ketika data dianalisa.

Data memiliki cara kegagalan yang disamakan (*competing failure mode*) jika sampel unit gagal dari sebab yang berbeda. Kadangkala hanya satu yang diketahui apakah sebuah unit gagal sebelum atau sesudah dilakuka inspeksi. Unit yang berbeda biasanya memiliki perbedaan umur ketika dinspeksi. Data ini disebut quartal-respose data. Jika unit diinspeksi keagalannya lebih dari satu kali, hanya dapat diketahui bahwa suatu unit gagal dalam interval diantara inspeksi. Data ini disebut interval (grouped) data.

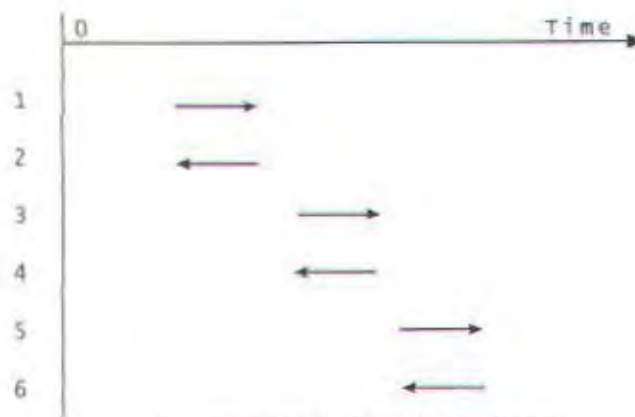




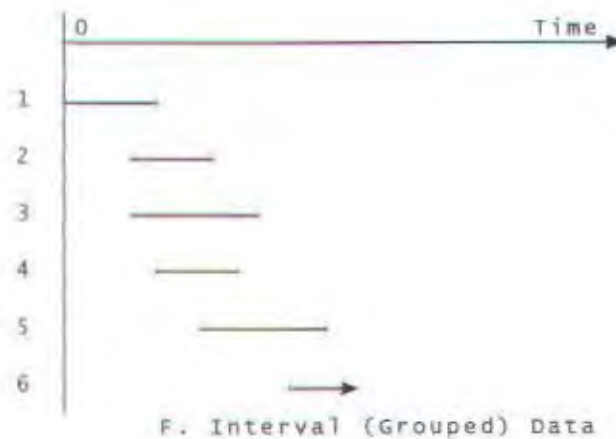
C. Multiply Censored Data



D. Competing Failure Mode



E. Quantal Response Data



Gambar 2.4 Tipe data untuk analisa data secara grafik

2.8.5 Informasi yang Dibutuhkan

Salah satu yang spesifik apakah informasi numerik pada populasi diperlukan untuk menggambarkan kesimpulan yang sederhana dan membuat keputusan. Analisa data ini tidak memberikan keputusan, ini hanya memberikan informasi numerik untuk seseorang yang membuat keputusan. Jika seseorang tersebut mempunyai kesulitan mendapatkan informasi numerik yang dibutuhkan, mereka harus membayangkan bahwa semua data populasi adalah terpenuhi dan kemudian menentukan nilai mana yang akan dihitung dari data yang nantinya berguna. Analisa data memberikan perkiraan / estimasi pada nilai populasi dari sampel yang kecil.

Analisa data secara grafik merupakan analisa data kualitatif untuk mendapatkan laju kegagalan dari mesin induk kapal penyeberangan dan mendapatkan evaluasi keandalan dengan membandingkan jumlah kegagalan dengan komponen mesin induk yang sering mengalami kegagalan.

2.9 Analisa Data Secara Numerik (*Numerical Analyses Of Life Data*)

Analisa secara numerik merupakan analisa data yang dilakukan untuk mengetahui nilai kuantitatif dari life data mesin induk kapal penyeberangan. Langkah awal untuk melakukan analisa data umur pakai suatu system atau komponen adalah dengan membuat block diagram keandalan.

2.9.1 Block Diagram Keandalan (*Reliability Block Diagram*)

Untuk mengevaluasi keandalan secara kuantitatif suatu sistem yang pertama kali harus dilakukan adalah dengan memodelkan sistem tersebut ke dalam block diagram keandalan. (*Billinton, 1992*).

Block diagram keandalan merupakan gambaran secara grafis tentang hubungan komponen – komponen yang ada didalam motor induk kapal penyeberangan. Rangkaian dasar yang sering digunakan dalam rangkaian Reliability Block Diagram (RBD) yaitu susunan seri, parallel, dan standby. Rangkaian yang ada di dalam sistem merupakan gabungan berbagai rangkaian dasar.

Untuk membuat block diagram keandalan suatu sistem, antara bentuk fisik sistem dan model block diagram keandalan sistem tidak harus selalu sama. Susunan block diagram keandalan ini pada dasarnya terdiri dari susunan seri dan parallel atau kombinasi susunan seri dan parallel.

❖ Sistem dengan susunan seri.

Suatu system dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen – komponen yang ada didalam sistem tersebut harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut sukses dalam menjalankan misinya. Atau

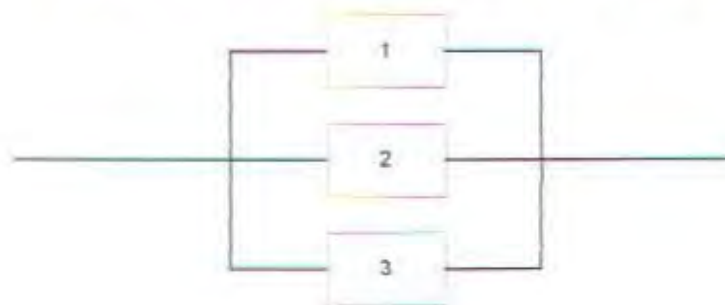
dengan kata lain jika ada satu komponen saja yang tidak bekerja, maka akan mengakibatkan sistem itu gagal menjalankan fungsinya. Block diagram keandalan untuk system yang terdiri dari n komponen dengan susunan seri dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Block diagram susunan seri

❖ Sistem dengan susunan paralel.

Suatu sistem dapat di modelkan dengan susunan paralel jika seluruh komponen yang ada di dalam sistem itu gagal menjalankan fungsinya. Block diagram keandalan untuk sistem yang terdiri dari dua komponen atau lebih dengan susunan paralel dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6

Block diagram keandalan n buah komponen dalam susunan paralel.

❖ Sistem dengan susunan standby (standby system).

Pada konfigurasi standby, satu atau lebih komponen berada dalam keadaan standby dan siap akan mengambil alih ketika komponen utama mengalami kegagalan. Block diagram keandalan untuk system yang terdiri dari dua komponen dengan susunan standby dapat dilihat gambar 2.7



Gambar 2.7 Sistem dengan susunan standby

BAB III
METODOLOGI

Cipta Karya

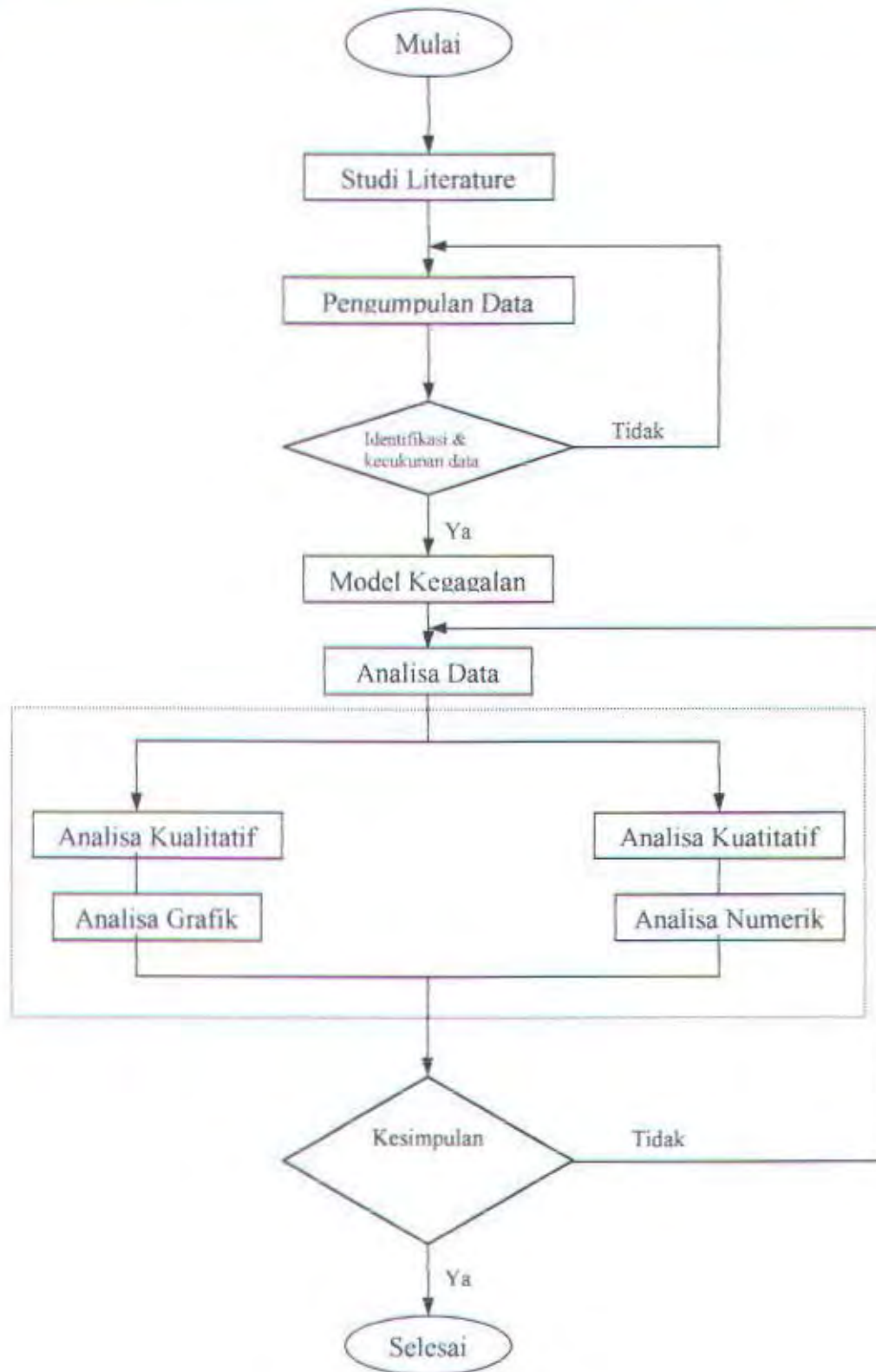
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dipecahkan atau dianalisa. Metodologi penelitian ini mencakup semua tindakan atau langkah-langkah yang akan dilakukan untuk penulisan tugas akhir. Penyusunan metodologi ini dimaksudkan untuk mencapai tujuan tugas akhir yang telah ditentukan. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada Bab I bahwa tujuan tugas akhir ini adalah untuk memberikan salah satu alternatif solusi dalam menganalisa laju kegagalan secara cepat dan akurat yang dapat mengetahui kondisi motor induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal dengan melakukan pendekatan evaluasi keandalan.

Analisa dilakukan pada motor induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Pemilihan kapal yang akan dianalisa berdasarkan kesamaan rata-rata batasan spesifikasi (*range*) dari motor induk kapal. Data yang diperlukan untuk analisa laju kegagalan adalah data maintenance record yang diperoleh dari buku jurnal harian (*log book*) motor induk kapal yang berisi tentang data kerusakan dan data pergantian (*replacement*) komponen motor induk kapal. Data yang diperlukan minimal selama 3 tahun operasi atau 2 kali survey docking kapal.

Dari data tersebut kemudian dilakukan model kegagalan dengan terlebih dahulu menentukan variable random dari komponen yang dianalisa. *Time to failure* (TTF) komponen dipilih sebagai variable random karena TTF inilah yang mengikuti salah satu distribusi probabilitas seperti distribusi normal, eksponensial, weibull, dan distribusi lainnya. Dari data TTF yang ada kemudian dilakukan analisa data secara kualitatif yaitu secara grafik dan analisa kuantitatif yaitu secara numeric dengan mengolah dan menguji data TTF dengan bantuan software komputer Weibull ++ dan dipilih metode Maximum Likelihood Estimation untuk estimasi parameter distribusinya. Gambar 3.1 akan menjelaskan tahapan / alur metodologi penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.2 Studi Literature

Tujuan dari tahapan studi ini adalah untuk mendapatkan teori-teori yang relevan dan literature pendukung untuk memperkuat permasalahan yang ada dan juga untuk mendapatkan hasil analisa yang dapat dipertanggungjawabkan. Pemecahan suatu masalah dan langkah awal melakukan analisa data harus didasari oleh studi literature yang terarah dan terfokus pada tema permasalahan dan analisa yang akan dilakukan. Dalam penulisan tugas akhir ini ada tiga tema permasalahan yaitu analisa laju kegagalan, penyeberangan Ujung-Kamal, dan motor induk kapal. Proses studi literature dilakukan dengan cara pencarian buku acuan yang berhubungan dengan tema permasalahan, penelusuran karya ilmiah dan penelitian yang sudah ada dan dari hasil diskusi. Buku acuan yang akan dipelajari nantinya berhubungan dengan teori keandalan, bagaimana menganalisa data keandalan, cara analisa grafik dan grafik untuk menganalisa laju kegagalan secara kualitatif dan kuantitatif, buku motor induk kapal dan cara perawatan / reparasi serta buku pendukung lainnya yang mengarah pada tema penulisan tugas akhir. Studi literature yang lain adalah dengan melakukan penelusuran karya ilmiah dan penelitian tugas akhir yang telah ada dan memiliki kesamaan dalam analisa yaitu berhubungan dengan evaluasi kendalan dengan obyek yang berbeda. Dengan tahapan studi ini diharapkan penulis bisa menganalisa laju kegagalan dengan didukung oleh teori yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan sehingga tujuan penulisan tugas akhir ini dapat tercapai.

3.3 Pengumpulan data

Dalam melakukan analisa laju kegagalan dengan menggunakan analisa keandalan tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Tujuan pengumpulan data yaitu kita dapat memprediksi kegagalan, lama reparasi dan komponen kritis motor induk kapal. Data yang diperlukan untuk menganalisa laju kegagalan motor induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal adalah data *maintenance record* (data perawatan) yang dapat diperoleh buku jurnal harian kapal bagian mesin, log book kapal, kartu pemeliharaan, jadual inspeksi peralatan kritis, daftar penggantian komponen motor induk dan dari hasil wawancara yang dilakukan terhadap kepala kamar mesin / KKM, masinis III (perwira dikapal yang bertugas mengawasi motor induk kapal), dan para ABK yang bertugas dikamar mesin. Langkah awal dalam pengumpulan data tersebut adalah mengumpulkan data spesifikasi teknis kapal motor penyeberangan yang masih beroperasi. Data spesifikasi teknis ini berisi nama kapal, lintas penyeberangan, dan data teknis. Setelah data spesifikasi teknis semua kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal didapatkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan kapal yang akan dianalisa laju kegagalannya. Pemilihan / penentuan kapal yang akan dianalisa laju kegagalan dilakukan berdasarkan batasan spesifikasi (*range*) dari motor induk yang ada di kapal tersebut. Batasan spesifikasi (*range*) yang diambil berdasarkan kesamaan rata-rata dari spesifikasi motor induk kapal seperti dimensi utama kapal, tipe motor induk, daya, rpm, tipe propulsor yang digunakan, pemakaian sistem transmisi, dan tahun pembuatan motor induk tersebut. Setelah kapal yang akan dianalisa ditentukan

langkah selanjutnya adalah melakukan penelitian secara langsung terhadap kapal tersebut yaitu pada saat kapal beroperasi dan pada saat kapal tidak beroperasi (kapal pada kondisi off). Penelitian ini dilakukan dengan metode pencatatan secara langsung data maintenance record motor induk kapal dan metode wawancara untuk melengkapi data tertulis yang ada.

3.4 Identifikasi dan kecukupan data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diidentifikasi atau disortir. Pengidentifikasian dilakukan dengan memilih komponen yang sering gagal yang ada pada maintenance record motor induk kapal. Caranya dengan membandingkan frekwensi keagalannya dan frekwensi pergantian (replacement) komponen motor induk. Data maintenace record motor induk kapal yang diperlukan untuk analisa laju kegagalan adalah sekurang-kurangnya 2 kali survey docking atau minimal 3 tahun operasi kapal. Data ini terpenuhi bila dalam interval waktu tersebut diatas terjadi gangguan / kegagalan komponen motor induk kapal yang menyebabkan terganggunya operasi kapal atau motor induk tersebut pernah terjadi kondisi *breakdown / blackout* yang disebabkan oleh kerusakan komponen atau sebab lain. Bila dalam interval waktu tersebut motor induk kapal yang dianalisa tidak pernah terjadi kegagalan motorinduk atau pernah terjadi tetapi disebabkan karena kegagalan motor bantu atau sistem lain maka diperlukan pengumpulan data dengan penambahan interval waktu sampai tercatat adanya kegagalan operasi pada motor induk kapal tersebut.

3.5 Pemodelan kegagalan

Proses untuk mengetahui model kegagalan dari motor induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal dilakukan dengan menentukan variabel random komponen terlebih dahulu. Disini *time to failure* (TTF) komponen dipilih sebagai variabel randomnya dimana TTF ini didapatkan dari data maintenance record motor induk kapal. Model kegagalan ditunjukkan oleh TTF komponen motor induk yang dikelompokkan secara seri. TTF inilah yang mengikuti salah satu distribusi probabilitas seperti distribusi normal, eksponensial, lognormal, weibull, reyleigh dan distribusi probabilitas lainnya. Pemodelan kegagalan dari mesin diesel digambarkan dalam salah satu distribusi probabilitas kontinyu, yaitu :

- *Distribusi normal* dipilih berdasarkan asumsi sebagai asumsi teori batas pusat (central limit theorem assumption)
- *Distribusi eksponensial* dipilih berdasarkan karakteristik kegagalan yang menggambarkan periode masa pakai aktif (useful life time period) dalam bathtub curve. Distribusi ini menggunakan satu atau dua parameter.
- *Distribusi weibull* dipilih berdasarkan penentuan yang fleksibel dari parameter yang dapat menggambarkan dengan baik pola kegagalan dari data yang dapat dipakai pada useful life time atau wear out period.

Dari data *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) komponen motor induk kapal tersebut kemudian diolah dan diuji dengan bantuan software Weibull ++ dan dipilih metode *Maximum Likelihood Estimate* (MLE) untuk estimasi parameter distribusi. Dari hasil analisa MLE akan diketahui distribusi probabilitas yang dibentuk sistem.

3.6 Analisa Data

Tujuan analisa data yaitu untuk mencari distribusi yang tepat untuk tiap-tiap komponen dan untuk mendapatkan identifikasi kegagalan dengan cara mengadakan perbandingan pola cara kegagalan setelah diketahui probabilitas distribusi kegagalan dari masing-masing komponen mesin. Dalam melakukan penentuan distribusi komponen harus tersedia data. Data yang diperlukan adalah data TTF dan TTR motor induk kapal. Penentuan distribusi merupakan tahap memprediksikan kecenderungan distribusi sistem dengan adanya fungsi waktu yang berubah-ubah. Penentuan distribusi probabilitas komponen tersebut dilakukan dengan menggunakan metode MLE. Dengan metode tersebut data TTF dan TTR diolah dan diuji dengan menggunakan software Weibull ++ untuk mendapatkan nilai estimasi dan parameter distribusi yang sesuai untuk analisa kegagalan system. Pendekatan yang dilakukan untuk analisa data laju kegagalan motor induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal adalah dengan analisa data secara kualitatif dan analisa data secara kuantitatif.

3.6.1 Analisa Data Kualitatif

Analisa data kualitatif dilakukan dengan cara analisa data secara grafik. Setelah didapatkan nilai laju kegagalan $\lambda(t)$ dari perhitungan empiris selanjutnya dilakukan plot grafik untuk mempermudah pengenalan pola kegagalan yaitu dengan membandingkan :

- Mesin induk kapal yang masuk kategori dengan laju kegagalan per hari
- Komponen mesin yang dikelompokkan dengan jumlah kerusakan
- Waktu dengan laju kegagalan mesin induk kapal $z(t)$.

Dengan plot grafik maka akan diketahui data kuantitatif yang dapat dijadikan pedoman dalam mengambil keputusan tentang indentifikasi kegagalan dan tindakan reparasi.

Hasil dari pengolahan data dengan bantuan software Weibull ++ juga akan didapatkan plot grafik yang bisa dianalisa. Hasil plot grafik tersebut dapat berupa *grafik unreability*, *grafik realibility*, grafik laju kegagalan, dan *grafik probability density function* dari masing-masing komponen / sistem. Dari hasil grafik ini akan dianalisa laju kegagalan komponen motor induk kapal secara kualitatif berdasarkan cara kegagalan dan pengelompokan system yang ada.

3.6.2 Analisa data kuantitatif

Analisa kuantitatif merupakan lanjutan dari analisa kualitatif, karena sebelum dilakukan analisa kuantitatif diperlukan data plot untuk mengetahui pola kegagalan dan komponen kritis motor induk kapal. Dari hasil pengolahan dan pengolahan data TTF dan TTR dengan software Weibull ++ melalui metode MLE akan diperoleh distribusi probabilitas yang sesuai untuk analisa kegagalan masing-masing komponen berdasarkan parameter tertinggi yang didapatkan. Setelah didapatkan distribusi probabilitas, dilakukan perhitungan laju kegagalan system berdasarkan perumusan yang dipakai dalam distribusi probabilitass tersebut.

3.7 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan akan disimpulkan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan. Parameter penarikan kesimpulan didasarkan pada tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini. Dari analisa data yang dilakukan baik secara kualitatif dan secara kuantitatif akan didapatkan nilai evaluasi laju kegagalan melalui pendekatan evaluasi keandalan yang telah dilakukan. Adapun nilai evaluasi keandalan yang akan didapatkan adalah nilai laju kegagalan, nilai ketakandalan, nilai keandalan, nilai probability density fuction dari tiap komponen motor induk kapal yang dianalisa. Dari nilai-nilai tersebut akan dapat dibuat kesimpulan tentang perbandingan dan kondisi dari motot induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal yang dianalisa apakah perlu diadakan pergantian atau hanya diperlukan tindakan perawatan pada komponen kritis yang telah diketahui.



BAB IV

ANALISA DATA

Cipta Karya

BAB IV

ANALISA DATA

Sebagai sarana transportasi laut yang menghubungkan antara pulau Jawa dengan pulau Madura, penyeberangan Ujung-Kamal adalah salah satu penyeberangan penting yang ada di Indonesia. Untuk menjamin kelancaran jalannya transportasi penyeberangan tersebut maka diperlukan armada kapal yang handal. Hipotesa awal yang diperoleh menyatakan bahwa sering terjadi kegagalan operasi yang menyebabkan ketidaknormalan operasional penyeberangan. Ketidaknormalan operasional penyeberangan ini biasanya disebabkan oleh dua hal yaitu kerusakan sarana darmaga penyeberangan dan kerusakan armada kapal yang melayani jalur penyeberangan tersebut. Hampir semua kapal-kapal yang melayani penyeberangan Ujung-Kamal merupakan kapal yang telah berusia 30 tahun. Selain disebabkan karena usia pakai kapal yang telah melebihi batas, kegagalan operasional ini juga disebabkan penurunan unjuk kerja dari peralatan yang ada pada kapal tersebut. Untuk mengetahui penurunan unjuk kerja dari peralatan dan menentukan kondisi peralatan diperlukan analisa laju kegagalan (*failure rate analysis*). Terdorong oleh hal diatas, maka dalam tugas akhir ini akan dicoba untuk melakukan analisa kegagalan pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Objek penelitian akan difokuskan pada analisa laju kegagalan mesin induk pada kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal.

Pemilihan kapal yang akan dianalisa berdasarkan kesamaan rata-rata batasan spesifikasi (*range*) dari motor induk kapal. Data yang diperlukan untuk analisa laju kegagalan adalah data *maintenance record* yang diperoleh dari buku jurnal harian (log book) motor induk kapal yang berisi tentang data kerusakan dan data pergantian (*replacement*) komponen motor induk kapal. Data yang diperlukan minimal selama 3 tahun operasi atau 2 kali *survey docking* kapal.

Dari data tersebut kemudian dilakukan model kegagalan dengan terlebih dahulu menentukan variable random dari komponen yang dianalisa. *Time to failure* (TTF) komponen dipilih sebagai variable random karena TTF inilah yang mengikuti salah satu distribusi probabilitas seperti distribusi normal, eksponensial, weibull, dan distribusi lainnya. Dari data TTF yang ada kemudian dilakukan analisa data secara kualitatif yaitu secara grafik dan analisa kuantitatif yaitu secara numerik dengan mengolah dan menguji data TTF dengan bantuan *software komputer Weibull ++* dan dipilih metode *Maximum Likelihood Estimation* untuk estimasi parameter distribusinya.

4.1 Diskripsi Obyek Penelitian

Obyek penelitian tugas akhir ini dilakukan pada mesin induk kapal-kapal penyeberangan Ujung-Kamal. Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa penyeberangan Ujung-Kamal merupakan salah satu penyeberangan antar pulau yang penting dan cukup ramai sebagai transportasi penghubung antara pulau Jawa dengan pulau Madura. Penyeberangan Ujung-Kamal dikelola dan dibawah pengawasan PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (PT. ASDP Cabang Surabaya). Terdapat enam perusahaan jasa transportasi penyeberangan yang

melayani jasa penyeberangan Ujung-Kamal. Dari enam perusahaan jasa transportasi penyeberangan tersebut terdapat 17 armada kapal yang beroperasi pada 3 dermaga penyeberangan baik yang ada di Ujung maupun di Kamal. Data-data nama perusahaan, armada kapal yang dimiliki, ukuran utama kapal dan data teknis mesin induk kapal dapat dilihat pada lampiran A.1

Armada kapal penyeberangan Ujung-Kamal melakukan operasi selama 2 hari operasi dan 1 hari tidak beroperasi (dalam kondisi istirahat/off) sehingga dalam 1 bulan tiap kapal akan beroperasi normal selama 20 hari. Dalam satu hari operasi setiap kapal maksimal melakukan 12 kali trip penyeberangan pada dermaga penyeberangan yang telah ditentukan menurut jadwal operasi yang telah ditentukan pada setiap bulan operasi. Dari 3 dermaga penyeberangan yang ada baik di Ujung maupun di Kamal, kapal akan beroperasi berdasarkan jadwal operasi yang ada dan melakukan rute penyeberangan dengan waktu yang telah ditentukan. Jarak rute penyeberangan Ujung-Kamal kurang lebih sebesar 2 mil laut atau 5 km dan membutuhkan waktu penyeberangan sekitar 45 ~ 60 menit perjalanan pada kondisi normal. Data trip kapal dan jadwal operasi kapal pada masing-masing dermaga dapat dilihat pada lampiran A.2

Setiap kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal maksimal melakukan operasi kapal selama 24 jam operasi per hari untuk melayani penyeberangan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Dari 17 armada kapal yang beroperasi pada penyeberangan Ujung-Kamal akan dilakukan pemilihan kapal yang akan dianalisa sesuai dengan batasan spesifikasi yang telah ditentukan. Batasan spesifikasi (*range*) yang diambil berdasarkan kesamaan rata-rata dari spesifikasi motor induk kapal seperti dimensi utama kapal, tipe motor induk, daya,

rpm, tipe propulsor yang digunakan, pemakaian sistem transmisi, dan tahun pembuatan motor induk tersebut. Setelah dilakukan pemilihan diperoleh 4 kapal yang akan dilakukan analisa laju kegagalan mesin induk pada kapal tersebut. Data teknis dari keempat kapal tersebut dapat dilihat dilampiran A.3

4.2 Sistem-Sistem dalam Mesin Induk Kapal Penyeberangan

Untuk dapat menganalisa laju kegagalan pada motor induk kapal penyeberangan diperlukan langkah awal yaitu dengan menentukan pengelompokan komponen berdasarkan kesamaan sistem yang ada pada motor induk kapal tersebut. Pengelompokan komponen dalam sistem yang ada pada motor induk kapal diperlukan untuk analisa laju kegagalan secara kualitatif dan analisa secara kuantitatif. Sistem penunjang motor induk kapal yang terdiri dari beberapa komponen akan diasumsikan sama berdasarkan penilaian kesamaan spesifikasi motor induk yang akan dipilih untuk dianalisa. Pengelompokan komponen motor induk kapal menurut sistem yang ada pada motor induk kapal tersebut adalah :

- a. Sistem transmisi
- b. Sistem bahan bakar
- c. Sistem minyak pelumas
- d. Sistem pendingin
- e. Sistem gas buang
- f. Sistem udara start
- g. Komponen bagian dalam mesin

4.2.1 Sistem Transmisi

Sistem Transmisi pada motor induk kapal penyeberangan terdiri dari :

a. Roda gila (*flywheel*)

Roda gila (*flywheel*) dalam motor diesel merupakan salah satu system transmisi. Fly wheel berguna untuk meneruskan putaran dari poros engkol supaya berhenti pada titik mati atas dan titik mati bawah, tempat melekatnya gigi starter dengan gigi penerus, tempat kedudukan kopling penghubung. Didalam flywheel juga terdapat *flexible coupling* yang berfungsi untuk menjaga putaran dalam flywheel (roda gila). Pada prinsipnya roda gila masuk dalam bagian mesin, tetapi karena fungsi dari roda gila sendiri yang juga sebagai sistem transmisi dan penyeimbang putaran poros engkol maka roda gila dimasukkan dalam sistem transmisi

b. *Gear Box* (Gigi reduksi)

Komponen ini merupakan sistem transmisi pada motor induk kapal yang berfungsi untuk menyesuaikan putaran mesin dengan putaran propeller yang diperlukan untuk daya dorong kapal. Semua kapal penyeberangan menggunakan komponen ini untuk mendapatkan maneuvering kapal yang diperlukan untuk kapal-kapal penyeberangan dalam operasionalnya.

c. *Flexible Coupling*

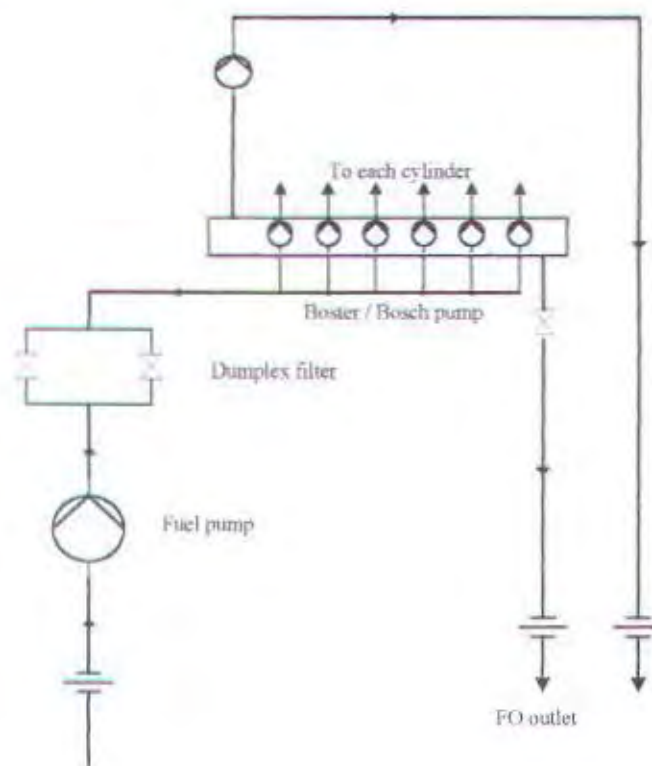
Pada dasarnya komponen ini terdapat dalam gear box, tetapi setelah didapatkan data dari kapal penyeberangan diketahui bahwa antara gear box dan flexible coupling terletak terpisah dan mempunyai kerusakan

yang independen. Flexible coupling merupakan karet kopling yang berfungsi mengkopel putaran yang berasal dari mesin induk setelah melewati gearbox. Komponen ini diperlukan untuk kemampuan maneuvering kapal dan kemampuan daya dorong dari system propeller yang reversible. Diketahui bahwa semua kapal penyeberangan yang akan dianalisa merupakan kapal yang bertipe Ro-Ro (roll On – roll Off).

Adapun prinsip kerja dari system transmisi dari motor induk kapal penyeberangan adalah putaran poros engkol dikopel oleh roda gila untuk menjaga putaran yang sesuai kemudian putaran poros engkol diteruskan ke poros propeller dengan terlebih dahulu melewati gear box yang didalamnya terdapat flexible coupling untuk penyesuaian putaran antara mesin dengan propeller.

4.2.2 Fuel Oil System (Sistem Bahan Bakar)

Sistem bahan bakar adalah sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital dimana sistem ini harus dapat menjamin kerja motor induk secara kontinyu dan optimal. Secara umum sistem bahan bakar yang terdapat pada kapal-kapal penyeberangan terdiri dari *fuel oil supply*, *fuel oil purifier*, *fuel oil transfer* dan *fuel oil drain piping system*. Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mensupply bahan bakar dari bunker ke *service tank* dan juga ke *daily tank* dan kemudian ke motor induk atau ke mesin bantu. Sistem bahan bakar yang umum digunakan pada motor induk kapal penyeberangan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Sistem bahan bakar

Komponen utama yang ada pada sistem bahan bakar (*fuel oil system*) adalah :

a. Fuel Oil Tank

Kondisi tangki bahan bakar harus diperhatikan dalam keadaan bersih sebelum diisi bahan bakar karena bercampurnya fuel dengan air atau kotoran lain akan menimbulkan masalah pada pengoperasian pengoperasian mesin induk kapal. Selain itu pengecekan fuel level harus dilakukan setelah engine beroperasi. Tangki bahan bakar terdiri dari tangki yaitu tangki pengendapan (*settling tank*) dan tangki harian (*daily tank*).

b. Fuel filter dan Fuel/water Saparator

Fuel filter adalah peralatan yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran kasar yang bercampur bahan bakar yang dialirkan dari tanki induk ke tanki settling. Separator berfungsi untuk memisahkan air atau deposit lain yang bercampur dalam bahan bakar.

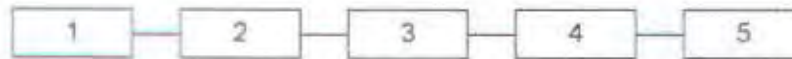
c. Pompa bahan bakar (*Fuel oil pump*)

Pompa bahan bakar yang akan dianalisa keagalannya adalah pompa bahan bakar pada setiap ruang bakar (silinder) dari mesin induk kapal. Pompa ini sering disebut dengan boschpump.

d. Fuel injector nozzle

Berfungsi untuk penginjeksian bahan bakar dan tekanan harus selalu diperhatikan, karena jika tekanan kurang dari yang sudah ditentukan pembakaran tidak akan sempurna.

Adapun prinsip kerja dari sistem bahan bakar pada mesin induk kapal penyeberangan secara umum adalah dari pengambilan bahan bakar dari tangki harian (daily tank) oleh pompa bahan bakar (fuel oil pump) dialirkan menuju saparator atau filter, kemudian diteruskan menuju pompa bahan bakar untuk tiap injektor (bosch pump) dari bosch pump tersebut dialirkan bahan bakar untuk tiap silinder yang ada pada mesin induk tersebut. Pada mesin induk kapal penyeberangan dipakai 2 jenis bahan bakar yaitu diesel oil (DO) dan heavy fuel oil (HFO). Sistem bahan bakar tidak akan dibahas secara detail hanya komponen dari sistem bahan bakar yang sering mengalami kegagalan operasi yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Berdasarkan prinsip kerja sistem bahan bakar tersebut diatas dapat dibuat blok sistem sebagai berikut :



Gambar 4.2 Diagram block sistem bahan bakar

Keterangan : 1 = Tangki bahan bakar

2 = Pompa bahan bakar

3 = Filter bahan bakar

4 = Boschpump (pompa injeksi bahan bakar)

5 = Nozzle injector

Konstruksi diagram block untuk sistem bahan bakar berupa series diagram, karena sesuai dengan prinsip kerjanya setiap komponen harus dalam keadaan beroperasi (up) agar sistem dapat beroperasi dan apabila salah satu komponen mengalami kegagalan (down), maka sistem akan gagal beroperasi (down).

4.2.3 Lubricating Oil System (Sistem Minyak Pelumas)

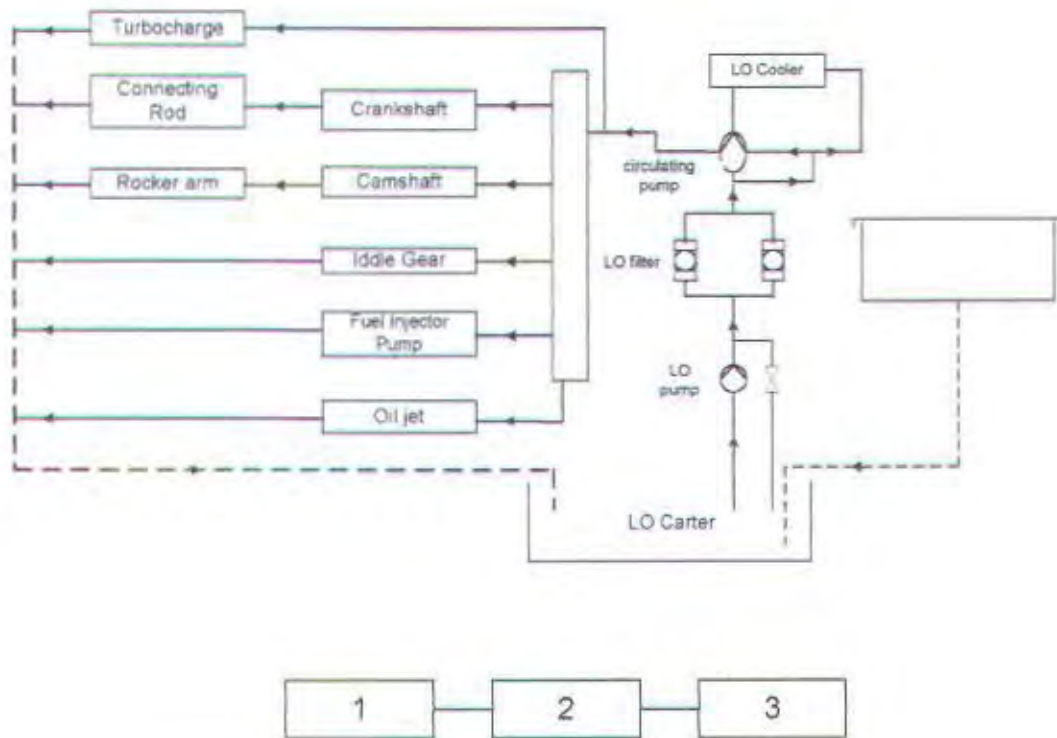
Minyak pelumas pada sistem permesinan sebuah motor berfungsi untuk memperkecil gesekan-gesekan pada permukaan komponen-komponen yang bergerak bersinggungan. Selain itu berfungsi sebagai pendingin dan pencuci komponen. Pada prinsipnya pelumasan dibagi menjadi 2 yaitu pelumasan basah dan pelumasan kering.

Pada mesin induk kapal penyeberangan yang telah dilakukan pengambilan data diketahui bahwa semua mesin menggunakan pelumasan kering untuk sistem pelumasannya. Untuk *engine* dengan kapasitas yang besar pelumasan dibagi menjadi 2 bagian yaitu pelumasan utama dan pelumasan silinder. Sistem

pelumasan utama digunakan untuk mendinginkan dan melumasi *engine bearing*, *camshaft*, *piston rod*, *connecting rod* dan mendinginkan *piston*. Dan pada sistem pelumasan silinder digunakan untuk melumasi silinder dimana setiap silinder liner mempunyai lubang pelumasan sebagai jalan bagi pelumas silinder untuk melumasi silinder ketika piston ring melewati *lubricating orifices* selama ia bergerak ke atas. *Silinder oil* disuplai dengan minyak dari tangki dengan system gravitasi. Adapaun komponen sistem pelumasan dari mesin induk kapal penyeberangan yang sering mengalami kegagalan dan merupakan komponen utama dari mesin induk tersebut yaitu ;

- a. *Sumptank tank* berfungsi untuk penyimpanan minyak dan tingkat kelevelannya juga harus selalu dicek pada waktu akan beroperasi dan waktu beroperasi (running).
- b. *LO Filter* berfungsi untuk memisahkan minyak dan air atau deposit lainnya.
- c. *LO Pump* berfungsi untuk menyuplai minyak pelumas dari tanki penampungan menuju LO cooler.

Adapun prinsip kerja dari sistem pelumasan diawali dari pengambilan minyak pelumas dari sumptank oleh LO pump dialirkan melalui filter menuju LO cooler. Apabila tekanan dan temperature sudah memenuhi, maka ditampung yang selanjutnya digunakan untuk melumasi crankshaft, camshaft, idle gear, fuel injection pump, piston dan turbocharge. Berdasarkan prinsip kerja sistem pelumasan tersebut diatas dapat dibuat gambar sistem dan blok sistem sebagai berikut :



Gambar 4.3 Sistem minyak pelumas dan blok digram

- Keterangan :
- 1 = Sumptank
 - 2 = Lubricating oil filter
 - 3 = LO Pump

Konstruksi diagram block untuk sistem minyak pelumas berupa series diagram, karena sesuai dengan prinsip kerjanya setiap komponen harus dalam keadaan beroperasi (up) agar sistem dapat beroperasi dan apabila salah satu komponen mengalami kegagalan (down), maka sistem akan gagal beroperasi (down).

4.2.4 Sistem Pendingin (*Cooling Water System*)

Komponen-komponen sistem pendingin antara lain :

a. Cooling water pump

Berfungsi untuk memompa sea water yang digunakan untuk mendinginkan air tawar. Air tawar yang sudah memenuhi temperature pendinginan dipakai untuk mendinginkan silinder block.

b. Fresh water cooler

Berfungsi untuk mendinginkan air tawar

c. LO cooler

Berfungsi untuk mendinginkan minyak/oil.

d. Intercooler

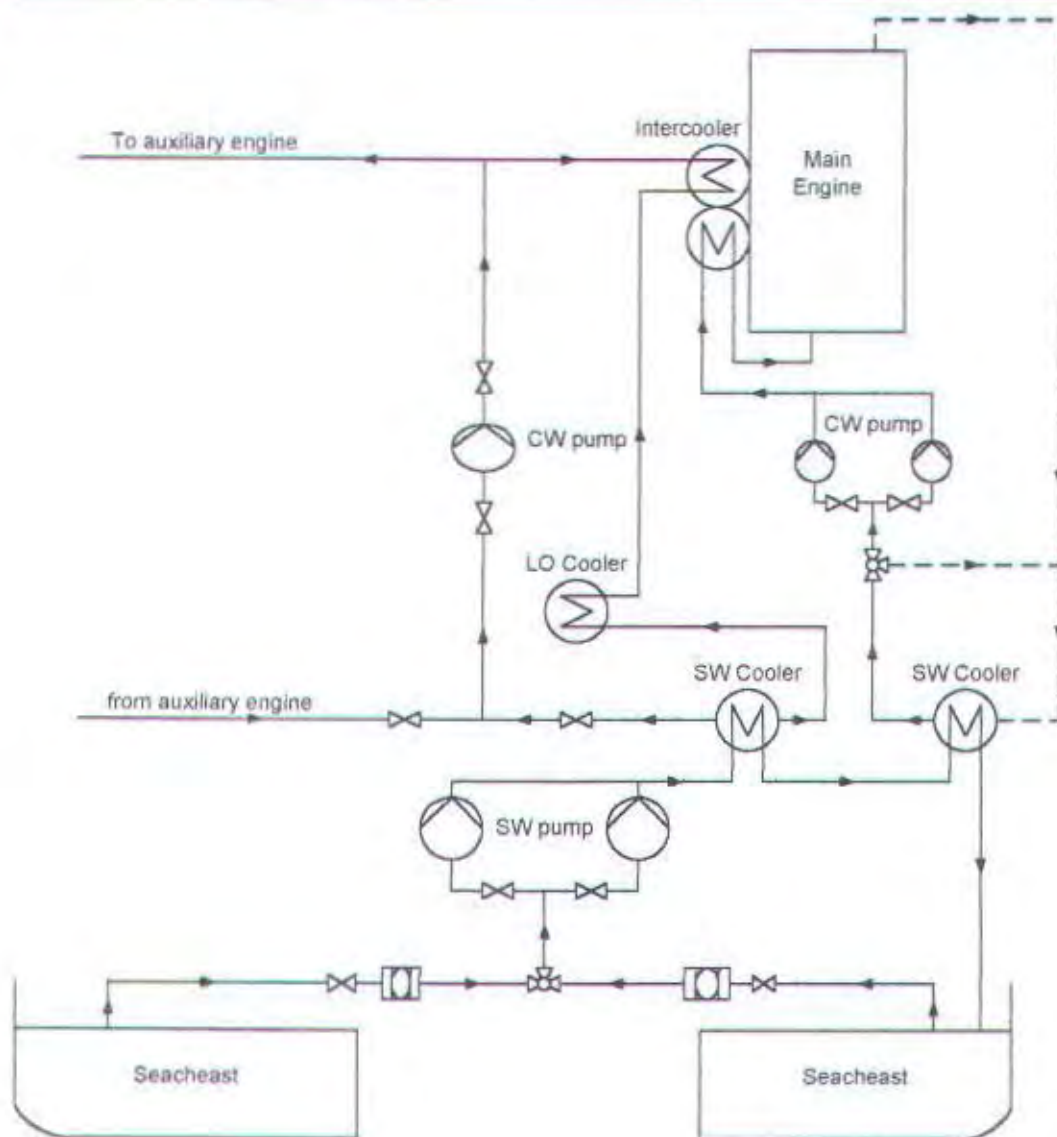
Berfungsi untuk mendinginkan udara dari turbocharge menuju ke tiap silinder di mesin.

e. Sea water pump

Berfungsi untuk memompa air laut

f. Pipa pendingin air laut

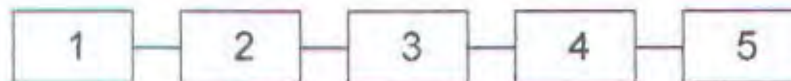
Berfungsi sebagai alat transfer air laut yang akan dipakai sebagai pendingin.



Gambar 4.4 Sistem Pendingin

Dari data yang telah diperoleh diketahui bahwa keempat kapal penyeberangan tersebut memiliki sistem pendingin yang sama yaitu sistem pendingin air tawar. Untuk bagian sistem pendinginan air tawar ini berupa sistem tertutup dengan semua komponen dihubungkan secara parallel dengan pompa sirkulasi air tawar yang terpisah.

Pada bagian sistem pendinginan air laut, mensirkulasi air laut dari sea chest, melalui pusat pendingin air tawar atau *central fresh water cooling*, kemudian dibuang kembali keluar melalui *overboard discharge*. Air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar *low temperatur*, sedangkan sistem *low temperatur* digunakan untuk mendinginkan sistem high temperatur. Dari prinsip kerja system pendingin tersebut dapat dibuat diagram block sebagai berikut :



Gambar 4.5 Diagram blok sistem pendingin

- Keterangan :
- 1 = Sea water pump
 - 2 = SW / FW cooler
 - 3 = LO cooler
 - 4 = Cooling water pump (FW pump)
 - 5 = Intercooler

Konstruksi diagram block untuk sistem pendingin berupa series diagram, karena sesuai dengan prinsip kerjanya setiap komponen harus dalam keadaan beroperasi (up) agar sistem dapat beroperasi dan apabila salah satu komponen mengalami kegagalan (down), maka sistem akan gagal beroperasi (down).

4.2.5 Exhaust Gas System (sistem gas buang)

Secara umum sistem gas buang pada kapal-kapal penyeberangan sama seperti yang terdapat pada kapal-kapal lainnya. Sistem gas buang terdiri dari komponen utama yaitu :

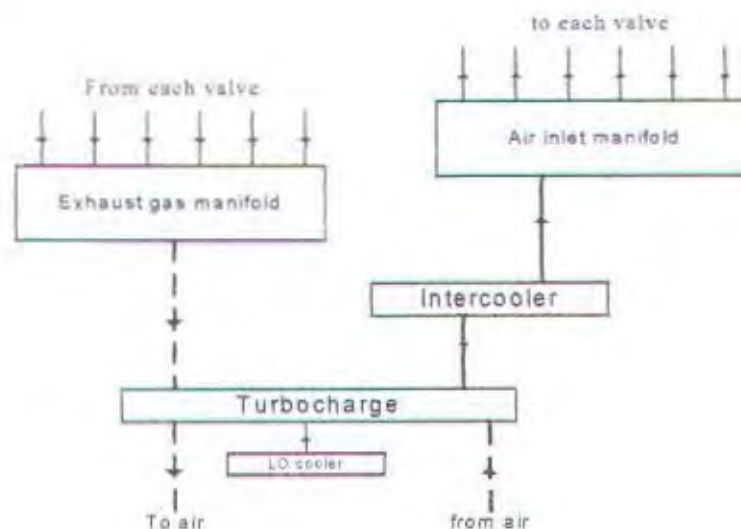
a. Manifold gas buang

Manifold pada motor Diesel terbagi atas 2 macam yaitu manifold Masuk (saluran pemasukan udara) dan manifold Buang (saluran pembuangan gas bekas).

b. Turbocharge

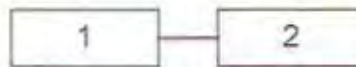
Turbocharge digunakan untuk mendapatkan tekanan udara masuk pada ruang bakar dengan memanfaatkan gas buang yang disalurkan melalui manifold yang dapat menggerakkan turbin didalamnya yang dikopel secara langsung dengan compressor yang dapat menghisap udara luar yang digunakan untuk udara pembakaran dengan tekanan yang tinggi.

Dari prinsip kerja dari system gas buang diatas dapat digambarkan system tersebut sebagai berikut :



Gambar 4.6 Sistem gas buang

Dari prinsip kerja dan gambar sistem gas buang diatas dapat dibuat blok diagram dari sistem gas buang tersebut yaitu :



Gambar 4.7 Blok diagram system gas buang

Keterangan : 1 = Manifold gas buang

2 = Turbocharge

Konstruksi diagram block untuk sistem gas buang berupa series diagram, karena sesuai dengan prinsip kerjanya setiap komponen harus dalam keadaan beroperasi (up) agar sistem dapat beroperasi dan apabila salah satu komponen mengalami kegagalan (down), maka sistem akan gagal beroperasi (down).

4.2.6 Starting Air System (Sistem Udara Start)

Pada dasarnya komponen utama dari system udara start kapal-kapal penyeberangan sama dengan kapal bermesin diesel lainnya. Dari data pengamatan diperoleh bahwa komponen utama dari system udara start kapal adalah :

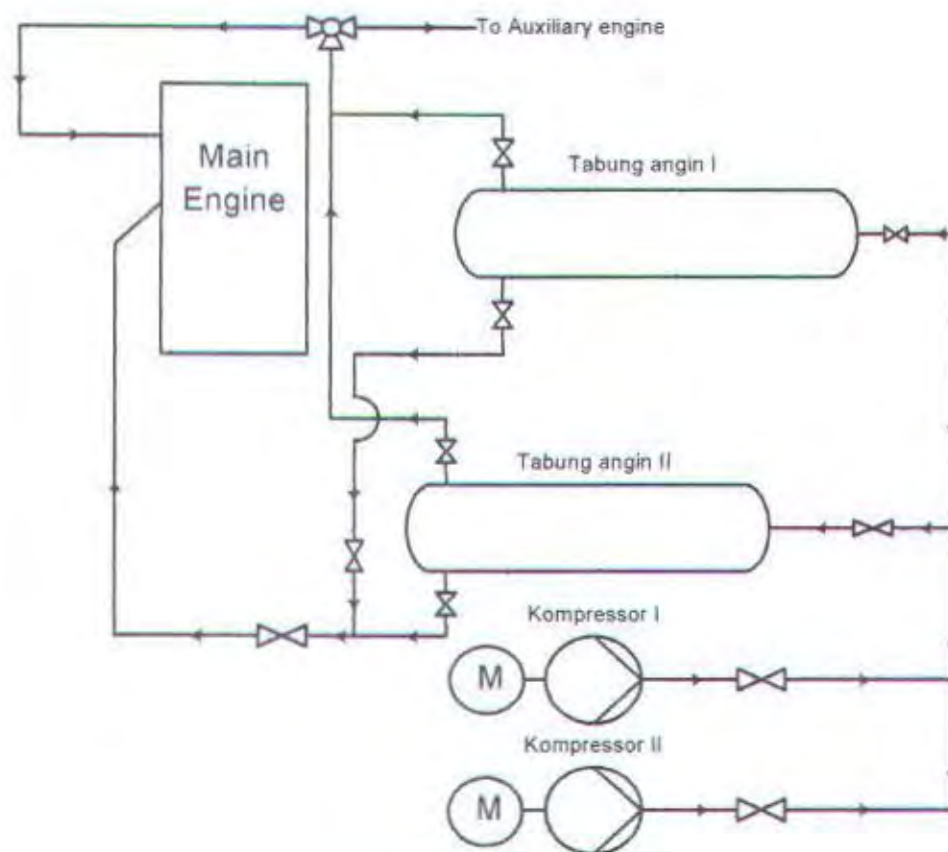
a. Kompresor

Kompresor merupakan komponen utama dari sistem udara start. Kompresor berfungsi menghasilkan udara bertekanan yang diperlukan untuk starting mesin. Kompresor digerakkan oleh motor listrik sehingga dihasilkan udara bertekanan.

b. Tabung udara (*air receiver*)

Udara tekan yang dihasilkan kompresor dialirkan ke tabung udara sebagai tempat penyimpanan dan pengaturan udara tekan yang akan menuju mesin dengan mengatur katup yang ada pada tabung.

Dari komponen utama dan prinsip kerja sistem udara start diatas dapat digambarkan system tersebut sebagai berikut :



Gambar 4.8 Sistem udara start

Blok diagram dari system udara start dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.9 Blok diagram system gas buang

Keterangan : 1 = Kompresor

2 = Tabung udara start

4.2.7 Komponen pada Bagian Dalam Mesin

Pada dasarnya kegagalan operasi yang terjadi pada bagian dalam mesin disebabkan karena kegagalan yang terjadi pada sistem penunjang operasional mesin induk itu sendiri. Bila sistem penunjang operasi mesin induk mengalami kegagalan maka menyebabkan kegagalan pada komponen bagian dalam mesin. Komponen mesin induk kapal penyeberangan yang termasuk dalam bagian dalam mesin antara lain :

a. Cylinder Head (kepala silinder)

Berfungsi untuk menutup blok motor bagian atas, dimana antara kepala silinder dengan blok motor dapat dipisahkan. Kegagalan yang sering terjadi pada kepala silinder antara disebabkan karena ketidaknormalan system pendingin dan system minyak pelumas. Pada mesin induk kapal penyeberangan kegagalan pada kepala silinder karena korosi yang menyebabkan kebocoran dan kerusakan pada dudukan setting katup hisap dan katup buang.

b. Valve (katup)

Terdapat dua jenis katup pada mesin induk yaitu katup hisap (*intake valve*) dan katup buang (*exhaust valve*). Kegagalan yang sering terjadi pada katup diakibatkan karena kondisi sistem pendukung mesin induk tidak berjalan normal.

c. Connecting rod (batang pemutar)

Fungsi dari batang pemutar adalah untuk menghubungkan torak/piston dengan poros engkol, harus dapat memindahkan tekanan yang tinggi dari torak kepada poros engkol akan tetapi tidak boleh melentur.

d. Piston (torak)

Fungsi dari torak (piston) adalah untuk menghisap udara masuk ke dalam silinder, untuk memampatkan udara pada waktu proses kompresi, untuk menerima dan meneruskan tenaga hasil pembakaran ke poros engkol melalui batang pemutar (connecting rod), untuk membuang/mendorong gas-gas sisa pembakaran.

e. Piston Ring (cincin torak)

Cincin torak terbagi atas 2 macam :

- Pegas kompresi (Compression Ring)

Berfungsi untuk merapatkan dinding torak dengan dinding silinder untuk mengatasi kebocoran, serta berguna untuk memampatkan udara.

- Pegas Pengikis Minyak (Oil Ring Assembly)

Berfungsi untuk menyapu kelebihan minyak pelumas. Tempat yang terbuka pada cincin torak disebut ring gap yang berfungsi untuk pemuaiian.

f. Piston pin (pena torak)

Pena torak berfungsi untuk menghubungkan piston dengan batang pemutar. Pada umumnya konstruksinya dibuat berlubang supaya ringan.

g. Bearing (bantalan)

Bearing (bantalan) digunakan pada bagian mesin yang meneruskan gaya atau beban dari bagian yang bergerak kepada bagian yang stasioner sehingga mendukung bagian yang stasioner sehingga

mendukung bagian yang bergerak. Bantalan adalah bagian yang penting dalam sebuah mesin. Pada mesin induk kapal penyeberangan dari data yang telah didapatkan diketahui bahwa bagian bantalan yang sering mengalami kegagalan adalah metal jalan dan metal duduk pada journal bearing dan crankshaft (poros engkol). Kegagalan yang terjadi disebabkan karena ketidaknormalan sistem minyak pelumas yang menyebabkan keausan pada bagian bantalan.

h. Crankshaft (poros engkol)

Poros engkol adalah komponen dalam mesin yang meneruskan putaran dari batang penggerak. Persyaratan utama dari sebuah poros engkol adalah kekuatan dan kekakuan mekanis, baik arah memanjang maupun arah menyilang.

i. Camshaft (poros nok)

Bagian-bagian dari camshaft adalah roda gigi timing poros yang mendapatkan putaran dari crankshaft, bantalan poros sebagai dukungan, cam adalah bagian dari yang bertugas mengadakan pembukaan dan penutupan katup, gigi sentrik berguna untuk memutar poros pompa oli.

4.3 Proses Sensor Data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diidentifikasi atau disortir. Pengidentifikasi dilakukan dengan memilih komponen yang sering gagal yang ada pada *maintenance record* motor induk kapal. Caranya dengan membandingkan frekwensi kegagalannya dan frekwensi pergantian (*replacement*) komponen motor induk. Data *maintenance record* motor induk kapal yang diperlukan untuk analisa laju kegagalan adalah sekurang-kurangnya 2 kali *survey docking* atau minimal 3 tahun operasi kapal. Data ini terpenuhi bila dalam interval waktu tersebut diatas terjadi gangguan / kegagalan komponen motor induk kapal yang menyebabkan terganggunya operasi kapal atau motor induk tersebut pernah terjadi kondisi *breakdown / blackout* yang disebabkan oleh kerusakan komponen atau sebab lain. Bila dalam interval waktu tersebut motor induk kapal yang dianalisa tidak pernah terjadi kegagalan motor induk atau pernah terjadi tetapi disebabkan karena kegagalan motor bantu atau sistem lain maka diperlukan pengumpulan data dengan penambahan interval waktu sampai tercatat adanya kegagalan operasi pada motor induk kapal tersebut.

Data *maintenance record* diperoleh dari pengambilan data yang ditulis dalam logbook mesin induk kapal dan juga dari jurnal harian mesin induk kapal penyeberangan yang dipilih berdasarkan batasan spesifikasi yang telah ditentukan. Dari empat kapal penyeberangan yang telah dilakukan pengambilan data terdapat permasalahan yang menyangkut durasi waktu data dari masing-masing kapal dan kebijaksanaan perusahaan jasa transportasi penyeberangan sebagai owner/pemilik dari kapal yang akan dilakukan pengambilan data. Dari data lapangan tersebut kemudian dilakukan pengolahan dan pengujian sesuai metodologi penelitian.

4.4 Pengolahan Data

Dari data *maintenance record* keempat kapal yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan menurut sistem yang ada untuk mempermudah dalam pengolahan data. Data teknis motor induk kapal penyeberangan yang akan dianalisa laju kegagalannya adalah :

A. KMP. Adhi Swadarma III

Data-data teknis motor induk kapal :

Pembuat Mesin	: Daihatsu Diesel Co. Ltd
Type	: Daihatsu 6 DLMB - 20L
Tahun pembuatan	: 1984
Type cycle	: 4 tak (four stroke engine)
RPM	: 750
Jumlah silinder	: 6
Daya	: 2 x 550 Hp

B. KMP. Tenggiri

Data-data teknis motor induk kapal :

Pembuat Mesin	: Yanmar Diesel Co. Ltd
Type	: Yanmar 6 MHT
Tahun pembuatan	: 1972
Type cycle	: 4 tak (four stroke engine)
RPM	: 750
Jumlah silinder	: 6
Daya	: 2 x 370 Hp

C. KMP. Citra Mandala Bahari

Data-data teknis motor induk kapal :

Pembuat Mesin	: Daihatsu Diesel Co. Ltd
Type	: Daihatsu 6 PST 8M-20 s/v
Tahun pembuatan	: 1980
Type cycle	: 4 tak (four stroke engine)
RPM	: 720
Jumlah silinder	: 6
Daya	: 2 x 350 Hp

D. KMP. Setya Dharma

Data-data teknis motor induk kapal :

Pembuat Mesin	: Hanshin Diesel Co. Ltd
Type	: Hanshin Z 6 E MRS
Tahun pembuatan	: 1964
Type cycle	: 4 tak (four stroke engine)
RPM	: 400
Jumlah silinder	: 6
Daya	: 2 x 450 Hp

Data *maintenance record* yang telah diperoleh dikelompokkan berdasarkan sistem penunjang dari mesin induk tersebut. Sistem tersebut terdiri dari beberapa komponen-komponen yang memiliki laju kegagalan yang berbeda. Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan jumlah kegagalan dari berbagai sistem yang terdiri dari beberapa komponen masing-masing kapal sample data.

Tabel 4.1

Jumlah kegagalan pada tiap sistem motor induk kapal dalam durasi waktu pengambilan data tahun 1998 ~ 2002

No.	Komponen	Jumlah Kegagalan Komponen Motor Induk							
		A		B		C		D	
		I	II	I	II	I	II	I	II
1	Sistem Transmisi								
	a. Roda gila	1	2	2	3	6	0	1	2
	b. Gear box	1	1	1	0	2	0	0	0
	c. Flexible coupling	6	4	2	1	2	0	6	8
2	Sistem Bahan bakar								
	a. Injector	7	10	2	3	4	1	2	1
	b. Bosch pump	4	10	1	2	2	1	2	1
	c. Fuel filter	1	4	1	2	1	1	1	1
	d. Saparator	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Sistem Pelumasan								
	a. Sumptank	0	0	0	0	0	0	0	0
	b. LO Filter	2	2	4	2	1	0	1	2
	c. LO Pump	1	0	1	2	1	0	1	0
	d. LO Carter	1	2	4	3	2	0	0	0
4	Sistem Pendingin								
	a. Cooling water pump	1	2	3	4	1	1	1	0
	b. FW cooler	2	1	1	0	1	0	1	2
	c. LO cooler	2	2	1	1	2	2	2	1
	d. Intercooler	1	1	1	1	1	0	0	0
	e. SW pump	2	1	3	9	1	0	1	2
5	Sistem gas buang								
	a. Turbocharge	1	1	9	6	0	0	0	0
	b. Manifold gas buang	2	4	6	2	0	0	0	0
6	sistem start								
	a. Botol angin	1	0	1	1	0	0	1	1
	b. Kompresor	3	5	3	4	2	0	1	2
7	Bagian dalam mesin								
	a. Cylinder head	0	0	1	1	2	2	1	3
	b. Valve	2	1	3	3	2	1	1	2
	c. Connecting rod	0	0	1	1	0	0	0	0
	d. Cylinder liner	0	0	0	0	0	0	0	1
	e. Piston	2	1	0	0	3	2	0	0
	f. Bearing	2	1	1	3	2	1	3	10
	g. Crankshaft	0	0	0	0	0	0	0	0
	h. Camshaft	0	0	2	1	0	0	0	0
	Jumlah	45	55	54	55	38	12	26	39
	Jumlah Total Kegagalan	100		109		50		65	

Keterangan : I = Motor induk kanan

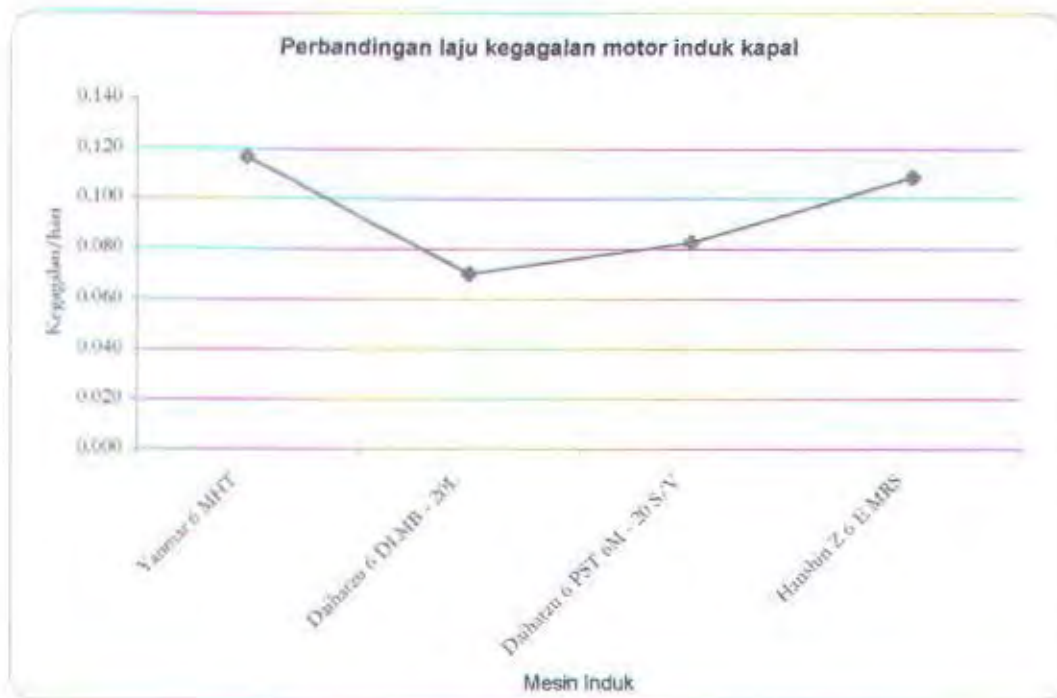
II = Motor induk kiri

Dari jumlah kegagalan masing-masing sistem yang diperoleh dari data maintenance record masing-masing kapal akan didapatkan perhitungan empiris laju kegagalan mesin induk kapal dengan membandingkan dengan periode pengambilan data atau durasi waktu pengambilan data. Tabel 4.2 akan memperlihatkan perbandingan laju kegagalan dari tiap mesin induk yang terdapat pada tiap kapal dengan perhitungan empiris yaitu laju kegagalan per hari.

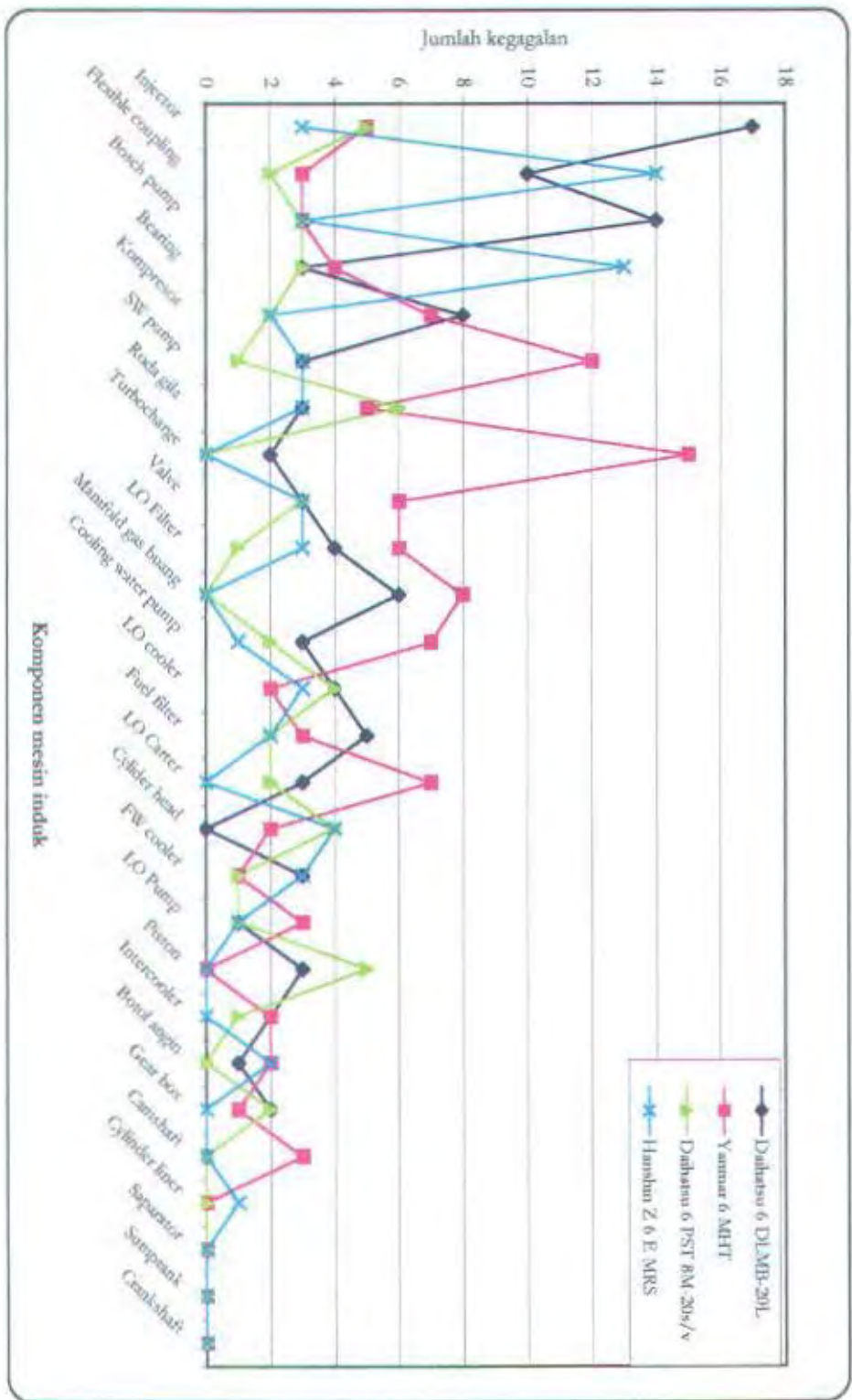
Tabel 4.2

Perbandingan laju kegagalan tiap mesin induk kapal

Motor Induk	Awal	Akhir	Durasi	Total failure	Failure/hari
Yanmar 6 MHT	1/4/00	20/10/02	935	109	0.11657754
Daihatsu 6 DLMB - 20L	4/10/98	27/8/02	1425	100	0.07017544
Daihatsu 6 PST 6M - 20 S/V	1/1/01	8/9/02	605	50	0.08264463
Hanshin Z 6 E MRS	1/3/01	30/11/02	600	65	0.10833333



Gambar 4.10 Grafik perbandingan laju kegagalan tiap mesin induk kapal



Gambar 4.11 Grafik perbandingan jumlah kegagalan tiap komponen pada mesin induk



Gambar 4.12 Grafik perbandingan komponen mesin induk kapal dan jumlah kegagalan

Tabel 4.1 memperlihatkan jumlah kegagalan untuk mesin induk berdasarkan sistem yang dikategorikan. Dari tabel tersebut diketahui jumlah kegagalan total pada tiap mesin induk kapal yang dianalisa dan diketahui bahwa KMP. Tenggiri memiliki jumlah kegagalan tertinggi. Tabel 4.2 memperlihatkan periode pengumpulan data, jumlah kegagalan yang terjadi selama interval waktu pengambilan data tersebut dan juga laju kegagalan dari tiap mesin induk yang dihitung menggunakan formula empiris, dimana perhitungannya sangat sederhana yaitu dengan membagi durasi waktu operasi mesin induk dengan jumlah kegagalan selama periode pengambilan data tersebut.

Gambar 4.10 memperlihatkan grafik perbandingan laju kegagalan, dimana perhitungan menggunakan perhitungan yang sederhana, berdasarkan mesin induk yang dianalisa. Nilai jumlah kegagalan per hari memiliki range antara 0.07017544 sampai 0.11657754. *Yanmar 6 MHT* memiliki jumlah kegagalan per hari tertinggi. Hasil perbandingan jumlah kegagalan per hari tiap mesin induk tidak dapat dijadikan pedoman dalam penilaian mesin induk itu sendiri. Hal ini disebabkan karena durasi/interval waktu pengumpulan data masing-masing kapal tidak sama. Dengan interval waktu yang berbeda tersebut hanya dapat diketahui *trend* dari jumlah kegagalan per hari jika diasumsikan interval waktunya sama. Namun demikian, dari perbandingan jumlah kegagalan per hari tersebut diketahui bahwa jumlah kegagalan dari tiap mesin induk yang dianalisa memiliki nilai yang sama artinya tiap kapal penyeberangan memiliki jumlah kegagalan yang *similar* satu dengan yang lain hanya komponen yang mengalami kegagalan berbeda sesuai karakteristik dari mesin induk masing-masing kapal.

Bila jumlah kegagalan tiap mesin induk kapal dijumlahkan antara mesin induk I dan mesin induk II yang dikategorikan berdasarkan jumlah kegagalan tiap komponen maka akan didapatkan *trend* analisa perbandingan komponen dengan jumlah kegagalan dari tiap mesin induk kapal dan hal tersebut diperlihatkan dalam gambar 4.11. Pada gambar grafik 4.11 dapat diketahui bahwa jumlah kegagalan dari masing-masing mesin induk kapal mempunyai nilai yang berbeda. Hal ini dapat diartikan bahwa kegagalan yang terjadi pada tiap mesin induk berbeda-beda. Mesin *Daihatsu 6 DLMB - 20L* mempunyai jumlah/frekwensi kegagalan tertinggi pada bagian injector, mesin *Yanmar 6 MHT* mempunyai jumlah/frekwensi kegagalan tertinggi pada bagian turbocharger, mesin *Daihatsu 6 PST 6M - 20 S/V* mempunyai jumlah/frekwensi kegagalan tertinggi pada bagian roda gila/flywheel (system transmisi) dan mesin *Hanshin Z 6 E MRS* mempunyai jumlah/frekwensi kegagalan tertinggi pada bagian flexible coupling dan bantalan. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa kesamaan spesifikasi mesin induk yang dianalisa tidak berarti memiliki karakteristik kegagalan yang sama pada masing-masing komponen mesin induk tersebut. Perbedaan bentuk jumlah kegagalan dari masing-masing komponen mesin induk kapal penyeberangan tersebut bisa disebabkan karena perbedaan karakteristik tindakan perawatan, sistem penunjang dan permesinan bantu yang membantu operasional pada tiap mesin induk, dan juga kondisi operasi dari tiap mesin induk kapal penyeberangan tersebut.

Gambar 4.12 memperlihatkan grafik perbandingan komponen dengan jumlah kegagalan yang terjadi pada semua mesin induk kapal yang diteliti. Grafik ini diperoleh dengan menjumlahkan kegagalan yang terjadi pada tiap mesin induk

kapal menjadi jumlah kegagalan yang kumulatif dari keempat mesin induk kapal penyeberangan yang diteliti. Dari grafik ini diketahui bahwa kegagalan tertinggi terjadi pada komponen injector bahan bakar pada sistem bahan bakar, flexible coupling pada sistem transmisi dan bantalan pada bagian dalam mesin. Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa frekwensi kegagalan rata-rata disebabkan oleh kegagalan /kerusakan flexible coupling pada sistem transmisi. Hal ini disebabkan karena umumnya kapal-kapal penyeberangan merupakan kapal bertipe RO-RO (*roll On – roll Off*) dengan sistem propulsor yang bertipe *reversible* atau dapat dibalik putarannya. Dengan sistem tersebut maka diperlukan pengkopelan putaran dari mesin menuju ke propeller agar putaran mesin dan putaran propeller sesuai dan menghasilkan daya dorong yang optimum. Kapal-kapal penyeberangan memerlukan *manouvering* yang tinggi untuk operasional pada waktu di dermaga, berlayar dan menuju dermaga. Dengan *manouvering kapal* yang tinggi maka akan menyebabkan tingginya kerusakan pada sistem transmisi terutama pada komponen flexible coupling.

4.4.1 Perhitungan Laju Kegagalan Sistem

Perhitungan laju kegagalan sistem ini dilakukan berdasarkan data laju kegagalan tiap-tiap komponen yang diasumsikan terjadi per 500 jam atau 1 bulan. Laju kegagalan komponen digunakan untuk perhitungan laju kegagalan sistem sesuai dengan konstruksi block diagram sistem yang sudah dibuat. Pada motor induk ini semua sistemnya mempunyai konstruksi seri blok diagram sehingga untuk laju kegagalan sistem dengan seri diagram secara matematis dapat ditulis :

$$\lambda_{(y)} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n$$

Dimana : $\lambda_{(s)}$ = laju kegagalan sistem series

λ_1 = laju kegagalan komponen 1

λ_2 = laju kegagalan komponen 2

λ_3 = laju kegagalan komponen 3

λ_n = laju kegagalan komponen n

Nilai dari laju kegagalan sistem seri didapatkan dengan mengelompokkan laju kegagalan tiap komponen dan laju kegagalan motor induk tersebut.

Tabel 4.3

Failure rate total tiap sistem mesin induk kapal

No.	Sistem	Total Failure	Time	Failure Rate
1	Sistem Bahan bakar	65	500	0.13
2	Bagian dalam mesin	62	500	0.124
3	Sistem Pendingin	58	500	0.116
4	Sistem Transmisi	51	500	0.102
5	Sistem Pelumasan	32	500	0.064
6	Sistem gas buang	31	500	0.062
7	Sistem start	24	500	0.048



Gambar 4.13 Grafik perbandingan sistem mesin induk dengan failure rate

Dari tabel 4.3 dapat diketahui nilai laju kegagalan sistem mesin induk keempat kapal secara kumulatif dimana nilai laju kegagalan diperoleh dari perhitungan jumlah kegagalan tiap sistem mesin induk kapal dibagi durasi waktu yang diambil sebesar 500 jam operasi sistem. Pengambilan interval waktu selama 500 jam diperoleh dari periode inspeksi peralatan kritis dari suatu sistem mesin induk yang selalu mengacu pada interval waktu 500 jam operasi peralatan.

Gambar 4.13 merupakan plot grafik dari tabel 4.3 yang menunjukkan trend perbandingan sistem mesin induk kapal dengan laju kegagalan (*failure rate*). Pada grafik diketahui bahwa sistem bahan bakar (*fuel oil system*) merupakan sistem pada mesin induk kapal penyeberangan secara kumulatif yang memiliki nilai *failure rate* tertinggi. *Failure rate* (laju kegagalan) tertinggi kedua adalah komponen / bagian dalam mesin induk. Hal ini membuktikan bahwa kegagalan sistem penunjang mesin induk yang tinggi akan juga berakibat tingginya probabilitas kegagalan pada bagian dalam mesin yang melakukan kerja untuk menghasilkan daya putar yang diinginkan.

Nilai *failure rate* yang telah diperoleh bukanlah nilai yang mewakili evaluasi keandalan yang ingin dicapai, tetapi nilai tersebut merupakan pendekatan yang bertujuan untuk mendapatkan perkiraan karakteristik laju kegagalan komponen dan sistem dari mesin induk kapal penyeberangan Ujung-Kamal secara kumulatif. Nilai evaluasi yang merupakan nilai output dari analisa tugas akhir ini adalah dengan melakukan pengolahan dan pengujian *variable random* data yang telah diperoleh berupa *time to failure* yang dimodelkan dalam distribusi probabilitas yang sesuai dengan nilai *time to failure*-nya.

4.4.2 Analisa Laju Kegagalan Sistem Motor Induk Kapal Penyeberangan

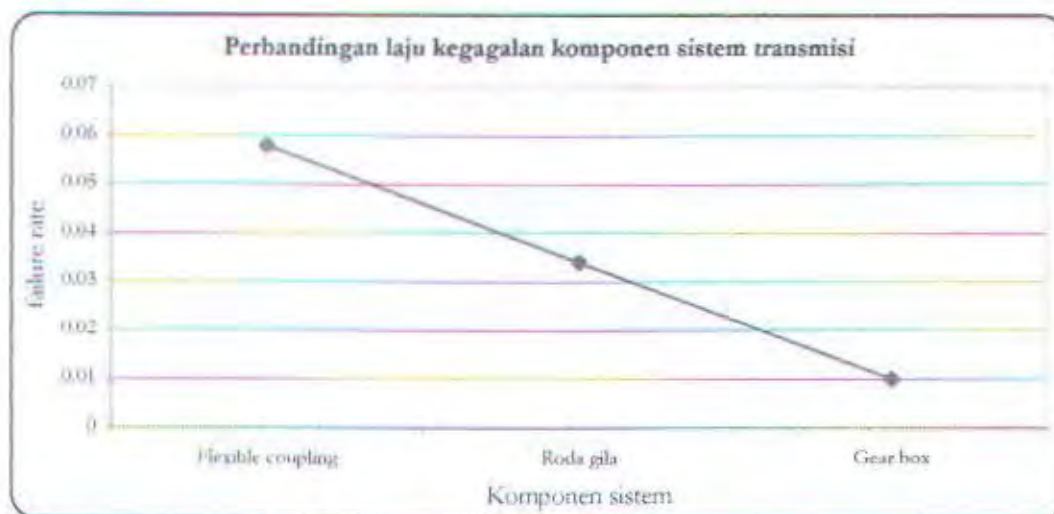
Dari subbab sebelumnya telah diketahui sistem motor induk kapal yang memiliki tingkat laju kegagalan tertinggi secara kumulatif dari empat kapal yang diteliti dengan cara perhitungan empiris. Dari data tersebut untuk mengetahui laju kegagalan komponen pada setiap sistem diperlukan analisa laju kegagalan komponen yang ada pada sistem tersebut.

4.4.2.1 Analisa Laju Kegagalan Sistem Transmisi

Dari data yang telah diperoleh pada masing-masing kapal didapatkan data kegagalan komponen pada sistem yang ada pada motor induk kapal. Untuk sistem transmisi, secara kumulatif jumlah kegagalan dan perhitungan laju kegagalannya dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4
Laju kegagalan sistem transmisi

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	Flexible coupling	10	3	2	14	29	500	0.058
2	Roda gila	3	5	6	3	17	500	0.034
3	Gear box	2	1	2	0	5	500	0.01



Gambar 4.14 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem transmisi

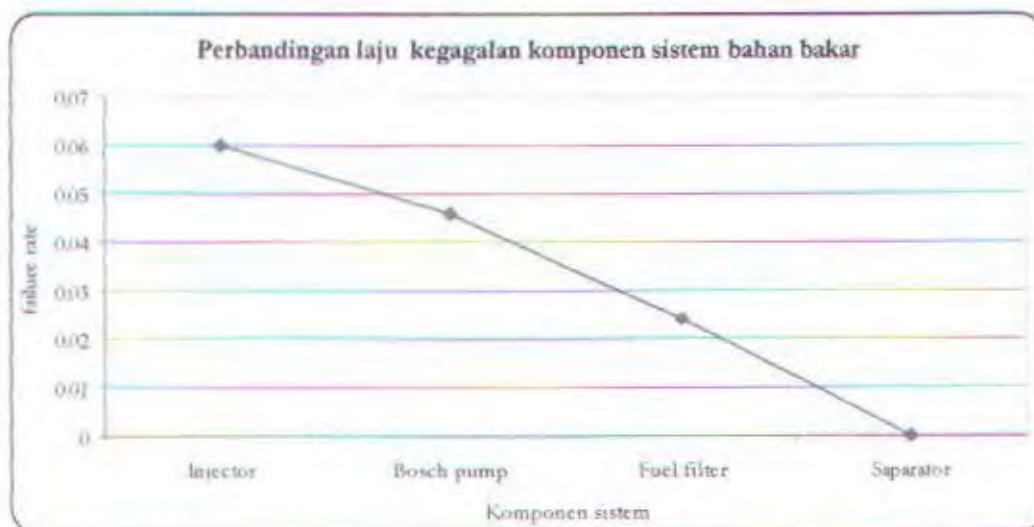
Dari tabel 4.4 dan gambar 4.14 diketahui bahwa flexible coupling merupakan komponen dari sistem transmisi yang sering mengalami kegagalan atau memiliki laju kegagalan tertinggi. Hal ini disebabkan karena kebutuhan manouvering kapal untuk operasional kapal penyeberangan.

4.4.2.2 Analisa Laju Kegagalan Sistem Bahan Bakar

Dari data jumlah kegagalan kumulatif sistem bahan bakar didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.5
Laju kegagalan sistem bahan bakar

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	Injector	17	5	5	3	30	500	0.06
2	Bosch pump	14	3	3	3	23	500	0.046
3	Fuel filter	5	3	2	2	12	500	0.024
4	Saparator	0	0	0	0	0	500	0



Gambar 4.15 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem bahan bakar

Dari tabel 4.5 dan grafik 4.15 diketahui bahwa injector merupakan komponen pada system transmisi yang memiliki laju kegagalan tertinggi. Hal ini disebabkan karena *treatment* bahan bakar yang kurang sempurna.

4.4.2.3 Analisa Laju Kegagalan Sistem Minyak Pelumas

Dari data jumlah kegagalan kumulatif sistem minyak pelumas didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.6
Laju kegagalan sistem minyak pelumas

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	LO Filter	4	6	1	3	14	500	0.028
2	LO Carter	3	7	2	0	12	500	0.024
3	LO Pump	1	3	1	1	6	500	0.012
4	Sumptank	0	0	0	0	0	500	0



Gambar 4.16 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem minyak pelumas

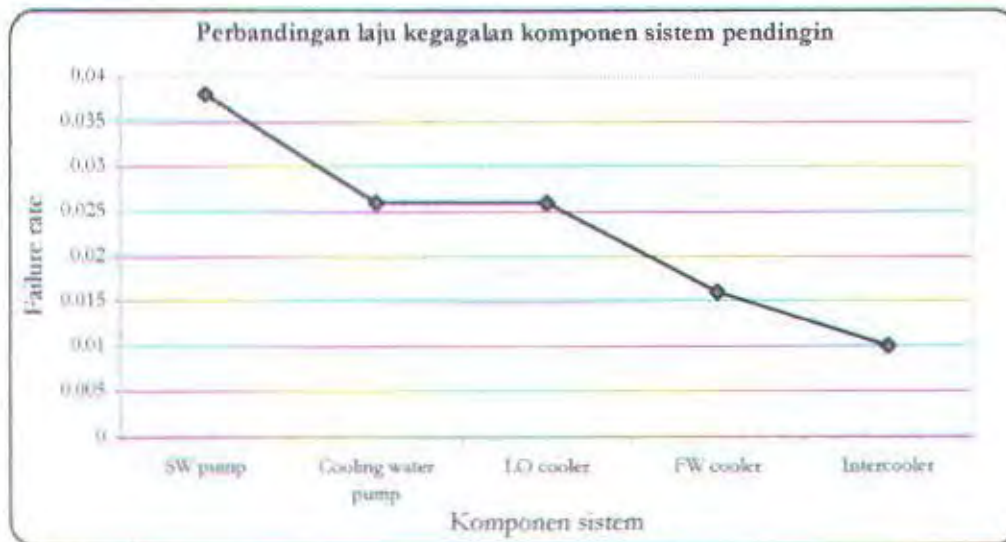
Dari tabel 4.6 dan gambar 4.15 diketahui bahwa LO filter mempunyai laju kegagalan tertinggi pada sistem pelumasan yaitu sebesar 0.028.

4.4.2.4 Analisa Laju Kegagalan Sistem Pendingin

Dari data jumlah kegagalan kumulatif sistem pendingin didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.7
Laju kegagalan sistem pendingin

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	SW pump	3	12	1	3	19	500	0.038
2	Cooling water pump	3	7	2	1	13	500	0.026
3	LO cooler	4	2	4	3	13	500	0.026
4	FW cooler	3	1	1	3	8	500	0.016
5	Intercooler	2	2	1	0	5	500	0.01



Gambar 4.17 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem pendingin

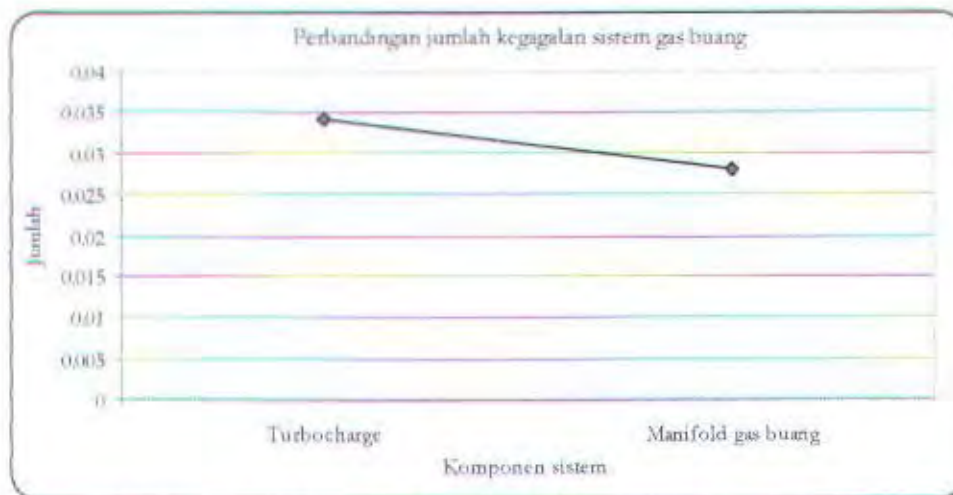
Dari tabel 4.7 dan gambar 4.17 diketahui bahwa sea water pump mempunyai laju kegagalan tertinggi pada sistem pendingin yaitu sebesar 0.038.

4.4.2.5 Analisa Laju Kegagalan Sistem Gas Buang

Dari data jumlah kegagalan kumulatif sistem gas buang didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.8
Laju kegagalan sistem gas buang

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	Turbocharge	2	15	0	0	17	500	0.034
2	Manifold gas buang	6	8	0	0	14	500	0.028



Gambar 4.18 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem gas buang

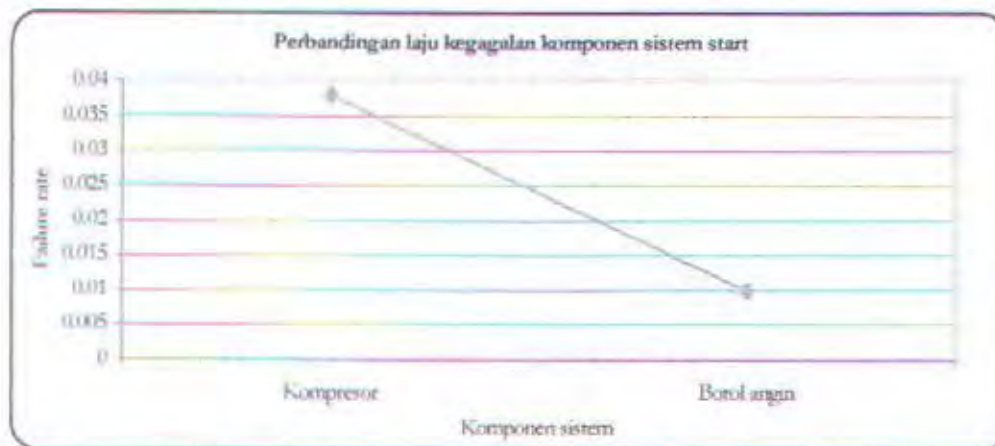
Dari tabel 4.8 dan gambar 4.18 diketahui bahwa turbocharge mempunyai laju kegagalan tertinggi pada sistem gas buang yaitu sebesar 0.034.

4.4.2.6 Analisa Laju Kegagalan Sistem Start

Dari data jumlah kegagalan kumulatif sistem start didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.9
Laju kegagalan sistem start

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	Kompresor	8	7	2	2	19	500	0.038
2	Botol angin	1	2	0	2	5	500	0.01



Gambar 4.19 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen sistem start

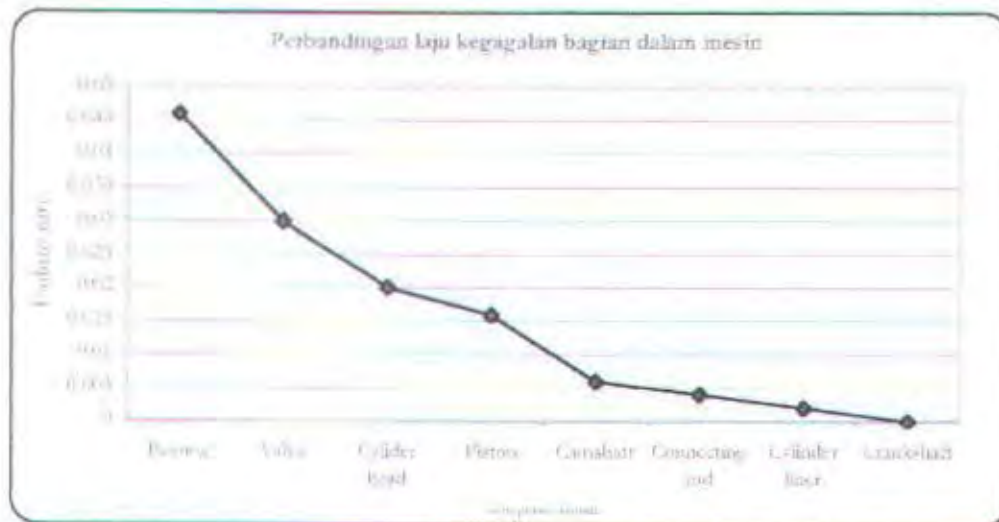
Dari tabel 4.9 dan gambar 4.19 diketahui bahwa kompresor mempunyai laju kegagalan tertinggi pada sistem start yaitu sebesar 0.038.

4.4.2.7 Analisa Laju Kegagalan Bagian dalam Mesin

Dari data jumlah kegagalan kumulatif komponen bagian dalam mesin didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.10
Laju kegagalan komponen bagian dalam mesin

No.	Komponen	A	B	C	D	Total	Time	Failure rate
1	Bearing	3	4	3	13	23	500	0.046
2	Valve	3	6	3	3	15	500	0.03
3	Cylinder head	0	2	4	4	10	500	0.02
4	Piston	3	0	5	0	8	500	0.016
5	Camshaft	0	3	0	0	3	500	0.006
6	Connecting rod	0	2	0	0	2	500	0.004
7	Cylinder liner	0	0	0	1	1	500	0.002
8	Crankshaft	0	0	0	0	0	500	0



Gambar 4.20 Grafik perbandingan laju kegagalan komponen bagian dalam mesin

Dari tabel 4.10 dan gambar 4.20 diketahui bahwa bantalan (bearing) mempunyai laju kegagalan tertinggi pada komponen bagian dalam mesin yaitu sebesar 0.046.

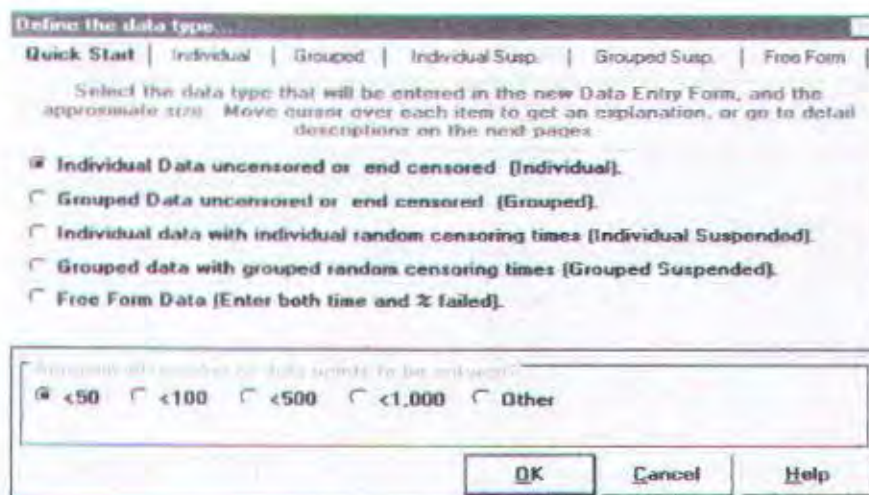
4.5 Model Kegagalan Komponen

Model kegagalan komponen dapat diketahui dengan cara menentukan variable random komponen terlebih dahulu. *Variable random* yang dipakai adalah *Time to Failure* (TTF). Data *Time to Failure* (TTF) komponen dapat dilihat pada halaman lampiran B.1

Kemudian data TTF tersebut diuji untuk mengetahui jenis distribusi yang akan digunakan, termasuk parameter-parameter distribusi yang nantinya dipakai dalam memperhitungkan nilai keandalan, nilai ketakandalan, failure rate, dan MTTF. Pengujian dan pengolahan data ini dibantu dengan *software Weibull ++* dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimate* (MLE). Pengujian hanya dilakukan pada komponen yang mempunyai frekwensi kegagalan lebih dari 3 kali.

Software aplikasi Weibull ++ adalah salah satu program aplikasi yang dikembangkan oleh *ReliaSoft's Company* yang digunakan untuk mendapatkan parameter dari distribusi probabilitas yang akan digunakan dalam analisa data masa pakai (*life time analysis*) suatu komponen atau sistem. Dalam analisa data ini akan digunakan *program Weibull ++ version 4.0* yang akan menganalisa data secara grafik dan secara numerik. Langkah-langkah dalam penggunaan aplikasi *software Weibull ++* adalah :

1. Dari data lapangan yang telah didapatkan kemudian dibuat data time to failure (TTF data) yang menunjukkan waktu sampai suatu komponen suatu sistem tersebut rusak atau gagal beroperasi.
2. Data TTF yang ada kemudian dimasukkan dalam perhitungan Weibull ++ dimana program tersebut dapat beroperasi jika terlebih dahulu menentukan tipe data entry yang akan dianalisa. Tampilan data entry yang akan terlihat pada program Weibull ++ adalah seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.21 Tampilan pilihan entry data program Weibull ++

- Langkah awal dalam pemasukan data adalah dengan membuka new data editor dengan mengklik New icon atau memilih dalam File/New. Setelah mengklik pada New Icon atau memilih File/New akan terlihat tipe data yang akan dimasukkan. Kita harus mendapatkan tipe data yang akan digunakan tergantung pilihan kita sesuai dengan data lapangan yang telah kita dapatkan.

Tipe data yang harus dipilih dalam memasukkan data adalah :

✓ Individual Data

Tipe data ini digunakan untuk test dimana semua unit yang diuji dengan langsung menuju kegagalan (*uncensored*), atau pengujian akan dihentikan setelah n kegagalan (*censored*). Sebagai contoh, terdapat 6 unit yang diuji/diambil data didapatkan data TTF-nya : 100, 200, 300, 400, 500 dan 600 jam (*uncensored*). Tipe data ini juga dapat digunakan jika 10 unit yang diambil data dan dihentikan pengujiannya setelah 6 kali kegagalan (*censored*).

Item #	Time to Failure	Subset ID
1	100	
2	200	
3	300	
4	400	
5	500	

✓ Grouped Data

Digunakan untuk pengujian data dimana tiap unit memiliki TTF yang sama, atau jika unit tergabung bersama dalam satu interval. Pengujian data dapat dikatakan *uncensored*, *terminated* ketika semua unit gagal atau *censored*, berhenti jika n unit gagal.

Group #	Failure in Group	Group End Time
1	2	100
2	1	200
3	3	300
4	4	400
5	1	500

✓ Individual Suspended Data

Sama dengan pemilihan individual data, meskipun unit dalam tipe data ini dapat berubah dari pengujian sebelum terjadinya kegagalan (*suspended* / *multiply censored*) pada beberapa waktu selama pengujian. Pemasukan data terdiri dari TTF sebagai Time to Suspended. Unit suspended ditulis dengan S dan unit gagal ditulis F.

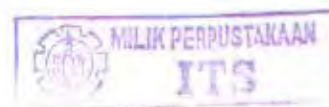
Item #	State, F or S	Time to F or S
1	S	100
2	F	200
3	S	300
4	F	400
5	S	500
6	F	600
7	F	700

✓ Grouped Suspended Data

Sama dengan memasukkan data grouped. Tetapi kita dapat mendasain data dalam suspended group data

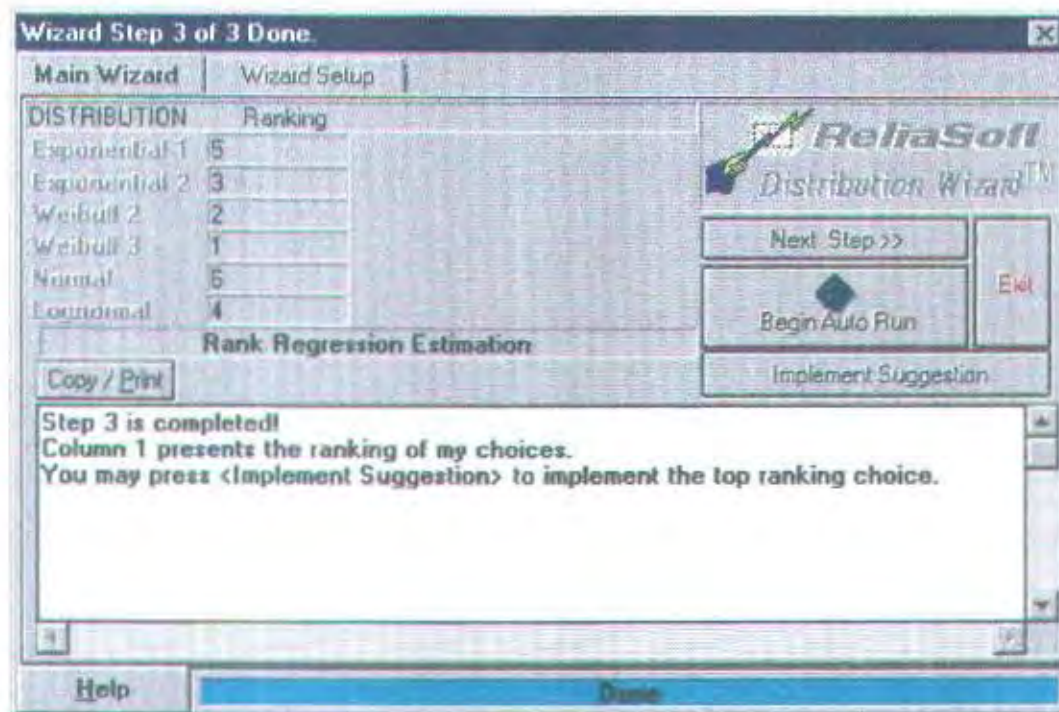
Item #	State, F or S	Number in State	State End Time
1	F	1	10
2	S	2	20
3	F	3	30
4	F	1	40
5	F	1	50

4. Setelah kita mendapatkan tipe data yang akan kita masukkan dalam program Weibull tersebut akan terlihat pilihan tipe data tersebut dan bila kita telah memilih salah satunya maka akan terlihat new data editor sesuai tipe data yang telah kita pilih.
5. Kemudian kita masukkan data dalam kolom yang tersedia. Data tersebut akan diolah dengan Weibull ++ tersebut dengan hanya menggerakkan mouse sesuai dengan output data yang akan kita inginkan.
6. Bila kita mengklik use distribution wizard pada icon distribution maka akan didapatkan nilai parameter dan distribusi yang sesuai.



4.5.1 Analisa Hasil Pengolahan dan Pengujian Program Weibull ++ 4.0

Plot grafik yang didapatkan dari pengujian dan pengolahan data dengan menggunakan program aplikasi *Weibull ++* harus diterjemahkan kedalam bentuk uraian yang menerangkan bentuk karakteristik dari grafik yang telah dibentuk. Selain penjelasan secara grafik juga dilakukan analisa secara *numeric* dengan memasukkan nilai *parameter* yang telah didapatkan kedalam perumusan distribusi probabilitas yang sesuai dengan hasil pengolahan dan pengujian program *Weibull ++* tersebut. Untuk mendapatkan nilai parameter dan distribusi yang sesuai data tersebut diuji kedalam use distribution wizard yang merupakan fasilitas yang ada pada *Weibull ++*. Bentuk *use distribution wizard* terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4.22 Tampilan use distribution wizard

Tabel 4.11
 Nilai ranking dan likelihood dari data TTF komponen motor induk kapal penyeberangan

No.	Distribusi yg diuji	KMP. Adhi Swadarma III / Daihatsu 6 DLMB - 20L															
		Injector		boschpump		fo filter		flexible coupling		compresor		manifold exh		lo filter		lo cooler	
		Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value
1	Eksponential (1 paramater)	4	-151.098	5	-116.194	4	-46.241	5	-90.4712	6	-84.387	3	-55.6369	6	-36.9814	6	-38.3002
2	Eksponential (2 paramater)	5	-160.019	3	-115.967	1	-45.578	4	-94.8604	2	-83.0859	4	-56.3284	2	-35.9655	2	-37.6359
3	Normal	6	-164.368	4	-118.779	5	-46.242	4	-97.1174	5	-84.9785	4	-57.3289	5	-36.3524	5	-38.0077
4	Lognormal	1	-148.934	6	-119.276	2	-45.569	2	-88.6561	3	-82.8038	3	-55.1554	4	-35.9861	3	-37.358
5	Weibull (2 parameter)	3	-149.194	2	-117.444	3	-45.568	4	-89.0925	4	-83.5248	2	-55.4696	3	-35.991	4	-37.4982
6	Weibull (3 parameter)	2	-149.159	1	-17.4621	1	-45.39	1	-86.8337	1	-80.4465	1	-55.0942	1	-35.9593	1	-37.2766

No.	Distribusi yg diuji	KMP. Tenggiri / Yanmar 6 MHT													
		turbocharge		cooling pump		lo filter		ex & in valve		compresor		injector		lo carter	
		Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value
1	Eksponential (1 paramater)	4	-147.6047	4	-181.4157	2	-57.8044	4	-53.3164	3	-68.4389	4	-40.8536	4	-62.858
2	Eksponential (2 paramater)	3	-147.2553	5	-187.5173	4	-57.9508	6	-5.3378	4	-70.6152	2	-40.2598	6	-67.8348
3	Normal	2	-149.2537	6	-193.0789	2	-58.8496	5	-57.2461	6	-71.9223	6	-40.9043	5	-68.2048
4	Lognormal	5	-149.8431	2	-180.4657	5	-58.3522	3	-52.5646	5	-69.2799	3	-40.0905	2	-61.0477
5	Weibull (2 parameter)	1	-147.3284	3	-180.4519	3	-57.7988	1	-52.2181	2	-67.9118	5	-40.1865	3	-62.7878
6	Weibull (3 parameter)	1	-147.449	1	-179.8477	1	-57.1226	2	-52.5103	1	-68.8232	1	-39.7631	1	-58.5412

No.	Distribusi yg diuji	KMP. CMB / Daihatsu 6 PST 8M-20 s/v							
		injector		flex. Coupling		lo cooler		cyl. Head	
		Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value
1	Ekspponential (1 paramater)	6	-49.4824	3	-50.7835	4	-36.7812	5	-35.7949
2	Ekspponential (2 paramater)	3	-46.9722	4	-52.0617	1	-35.9298	1	-34.8701
3	Normal	5	-47.5658	6	-52.7052	4	-36.1666	4	-35.2527
4	Lognormal	4	-47.4874	2	-50.5937	2	-35.8403	3	-34.925
5	Weibull (2 parameter)	1	-47.2824	5	-50.779	3	-35.8406	2	-34.8978
6	Weibull (3 parameter)	2	-47.3152	1	-48.8399	1	-34.6885	2	-34.7395

No.	Distribusi yg diuji	KMP. SD / Hanshin Z 6 E MRS			
		flex. Coupling		bearing	
		Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value
1	Ekspponential (1 paramater)	4	-111.8966	3	-105.5649
2	Ekspponential (2 paramater)	3	-112.6795	2	-113.9494
3	Normal	6	-116.3082	2	-116.9306
4	Lognormal	5	-112.7041	1	-100.0711
5	Weibull (2 parameter)	1	-111.8	1	-100.8211
6	Weibull (3 parameter)	2	110.9712	1	-96.6148

Tabel 4.12

Nilai parameter dari setiap distribusi yang sesuai pada komponen tiap motor induk kapal penyeberangan

KMP. Adhi Swadarma III / Daihatsu 6 DLMB - 20L																
	injector		boschpump		fo filter		flex.coup		compressor		man. Exh		lo filter		lo cooler	
Distribusi	Lognormal		Weibull 3		Eksp 2 paramater		Weibull 3		Weibull 3		Weibull 3		Weibull 3		Weibull 3	
Paramater	μ	6.9094	β	1.858	λ	0.0003	β	0.5634	β	1.0964	β	1.0601	β	1.8056	β	1.403
	σ	1.5411	η	2294.3948	γ	474.7291	η	1910.1763	η	2403.5301	η	3675.6589	η	4136.914	η	4892.078
			γ	-550.7599			γ	111.7	γ	2114.8	γ	328.66	γ	148.6	γ	857.38

KMP. Tenggara / Yanmar 6 MHT														
	turbocharge		coolingpump		lo filter		valve		compresor		injector		lo carter	
Distribusi	Weibull 2		Weibull 3		Weibull 3		Weibull 2		Weibull 3		Weibull 3		Weibull 3	
Paramater	β	1.1819	β	0.7568	β	0.7654	β	0.6435	β	0.9715	β	1.153	β	0.5869
	η	7266,257	η	4315.493	η	4691.593	η	1974.509	η	6763.74	η	1115.79	η	1336.93
			γ	54.58	γ	339.76			γ	-370.76	γ	239.5	γ	678.7

KMP. Citra Mandala Bahari / Daihatsu 6 PST 8M - 20 s/v								
	injector		flex. Coup		lo cooler		cyl. Head	
Distribusi	Weibull 2 parameter		Weibull 3 parameter		Eks. 2 parameter		Eks. 2 parameter	
Paramater	β	2.2489	β	0.6431	λ	0.0003	λ	0.0004
	η	1590.0772	η	1133.6887	γ	694.7941	γ	584.5767
			γ	250.24				

KMP.Setya Dharma / Hanshin Z 6 E MRS				
	flex. Coupling		bearing	
Distribusi	Weibull 2 parameter		LogNormal	
Paramater	β	0.9085	μ	5.6459
	η	1043.896	σ	1.8832

4.5.2 Analisa Grafik dan Perhitungan Nilai Paramater

A. KMP. Adhi Swadarma III

- *Injector dan nozzle sistem bahan bakar*

1. Analisa grafik untuk injector

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa injector dan nozzle bahan bakar, gambar C.1a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dan memiliki nilai ketakandalan mendekati 100 % pada saat 11.266 jam operasi dan bila melebihi 11.266 jam operasi maka nilai probabilitas ketakandalannya cenderung terus naik.
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.1b. menunjukkan bahwa nilai keandalan injector mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 – 19.6 jam. Kemudian setelah 19.6 jam nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 3000 jam operasi.
- c. Grafik failure rate injector, gambar C. 1c memperlihatkan bahwa laju kegagalan injector naik pada interval waktu 0 – 19.6 jam operasi hal ini disebabkan karena injector mengalami proses penyesuaian dan pada interval tersebut injector dicek saat pemasangan / pergantian injector baru. Setelah 19.6 jam operasi failure rate injector mengalami penurunan pada nilai failure rate 0.000273 pada waktu mencapai 3000 jam operasi.
- d. Grafik probability density function untuk injector, gambar C.1d menunjukkan bahwa injector mengalami kegagalan cenderung naik

- e. pada interval waktu 19.6 – 92.2 jam operasi dan setelah jam operasi tersebut injector akan mengalami kegagalan cenderung menurun dalam selang waktu 92.2 – 30000 jam operasi.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh paramater distribusi Lognormal sebagai berikut :

$$L_{\text{mean}} = 6.9094$$

$$L_{\text{std}} = 1.5411$$

- a. Perhitungan probabilitas density function untuk injector pada saat $t = 3000$ jam.

$$f(t) = \phi \left[\frac{(\mu - \ln t) / \sigma}{\sigma \times t} \right] = 0.00047674$$

- b. Perhitungan reliability function pada saat $t = 3000$ jam.

$$R(t) = \phi \left[\frac{(\mu - \ln t)}{\sigma} \right] = 0.24196$$

- c. Perhitungan unreliability function pada saat $t = 3000$ jam

$$Q(t) = 1 - R(t) = 0.75804$$

- d. Perhitungan MTTF

$$MTTF^2 = e^{\mu} + \sigma^2 / 2 = 1002.834$$

• **Boschpump (pompa injeksi bahan bakar)**

1. Analisa grafik untuk boschpump

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa boschpump, gambar C.2a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin

naik seiring bertambahnya waktu dan memiliki nilai ketakandalan mendekati 100 % pada saat 4.097 jam operasi dan nilai unreliability berada pada interval 0.3 % ~ 10.0 %.

- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.2b. menunjukkan bahwa nilai keandalan boschpump mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 – (-472.42) jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 4000 jam operasi.
- c. Grafik failure rate boschpump, gambar C. 2c memperlihatkan bahwa laju kegagalan injector naik seiring bertambahnya waktu sampai interval waktu mencapai 4.000 jam operasi. Ini menunjukkan boschpump masuk kedalam wear out period
- d. Grafik probability density function untuk boschpump, gambar C.2d menunjukkan bahwa injector mengalami kegagalan cenderung naik pada interval waktu -511.29 ~ 950 jam operasi (nilai ketakandalan) dan setelah jam operasi tersebut injector akan mengalami kegagalan cenderung menurun dalam selang waktu 950 ~ 4.000 jam operasi.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.13

Nilai evaluasi keandalan dari paramater untuk boshpump

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.858	2294.395	-550.76	4.73E-05	0.03526	0.96474	1487.076	0.001341

- **Fuel oil filter (filter bahan bakar)**

1. Analisa grafik untuk fuel oil filter

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa FO filter, gambar C.3a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin turun seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 95 % pada 730.4 jam operasi sampai 10.788 % pada 8.000 jam operasi.
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.3b. menunjukkan bahwa nilai keandalan FO filter mendekati 1 pada saat pengoperasian 474.73 ~ 535.1 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 8.000 jam operasi.
- c. Grafik failure rate FO filter, gambar C. 3c memperlihatkan bahwa laju kegagalan filter cenderung konstan sesuai dengan distribusi yang sesuai yaitu distribusi eksponential.
- d. Grafik probability density function untuk boshpump, gambar C.3d menunjukkan bahwa FO filter mengalami kegagalan cenderung turun dari interval waktu 535.1 ~ 8.000 jam operasi.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi eksponential 2 paramater dengan perhitungan evaluasi

keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.40 – 2.44, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.14
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk FO filter

λ	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.0003	474.7291	0.0001	0.468799	0.5312	3333.33	0.0003

- **Flexibel Coupling**

1. Analisa grafik untuk flaxibel coupling
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa flexible coupling, gambar C.4a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 5 % pada 10 jam operasi sampai 95 % pada 12.161 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.4b. menunjukkan bahwa nilai keandalan flexible coupling mendekati 1 pada saat pengoperasian 111.70 – 150.6 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 5.000 jam operasi pada nilai reliability 0.18 .
 - c. Grafik failure rate flexible coupling, gambar C. 4c memperlihatkan bahwa laju kegagalan filter cenderung turun dari interval 117.70 –150.6 dan setelah itu failure rate cenderung konstan, menunjukkan flexible coupling berada pada kondisi burn in period.
 - d. Grafik probability density function untuk boschpump, gambar C.4d menunjukkan bahwa FO filter mengalami kegagalan cenderung

turun dari interval waktu 200 ~ 5.000 jam operasi.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.15

Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk flexible coupling

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.563	1910.176	111.7	0.000105	0.42661	0.57339	3234.953	0.000246

• **Kompresor**

1. Analisa grafik untuk kompresor

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa kompresor, gambar C.5a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 3.067 % pada 100 jam operasi sampai 0.1 % pada 2.106 jam operasi.
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.5b. menunjukkan bahwa nilai keandalan kompresor mendekati 1 pada saat pengoperasian 2114.80 ~ 2.180 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 10.000 jam operasi pada nilai reliability 0.028 .
- c. Grafik failure rate kompresor, gambar C. 5c memperlihatkan bahwa laju kegagalan kompresor cenderung naik dari interval

2114.80 ~ 2.180 jam dan setelah itu failure rate cenderung konstan, menunjukkan kompresor berada pada kondisi burn in period.

- d. Grafik probability density function untuk kompresor, gambar C.5d menunjukkan bahwa kompresor mengalami kegagalan cenderung naik dari interval waktu 2114.80 ~ 2.180 jam operasi dan setelah interval waktu tersebut cenderung turun sampai 10.000 jam operasi.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.16

Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk kompresor

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.0964	2403.53	2114.8	0.000277	0.66778	0.33222	4434.759	0.000414

• **Manifold Gas Buang (Exhaust Manifold)**

1. Analisa grafik untuk manifold gas buang
- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa manifold gas buang, gambar C.6a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 2.218 % pada 100 jam operasi sampai 0.1 % pada 331.1 jam operasi.

- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.6b. menunjukkan bahwa nilai keandalan manifold gas buang mendekati 1 pada saat pengoperasian 328.66 ~ 402.4 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 9.000 jam operasi pada nilai reliability 0.085 .
- c. Grafik failure rate manifold gas buang, gambar C. 6c memperlihatkan bahwa laju kegagalan manifold gas buang cenderung konstan pada nilai 0.00023 pada 328.66 ~ 402.4 jam.
- d. Grafik probability density function untuk manifold gas buang, gambar C.6d menunjukkan bahwa manifold gas buang mengalami kegagalan cenderung naik dari interval waktu 328.66 ~ 402.4 jam operasi dan setelah interval waktu tersebut cenderung turun sampai 9.000 jam operasi pad nilai 0.00023.
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.17

Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk manifold

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.0601	3675.659	328.66	0.000131	0.46281	0.53719	3916.471	0.000283

- **LO Filter**

1. Analisa grafik untuk LO filter
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa LO filter, gambar C.7a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 5 ~ 7.477 % pada 1000 jam operasi sampai 95 % pada 7.636 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.7b. menunjukkan bahwa nilai keandalan LO filter mendekati 1 pada saat pengoperasian 148.60 ~ 301.5 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 9.000 jam operasi pada nilai reliability 0.0002 .
 - c. Grafik failure rate LO filter, gambar C. 7c memperlihatkan bahwa laju kegagalan LO filter cenderung naik sampai nilai failure rate 0.00079 pada 9.000 jam operasi. Ini menunjukkan LO filter berada pada wear out period.
 - d. Grafik probability density function untuk LO filter, gambar C.7d menunjukkan bahwa LO filter mengalami kegagalan cenderung naik dari interval waktu 148.60 ~ 2804.02 jam operasi dan setelah interval waktu tersebut cenderung turun sampai 9.000 jam operasi pad nilai 0.00015.
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan

perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.18
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk LO filter

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.8056	4136.914	148.6	9.32E-05	0.28808	0.71192	3825.779	0.000323

- **LO Cooler**

1. Analisa grafik untuk LO cooler

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa LO cooler, gambar C.8a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 0.424 %

pada 100 jam operasi sampai 93.18 % pada 10.000 jam operasi.

- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.8b. menunjukkan bahwa nilai keandalan LO cooler mendekati 1 pada saat pengoperasian 857.38 ~ 980.5 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 62.000 jam operasi dengan nilai reliability 0 (tidak dapat berfungsi).
- b. Grafik failure rate LO cooler, gambar C. 8c memperlihatkan bahwa laju kegagalan LO cooler cenderung naik sampai nilai failure rate 0.00050 pada 42.000 jam operasi. Ini menunjukkan LO cooler berada pada wear out period.

- d. Grafik probability density function untuk LO cooler, gambar C.8d menunjukkan bahwa LO filter mengalami kegagalan cenderung naik dari interval waktu 857.38 ~ 2.759.8 jam operasi dan setelah interval waktu tersebut cenderung turun sampai 42.000 jam operasi pada nilai 0 0000
2. Perhitungan paramater keandalan
- Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.19
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk LO cooler

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.403	4892.078	857.38	0.000111	0.54092	0.45908	5311.959	0.000206

B. KMP. Tenggiri

• Turbocharge

1. Analisa grafik untuk turbocharge
- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa turbocharge, gambar C.9a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 0.645 % pada 100 jam operasi sampai 95 % pada 17.778,2 jam operasi.
- c. Grafik keandalan (reliability), gambar C.9b. menunjukkan bahwa nilai keandalan turbocharge mendekati 1 pada saat pengoperasian

0 ~ 108.6 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 20.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.036 .

- c. Grafik failure rate turbocharge, gambar C. 9c memperlihatkan bahwa laju kegagalan turbocharge cenderung turun pada interval waktu 0 ~ 108.6 jam operasi, setelah itu grafik konstan sampai 20.000 jam operasi
 - d. Grafik probability density function untuk turbocharge, gambar C.9d menunjukkan bahwa turbocharge mengalami kegagalan cenderung naik dari interval waktu 0 ~ 108.6 jam operasi dan setelah interval waktu tersebut cenderung turun sampai 20.000 jam operasi pada nilai 0.0000042
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 2 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.20
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk turbocharge

β	η	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.7204	2116.019	0.000111	0.360108	0.639892	2628.455	0.000309

- **Pompa pendingin**

1. Analisa grafik untuk pompa pendingin
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa pompa pendingin, gambar C.10a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 1.0 % pada 10 jam operasi sampai 95 % pada 17.701.9 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.10b. menunjukkan bahwa nilai keandalan pompa pendingin mendekati 1 pada saat pengoperasian 54.58 – 60.5 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 9.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.17
 - c. Grafik failure rate pompa pendingin, gambar C. 10c memperlihatkan bahwa laju kegagalan pompa pendingin cenderung turun pada interval waktu 54.58 – 9.000 jam operasi. Hal ini menunjukkan pompa pendingin berada pada burn in period dimana mengalami decreasing failure rate.
 - d. Grafik probability density function untuk pompa pendingin, gambar C.10d menunjukkan bahwa pompa pendingin mengalami kegagalan cenderung turun pada 2.736.3 – 9.000 jam operasi dengan nilai pdf 0.000026
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan

perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.21

Nilai evaluasi keandalan dari parameter distribusi untuk pompa pendingin

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.7568	4315.493	54.58	0.000115	0.59659	0.40341	5150.875	0.000192

- **Filter Minyak Pelumas (LO Filter)**

1. Analisa grafik untuk LO filter
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa LO filter, gambar C.11a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 1.0 % pada 10 jam operasi sampai 95 % pada 19.082.3 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.11b. menunjukkan bahwa nilai keandalan LO filter mendekati 1 pada saat pengoperasian 339.76 ~ 470.3 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 20.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.05
 - c. Grafik failure rate LO filter, gambar C. 11c memperlihatkan bahwa laju kegagalan LO filter cenderung turun pada interval waktu 470.3 ~ 20.000 jam operasi. Hal ini menunjukkan LO filter berada pada burn in period dimana mengalami decreasing failure rate.
 - d. Grafik probability density function untuk LO filter, gambar C.11d menunjukkan bahwa LO filter mengalami kegagalan cenderung

turun pada 3.028.7 ~ 20.000 jam operasi dengan nilai pdf 0.000095 ~ 0.000058

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.22

Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk LO filter

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.7654	4691.593	339.76	0.000121	0.64791	0.35209	5813.488	0.000186

• Katup (Valve)

1. Analisa grafik untuk katup

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa katup, gambar C.12a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 3.344 % pada 10 jam operasi sampai 95 % pada 10.000 jam operasi.
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.12b. menunjukkan bahwa nilai keandalan katup mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 ~ 21.3 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 4.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.02

- c. Grafik failure rate katup, gambar C. 12c memperlihatkan bahwa laju kegagalan katup cenderung turun pada interval waktu 21.3 ~ 4.000 jam operasi. Hal ini menunjukkan katup berada pada burn in period dimana mengalami decreasing failure rate.
 - d. Grafik probability density function untuk katup, gambar C.12d menunjukkan bahwa katup mengalami kegagalan cenderung turun pada 21.3 ~ 4.000 jam operasi dengan nilai pdf 0.0009 ~ 0.000058
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 2 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.23
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk katup

β	η	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.6435	1974.509	0.000106	0.376171	0.623829	2720.379	0.000281

- **Kompresor**

1. Analisa grafik untuk kompresor
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa kompresor, gambar C.13a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 1.691 ~ 7.477 % pada 100 jam operasi sampai 95 % pada 19.804 jam operasi.

- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.13b. menunjukkan bahwa nilai keandalan kompresor mendekati 1 pada saat pengoperasian -400 ~ -200 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 420.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.055
- c. Grafik failure rate kompresor, gambar C. 13c memperlihatkan bahwa laju kegagalan kompresor cenderung turun pada interval waktu -220 ~ 420.000 jam operasi. Hal ini menunjukkan kompresor berada pada burn in period dimana mengalami decreasing failure rate.
- d. Grafik probability density function untuk kompresor, gambar C.13d menunjukkan bahwa kompresor mengalami kegagalan cenderung turun pada 2.227 ~ 420.000 jam operasi dengan nilai pdf 0.000099 ~ 0.0000077
2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.24
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk kompresor

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.9715	6763.74	-370.76	9.03E-05	0.61622	0.38378	6481.315	0.000147

perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.25
Nilai evaluasi keandalan dari parameter distribusi untuk injektor

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
1.153	1115.792	239.5	6.85E-05	0.0577	0.9423	1301.556	0.001187

- **Carter Minyak Pelumas (LO carter)**

1. Analisa grafik untuk LO Carter
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa LO Carter, gambar C.15a. menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 0.1 ~ 5.739 % pada 10 ~ 668,3 jam operasi sampai 95 % pada 8.659 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.15b. menunjukkan bahwa nilai keandalan LO Carter mendekati 1 pada saat pengoperasian 678.7 ~ 702.8 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 5.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.13
 - c. Grafik failure rate LO Carter, gambar C. 15c memperlihatkan bahwa laju kegagalan LO Carter cenderung turun pada interval waktu 790.4 ~ 5.000 jam operasi dengan interval failure rate 0.0018 ~ 0.00025. Hal ini menunjukkan LO Carter berada pada burn in period dimana mengalami decreasing failure rate.

- d. Grafik probability density function untuk LO Carter, gambar C.15d menunjukkan bahwa injektor mengalami kegagalan cenderung turun pada 790.4 ~ 5.000 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.00059 ~ 0.000036
2. Perhitungan paramater keandalan
- Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.26
Nilai evaluasi keandalan dari paramater distribusi untuk LO carter

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.5869	1336.93	678.7	0.000126	0.36095	0.63905	2743.843	0.00035

C. KMP. Citra Mandala Bahari

- **Injektor Bahan Bakar**

1. Analisa grafik untuk injektor
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa injektor, gambar C.16a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 0.203 % pada 100 jam operasi sampai 95 % pada 2.566 jam operasi.

- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.16b. menunjukkan bahwa nilai keandalan injektor mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 ~ 48.4 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 4.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.00 (tidak dapat berfungsi)
- c. Grafik failure rate injektor, gambar C. 16c memperlihatkan bahwa laju kegagalan injektor cenderung naik pada interval waktu 0 ~ 4.000 jam operasi dengan interval failure rate 0 ~ 0.0045. Hal ini menunjukkan injektor berada pada wear out period dimana injektor mengalami increasing failure rate.
- d. Grafik probability density function untuk injektor, gambar C.16d menunjukkan bahwa injektor mengalami kegagalan cenderung naik pada 21.3 ~ 1.200 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0 ~ 0.00058 (nilai keandalan) dan cenderung turun pada interval 1.200 ~ 4.000 dengan nilai pdf 0.00058 ~ 0 (nilai ketakandalan).
2. Perhitungan parameter keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 2 parameter dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.27

Nilai evaluasi keandalan dari parameter distribusi untuk injektor

β	η	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
2.2489	1590.077	4.49E-05	0.014364	0.985636	1408.506	0.003125

- **Flexible Coupling**

1. Analisa grafik untuk flexible coupling
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa flexible coupling, gambar C.17a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 0.1 ~ 4.818 % pada 10 ~ 244.8 jam operasi sampai 95 % pada 6.272 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.17b. menunjukkan bahwa nilai keandalan flexible coupling mendekati 1 pada saat pengoperasian 250.84 ~ 274.2 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 3.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.17
 - c. Grafik failure rate flexible coupling, gambar C. 17c memperlihatkan bahwa laju kegagalan flexible coupling cenderung turun pada interval waktu 274.2 ~ 3.000 jam operasi dengan interval failure rate 0.0021 ~ 0.00039. Hal ini menunjukkan flexible coupling berada pada burn in period dimana flexible coupling mengalami decreasing failure rate.
 - d. Grafik probability density function untuk flexible coupling, gambar C.17d menunjukkan bahwa flexible coupling mengalami kegagalan cenderung turun pada 385.7 ~ 3.000 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.00093 ~ 0.000071.

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.28
Nilai evaluasi dari paramater distribusi untuk flex. coupling

β	η	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.6431	1133.689	250.24	8.69E-05	0.21017	0.78983	1812.18	0.000413

• Lubricating Oil Cooler

1. Analisa grafik untuk LO cooler
 - a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa LO cooler, gambar C.18a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin turun seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 95 ~ 15.498 % pada 878.8 ~ 7.000 jam operasi
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.18b. menunjukkan bahwa nilai keandalan LO cooler mendekati 1 pada saat pengoperasian 694.79 ~ 756.9 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 8.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.0826
 - c. Grafik failure rate LO cooler, gambar C. 18c memperlihatkan bahwa laju kegagalan LO cooler cenderung konstan sesuai distribusi yang mengikutinya yaitu distribusi eksponensial.

- d. Grafik probability density function untuk LO cooler, gambar C.17d menunjukkan bahwa LO cooler mengalami kegagalan cenderung turun pada 756.9 ~ 8.000 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.00033 ~ 0.0000286.
2. Perhitungan paramater keandalan
- Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Eksponential 2 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.41 ~ 2.44, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.29
Nilai evaluasi dari paramater distribusi untuk LO cooler

λ	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.0003	694.7941	0.00015	0.500793	0.499207	3333.333	0.0003

- **Cylinder Head**

1. Analisa grafik untuk cylinder head
- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa cylinder head, gambar C.19a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin turun seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 95 % ~ 11.643 % pada 704.3 ~ 6.000 jam operasi
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.19b. menunjukkan bahwa nilai keandalan cylinder head mendekati 1 pada saat pengoperasian 584.58 ~ 631.5 jam. Kemudian setelah interval jam

- c. tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 6.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.0907
- d. Grafik failure rate cylinder head, gambar C. 19c memperlihatkan bahwa laju kegagalan cylinder head cenderung konstan sesuai distribusi yang mengikutinya yaitu distribusi eksponential.
- d. Grafik probability density function untuk cylinder head, gambar C.19d menunjukkan bahwa cylinder head mengalami kegagalan cenderung turun pada 631.5 ~ 6.000 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.000436 ~ 0.0000421.
2. Perhitungan paramater keandalan
- Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Eksponential 2 paramater dengan perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.41 ~ 2.44, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.30
Nilai evaluasi dari paramater distribusi untuk cylinder head

λ	γ	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.0002	59.421	0.000111	0.555373	0.444627	5000	0.0002

D. KMP. Setya Dharma

- **Flexible Coupling**

1. Analisa grafik untuk flexible coupling

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa flexible coupling, gambar C.20a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dari nilai unreliability 1.523 % pada 10 jam operasi sampai 95 % pada 3.254 jam operasi.
 - b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.20b. menunjukkan bahwa nilai keandalan flexible coupling mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 ~ 21.1 jam. Kemudian setelah interval jam tersebut nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 3.000 jam operasi dengan nilai reliability 0.0745
 - c. Grafik failure rate flexible coupling, gambar C. 20c memperlihatkan bahwa laju kegagalan flexible coupling cenderung turun pada interval waktu 21.1 ~ 3.000 jam operasi dengan interval failure rate 0.0012 ~ 0.000799. Hal ini menunjukkan flexible coupling berada pada burn in period dimana flexible coupling mengalami decreasing failure rate.
 - d. Grafik probability density function untuk flexible coupling, gambar C.20d menunjukkan bahwa flexible coupling mengalami kegagalan cenderung turun pada 81.9 ~ 3.000 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.000979 ~ 0.0000563.
2. Perhitungan paramater keandalan
- Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh distribusi yang sesuai yaitu distribusi Weibull 3 paramater dengan

perhitungan evaluasi keandalan dengan menggunakan rumusan pada Bab II yaitu rumus 2.46 ~ 2.50, dengan $t = 3000$ jam operasi :

Tabel 4.31
Nilai evaluasi dari paramater distribusi untuk flex. coupling

β	η	$f(t)$	$R(t)$	$Q(t)$	MTTF	$Z(t)$
0.9085	1043.896	5.81E-05	0.073469	0.926531	1090.548	0.00079

- **Bantalan (Bearing)**

1. Analisa grafik untuk bearing

- a. Dari grafik unreliability dapat dilihat bahwa bearing, gambar C.21a menunjukkan probabilitas kegagalan (ketakandalan) semakin naik seiring bertambahnya waktu dan memiliki nilai ketakandalan mendekati 100 % pada saat 5.929 jam operasi dan bila melebihi 5.929 jam operasi maka nilai probabilitas ketakandalannya cenderung terus naik.
- b. Grafik keandalan (reliability), gambar C.21b. menunjukkan bahwa nilai keandalan bearing mendekati 1 pada saat pengoperasian 0 – 5.2 jam. Kemudian setelah 5.2 jam nilai keandalannya menurun hingga akan mencapai 600 jam operasi.
- c. Grafik failure rate injector, gambar C. 21c memperlihatkan bahwa laju kegagalan bearing turun pada interval waktu 5.2 – 600 jam operasi pada nilai failure rate 0.00448 ~ 0.000698
- d. Grafik probability density function untuk bearing, gambar C.21d menunjukkan bahwa bearing mengalami kegagalan cenderung

turun pada interval waktu 5.2 – 600 jam operasi dengan nilai pdf pada interval 0.0043 ~ 0.00034

2. Perhitungan paramater keandalan

Berdasarkan hasil pengujian dengan software Weibull ++ diperoleh paramater distribusi Lognormal sebagai berikut :

$$L_{mean} = 5.9387$$

$$L_{std} = 2.1118$$

- a. Perhitungan probabilitas density function untuk injector pada saat $t = 3000$ jam.

$$f(t) = \phi \left[\frac{(\mu - \ln t) / \sigma}{\sigma \times t} \right] = 0.00005396$$

- e. Perhitungan reliability function pada saat $t = 3000$ jam.

$$R(t) = \phi \left[\frac{(\mu - \ln t)}{\sigma} \right] = 0.16354$$

- f. Perhitungan unreliability function pada saat $t = 3000$ jam

$$Q(t) = 1 - R(t) = 0.83646$$

- d. Perhitungan MTTF

$$MTTF = e^{\mu + \sigma^2 / 2} = 381.6712$$

- e. Laju kegagalan $z(t)$

$$Z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = 0.00033$$

4.6 Diskusi

Dari hasil analisa secara grafik dan perhitungan numerik hasil pengolahan program *Weibull* -- dapat diketahui nilai laju kegagalan (*failure rate*) dari masing-masing motor induk kapal penyeberangan yang diteliti ditinjau dari perbandingan laju kegagalan dari komponen motor induk dan juga ditinjau dari perbandingan laju kegagalan motor induk kapal penyeberangan yang diteliti yang nantinya dari nilai laju kegagalan tersebut akan diadakan analisa ekonomis dengan menggunakan pendekatan analisa penggantian (*replacemet analysis*)

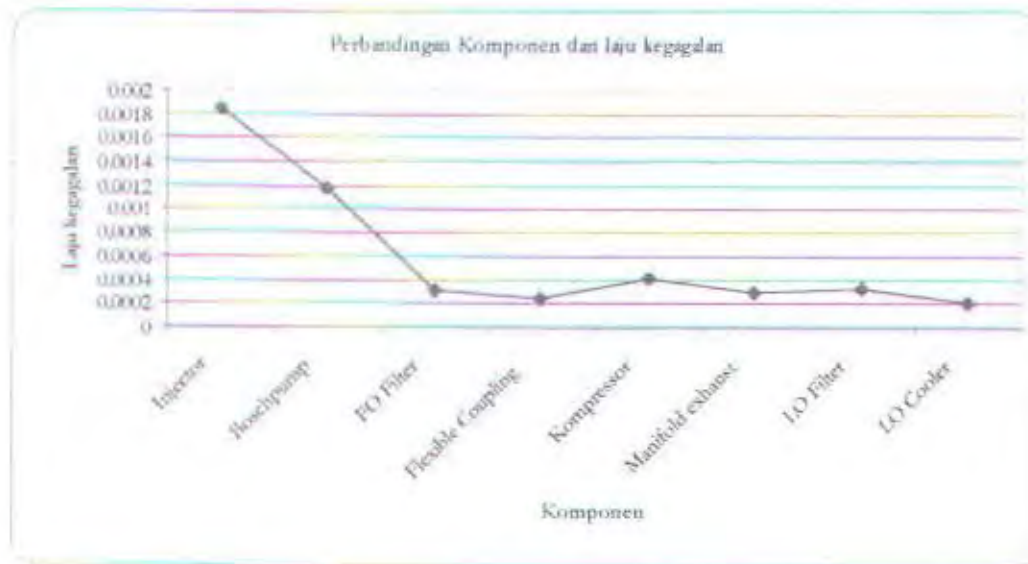
4.6.1 Analisa Perbandingan Laju Kegagalan dan Komponen Mesin Induk Kapal

Dari hasil pengolahan program *Weibull* ++ dapat diketahui nilai parameter dan distribusi yang dipakai dari masing-masing model time to failure komponen mesin induk yang merupakan komponen kritis atau memiliki jumlah kegagalan lebih dari 3 kejadian.

Tabel 4.31

Nilai parameter keandalan dari komponen mesin induk KMP. Adhi Swadarma III

KMP. Adhi Swadarma III						
No.	Komponen	f (t)	R(t)	Q(t)	MTTF	Z(t)
1	Injector	0.00044767	0.24196	0.75804	1002.834	0.0018502
2	Boscpump	6.6424E-05	0.0563934	0.9436066	1487.07567	0.0011779
3	FO Filter	0.00014064	0.468799	0.531201	3333.33333	0.0003
4	Flexible Coupling	0.00010504	0.4266061	0.5733939	3234.95286	0.0002462
5	Kompressor	0.00027665	0.667781	0.332219	4434.75936	0.0004143
6	Manifold exhaust	0.00013094	0.4628078	0.5371922	3916.47065	0.0002829
7	LO Filter	9.3166E-05	0.2880781	0.7119219	3825.77892	0.0003234
8	LO Cooler	0.00011123	0.5409208	0.4590792	5311.95937	0.0002056
	Total	0.00137177	3.1533461	4.8466539	26547.1642	0.0048006
	Rata-rata	0.00017147	0.3941683	0.6058317	3318.39552	0.0006001



Gambar 4.23 Grafik laju kegagalan KMP. Adhi Swadarma III

Tabel 4.32

Nilai parameter keandalan dari komponen mesin induk KMP. Tenggiri

KMP. Tenggiri						
No.	Komponen	f (t)	R(t)	Q(t)	MTTF	Z(t)
1	Turbocharge	0.0001112	0.360107786	0.63989221	2628.45532	0.00030879
2	Pompa Pendingin	0.00011481	0.596585409	0.40341459	5150.87491	0.00019244
3	LO Filter	0.00012075	0.647912744	0.35208726	5813.48812	0.00018637
4	Katup	0.00010561	0.376170974	0.62382903	2720.3795	0.00028075
5	Kompressor	9.0284E-05	0.616218172	0.38378183	6481.31475	0.00014651
6	Injector	6.8484E-05	0.057696812	0.94230319	1301.55555	0.00118696
7	LO Carter	0.00012616	0.36094516	0.63905484	2743.84271	0.00034952
	Total	0.00073729	3.015637057	3.98436294	26839.9109	0.00265135
	Rata-rata	0.00010533	0.430805294	0.56919471	3834.27298	0.00037876

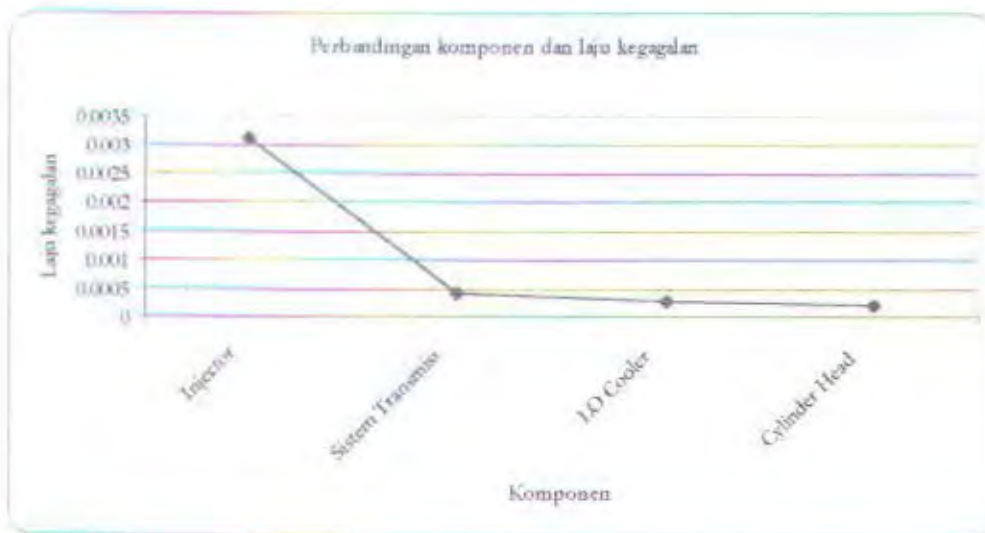


Gambar 4.24 Grafik laju kegagalan KMP. Tenggara

Tabel 4.33

Nilai parameter keandalan dari komponen mesin induk KMP. Citra Mandala Bahari

KMP. Citra Mandala Bahari						
No.	Komponen	f (t)	R(t)	Q(t)	MTTF	Z(t)
1	Injector	4.4892E-05	0.0143644	0.9856356	1408.50628	0.0031252
2	Sistem Transmisi	8.69E-05	0.2101701	0.7898299	1812.17961	0.0004135
3	LO Cooler	0.00015024	0.5007933	0.4992067	3333.33333	0.0003
4	Cylinder Head	0.00011107	0.5553727	0.4446273	5000	0.0002
	Total	0.0003931	1.2807006	2.7192994	11554.0192	0.0040387
	Rata-rata	9.8276E-05	0.3201752	0.6798248	2888.50481	0.0010097

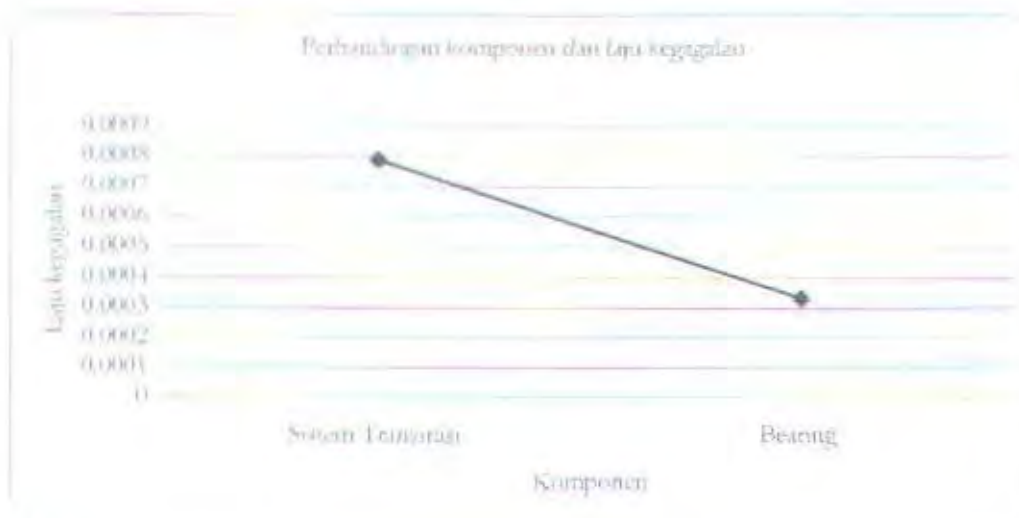


Gambar 4.25 Grafik laju kegagalan KMP. Citra Mandala Bahari

Tabel 4.34

Nilai parameter keandalan dari komponen mesin induk KMP. Satya Dharmma

KMP. Satya Dharmma						
No.	Komponen	f (t)	R(t)	Q(t)	MTTF	Z(t)
1	Sistem Transmisi	5.8053E-05	0.073468923	0.92653108	1090.5475	0.00079017
2	Bearing	5.396E-05	0.16354	0.83646	381.6712	0.00032995
Total		0.00011201	0.237008923	1.76299108	1472.2187	0.00112012
Rata-rata		5.6006E-05	0.118504462	0.88149554	736.109352	0.00056006



Gambar 4.25 Grafik laju kegagalan KMP. Satya Dharmma

Dari tabel 4.31 ~ tabel 4.34 dan gambar 4.32 ~ gambar 4.35 dapat diketahui bahwa pada motor induk kapal penyeberangan KMP. Adhi Swadarma III, KMP. Tenggiri, KMP. Citra Mandala Bahari komponen yang memiliki laju kegagalan tertinggi (failure rate) adalah injektor bahan bakar yaitu. dimana untuk komponen lain yang termasuk memiliki jumlah kegagalan yang tinggi cenderung konstan pada nilai 0.0001 ~ 0.001. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa injector bahan bakar merupakan komponen yang kritis dengan nilai MTTF (mean time to failure) / waktu rata-rata kegagalan yaitu sebesar 1000 jam operasi. Pada KMP. Satya Dharma nilai laju kegagalan tertinggi terdapat pada flexible coupling yang termasuk dalam system transmisi.

4.6.2 Analisa Perbandingan Laju Kegagalan Mesin Induk Kapal Penyeberangan.

Dari hasil pengolahan program Weibull ++ dengan memasukkan data time to failure (TTF) dari keseluruhan data mesin induk masing-masing kapal maka akan diketahui nilai distribusi yang sesuai, paramater dan nilai eveluasi keandalan serta nilai laju kegagalan.

Tabel 4.35

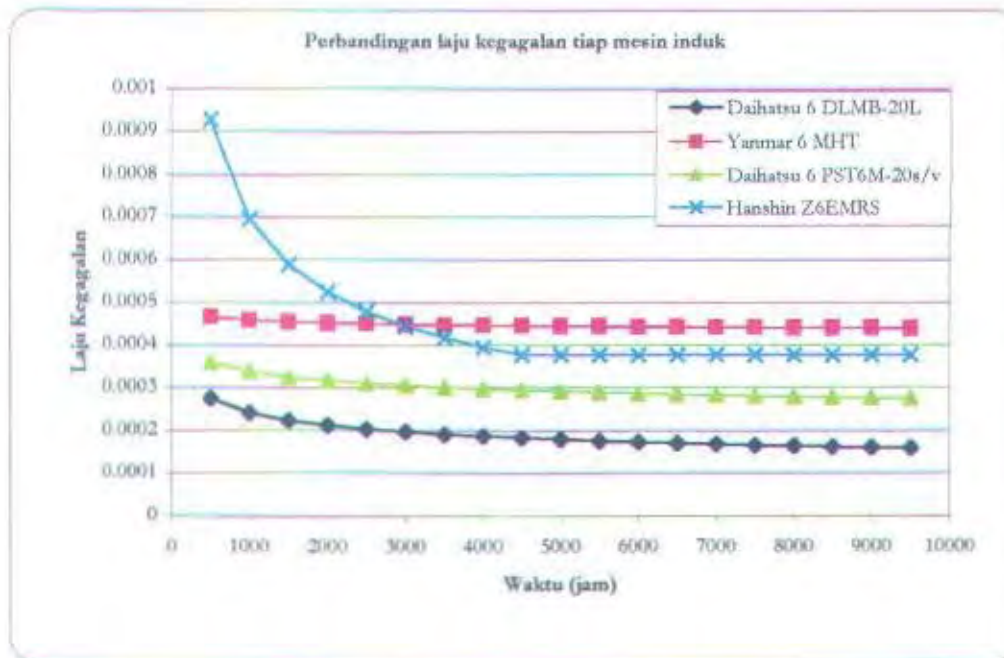
Nilai MLE untuk tiap distribusi yang diuji

No	Distribusi yg diuji	Nilai dari MLE untuk tiap distribusi yang sesuai							
		Daihatsu 6DLMB		Yanmar 6 MHT		Daihatsu PST		Hanshin Z 6	
		Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value	Rank	Likelihood Value
1	Eksponential (1 paramater)	3	-614.9844	4	-618.3401	3	-174.2452	4	-217.5166
2	Eksponential (2 paramater)	4	-620.8024	5	-628.9761	2	-171.7319	6	-227.776
3	Normal	6	-645.6679	6	-652.3965	5	-177.472	5	-236.2751
4	Lognormal	5	-620.7527	3	-620.4278	3	-173.3873	3	-213.8148
5	Weibull (2 parameter)	1	-614.4775	2	-616.1997	4	-173.1655	2	-213.8136
6	Weibull (3 parameter)	2	-615.2261	1	-615.8633	1	-172.2695	1	-210.1435

Tabel 4.36
 Nilai parameter distribusi dari tiap data TTF

Nilai dari parameter distribusi yang sesuai untuk tiap mesin induk kapal								
	Daihatsu 6DLMB		Yanmar		Daihatsu PST		Hanshin	
Distribusi	Weibull 2 parameter		Weibull 3 parameter		Weibull 3 parameter		Weibull 2 parameter	
Paramater	β	0.9097	β	0.8146	β	0.9828	β	0.5976
	η	2981.2935	η	4458.1966	η	2173.8653	η	787.3828
			γ	7.7888	γ	192.82	γ	20.26

Dari tabel 4.35 dan tabel 4.36 dapat diketahui nilai evaluasi keandalan dan laju kegagalan dari masing-masing mesin induk.



Gambar 4.26 Grafik perbandingan laju kegagalan dari empat mesin induk

Grafik diatas ini akan memperlihatkan perbandingan laju kegagalan dari tiap mesin induk yang diteliti melalui perhitungan sesuai dengan distribusi yang mengikutinya.

Dari gambar 4.26 dapat diketahui bahwa laju kegagalan mesin induk kapal penyeberangan yang diteliti memiliki nilai yang konstan. Hal ini menunjukkan bahwa mesin induk tersebut dalam kondisi useful life time. Nilai mean time to failure (MTTF) dari keempat mesin induk adalah 897.3934 ~ 4944.174 jam. Setelah 10.000 jam operasi laju kegagalan akan naik sampai masa aus jika tindakan perawatan tidak dilakukan secara terencana untuk mempertahankan kondisi mesin induk dalam useful life time. Dalam tugas akhir ditunjukkan bahwa laju kegagalan mesin induk kapal penyeberangan dari sample kapal yang diteliti berdasarkan batasan spesifikasi yang telah ditentukan dapat diketahui bahwa komponen kritis adalah injector bahan bakar, system kritis adalah system bahan bakar dan laju kegagalan dari tiap mesin induk cenderung konstan berdasarkan data yang telah diperoleh.

4.6.3 Analisa Ekonomis

Setiap peralatan yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari memiliki keterbatasan umur atau masa pakai sehingga apabila alat yang serupa masih dibutuhkan pada akhir masa pakainya maka diperlukan proses penggantian dengan alat serupa yang baru. Untuk mengetahui kapan akan dilakukan penggantian peralatan tersebut diperlukan analisa penggantian (replacement analysis). Analisa penggantian ditujukan untuk memberikan jawaban apakah suatu aset akan diganti saat ini atau depan. Jadi persoalan penentuan waktu penggantian adalah sasaran utama dalam analisa penggantian. Kriteria yang dipakai dalam mengambil keputusan pada penentuan waktu penggantian adalah biaya

ekuivalen tahunan (EUAC). Dalam analisa ekonomis ini akan dilakukan berdasarkan pendekatan biaya pengeluaran perawatan dan analisa pergantian karena biaya perawatan dengan menggunakan MTTF actual dan MTTF required. MTTF actual adalah rata-rata waktu kegagalan dari hasil pengamatan dan MTTF required adalah nilai rata-rata kegagalan dari hasil test akumulasi dari parameter distribusi.

4.6.3.1 Perbandingan Biaya Perawatan dengan Menggunakan Data MTTF

Dengan kenaikan laju kegagalan pada suatu sistem akan berdampak pada jadwal perawatan pada masing-masing komponen yang terpasang di dalamnya dan akan berdampak pada C_m (*cost of maintenance*) maka dalam analisa ekonomis ini akan dibandingkan

- Biaya perawatan yang menggunakan MTTF *actual*
- Biaya perawatan yang menggunakan MTTF *required*

1. Penentuan jumlah reparasi

$$Nr = \frac{\text{Jam operasi}}{MTTF}$$

dimana : Jam operasi per 1 tahun ; jam operasi dari mesin induk yang akan diteliti. Jam operasi untuk kapal penyeberangan 6000 jam / tahun.

Tabel 4.37 Perbandingan jumlah reparasi

No.	Motor Induk	MTTFac	Jam op.	Nr	MTTF req	Nr
1	Daihatzu 6 DLMB - 20L	3119.894	12000	3.84628	1707.691	7.0270324
2	Yanmar 6 MHT	4974.174	12000	2.41246	2003.267	5.9902156
3	Daihatzu 6 PST 6M - 20 s/v	2614.484	6000	2.29491	2478.484	2.4208347
4	Hanshin Z 6 E MRS	1597.393	6000	3.75612	4866.02	1.2330407

2. Penentuan biaya perbaikan / perawatan

$$Ck = \frac{\text{Biaya perawatan}}{\text{jumlah tetapan}}$$

dimana : Biaya perawatan diambil dari data pendekatan yang sudah ada di perusahaan transportasi yang diteliti.

Jumlah tetapan adalah variasi tergantung dari apa yang dihitung, diambil angka tetapan = 1

Tabel 4.38 Perbandingan biaya perawatan tiap perusahaan

No.	Nama Perusahaan	Biaya perawatan/tahun (juta rupiah)
1	PT. Adhiguna Putera Utama	80
2	PT. ASDP	100
3	PT. Jembatan Madura	100
4	PT. Dharma Lautan Utama	100

Dari tabel 4.37 dan tabel 4.38 dapat diketahui perbandingan jumlah pengeluaran biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk menjaga kondisi mesin induk. Dari analisa perawatan ini diketahui adanya hubungan antara nilai laju kegagalan dan interval perawatan yang dilakukan oleh tiap kapal. Contohnya adalah KMP. Adhi Swadarma III dengan jumlah perawatan yang relatif lebih tinggi akan menghasilkan laju kegagalan yang rendah sesuai dengan analisa laju kegagalan sebelumnya.

4.6.3.2 Analisa Penggantian karena Biaya Perawatan yang Berlebihan

Biaya perawatan biasanya naik dari waktu ke waktu karena tingkat kegagalan akan meningkat dengan bertambahnya masa pakai suatu mesin. Sebelum perawatan ini dilakukan, sebaiknya engineer melakukan analisa pergantian untuk menentukan apakah perawatan tersebut lebih menguntungkan dari alternatif lain, misalnya dengan mengganti dengan mesin baru.

a. *Defender* (mesin lama)

- Biaya overhaul mesin = x (juta rupiah)
- Sisa life time setelah diperbaiki = y (tahun)
- Biaya perawatan selama sisa life time per tahun = z (juta rupiah)

b. *Challenger* (mesin baru)

- Harga mesin baru = p (rupiah)
- Estimasi life time = q (tahun)
- Biaya perawatan per tahun = r (juta rupiah)

Diasumsikan nilai MARR = 12 ~ 13 % (tergantung nilai sekarang)

Kedua alternatif diatas dibandingkan berdasarkan biaya ekuivalensinya :

$$EUAC a = x \text{ juta } (A/P, i \%, y) + z \text{ juta (mesin lama)}$$

$$EUAC b = p \text{ juta } (A/P, i \%, q) + r \text{ juta (mesin baru)}$$

Tabel 4.39 Perbandingan biaya ekuivalen tahunan tiap mesin

No.	Motor Induk	x (juta Rp)	y (th)	z (juta Rp)	EUAC a	p (juta Rp)	q (th)	r (juta Rp)	EUAC b
1	Daihatzu 6 DLMB - 20L	30	4	50	59.876	300	15	40	83.92
2	Yanmar 6 MHT	30	3	60	72.489	300	15	40	83.92
3	Daihatzu 6 PST 6M - 20 s/v	30	3	60	72.489	300	15	40	83.92
4	Hanshin Z 6 E MRS	30	3	60	72.489	300	15	40	83.92

Dari hasil analisa sesuai nilai pada tabel 4.39 diatas maka perusahaan jasa transportasi penyeberangan yang memiliki kapal tersebut sebaiknya memperbaiki mesin yang ada dan mempertahankannya dalam kondisi useful life time. Dari analisa sebelumnya diketahui bahwa keempat mesin induk kapal penyeberangan tersebut berada pada useful life time (periode masa pakai efektif) karena memiliki laju kegagalan (failure rate) yang konstan. Dari analisa diatas perusahaan pemilik kapal akan memperoleh penghematan sebesar **Rp. 1.500.000,00 per tahun.**



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang diuraikan dalam analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan empiris (total failure / time) dapat diketahui bahwa mesin induk *Yanmar 6 MHT* memiliki laju kegagalan paling tinggi hal ini disebabkan karena jumlah kegagalan yang terjadi tinggi dan terjadi dalam durasi pengambilan data yang terbatas.
2. Untuk penilaian secara cumulative dari data yang diperoleh dapat diketahui komponen mesin induk yang sering mengalami kegagalan (hipotesa awal komponen kritis). Komponen tersebut adalah injector bahan bakar, flexible coupling, dan bearing (bantalan yaitu metal jalan dan metal duduk). Secara frekwensi kegagalan rata-rata diketahui bahwa kegagalan rata-rata terjadi pada flexible coupling. Hal ini disebabkan karena kebutuhan dari kapal penyeberangan terhadap manouvering kapal.
3. Bila kegagalan komponen diasumsikan terjadi per 500 jam operasi atau 1 bulan operasi kapal dapat diketahui bahwa system bahan bakar merupakan system dalam mesin induk kapal penyeberangan yang memiliki laju kegagalan (failure rate) tertinggi.

4. Dari perhitungan laju kegagalan tiap system diketahui bahwa untuk system transmisi didapatkan bahwa flexible coupling merupakan komponen yang mengalami laju kegagalan tertinggi; untuk system bahan bakar, injector merupakan komponen system yang mengalami laju kegagalan tertinggi; untuk system minyak pelumas, LO filter merupakan komponen system yang memiliki laju kegagalan tertinggi; untuk system pendingin, pompa air laut merupakan komponen system yang memiliki laju kegagalan tertinggi; untuk system gas buang, turbocharge merupakan komponen system yang memiliki laju kegagalan tertinggi; untuk system start, kompresor merupakan komponen system yang memiliki laju kegagalan tertinggi; untuk bagian dalam mesin, bantalan (metal jalan dan metal duduk) merupakan komponen system yang memiliki laju kegagalan tertinggi
5. Dari hasil analisa menggunakan program Weibull ++ melalui pendekatan analisa kualitatif yaitu dengan plot grafik (grafik unreliability, grafik reliability, grafik failure rate dan grafik probability density function) dan juga melalui pendekatan analisa numeric melalui perhitungan parameter dari hasil program weibull ++ untuk mengetahui nilai evaluasi keandalan yaitu nilai probability density function, reliability function, unreliability function, MTTF dan failure rate dimasukkan kedalam persamaan distribusi yang sesuai didapatkan hasil yang sama yaitu menunjukkan bahwa

5.2 Saran

1. Pengarsipan file maintenance record di perusahaan jasa transportasi penyeberangan Ujung-Kamal kurang terorganisir dengan baik. Arsip data untuk maintenance dan repair peralatan tidak dikelola dengan baik dan data yang ada hanya maksimal 2 tahun operasi. Hal ini menyulitkan teknisi dan perusahaan dalam melakukan maintenance dan repair engine. Penulis menyarankan agar devisi armada meningkatkan pendataan sehingga bila terjadi kerusakan sewaktu-waktu dapat dianalisa dan diperbaiki.
2. Perlunya peningkatan sumber daya manusia di kapal-kapal penyeberangan karena dengan tingkat SDM yang tinggi maka akan dapat menekan biaya perawatan dan menjaga kondisi kapal dalam keadaan yang baik.
3. Untuk analisa laju kegagalan atau evaluasi system rekayasa keandalan yang lain penulis menyarankan untuk memperoleh data yang cukup, karena dengan data yang cukup banyak maka sistem keandalan terpenuhi.



LAMPIRAN

Cipta Karya

LAMPIRAN A.1

DATA NAMA PERUSAHAAN DAN ARMADA KAPAL YANG DIMILIKI

PT. JEMBATAN MADURA

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	H	d	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Bahari Nusantara	50.60	47.25	10.35	3.20	2.40	Crossly	HGN - 4/V	2 X 380	340	1959
KMP. Citra Mandala Sakti	48.94	42.91	12.40	3.40	2.28	Hanshin	Z 6 MRZ	2 X 480	400	1997
KMP. Citra Mandala Bahari	43.00	39.36	11.00	3.30	2.30	Daihatsu	6 PST 6M - 20 S/V	2 X 350	720	1975
KMP. Satria Nusantara	54.52	51.82	14.00	3.60	2.80	Makita	GNLH 627/V	2 X 1000	390	1984
KMP. Selat Madura I	37.60	29.76	10.02	2.66	1.98	Deutz	F8L413F/V	2 X 182	2000	1980
KMP. Selat Madura II	37.60	29.76	10.02	2.66	1.98	Deutz	F8L413F/V	2 X 182	2000	1980

PT. DHARMA LAUTAN UTAMA

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	T	Vs	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Jokotole	34.50	29.94	9.00	1.30	8.00	Yanmar	6 KDE	2 X 165	1450	1976
KMP. Setya Dharma	43.95	42.90	12.40	2.30	10.00	Hanshin	Z 6 E MRS	2 X 450	400	1976
KMP. Niaga Ferry I	46.00	37.44	12.40	1.90	8.00	MWM	TBD 234 V 8	2 X 430	-	1986
KMP. Potre Koneng	33.50	32.00	13.60	2.25	8.00	Boudouin	12 P 15 M	2 X 480	1800	1980
KMP. Dharma Ferry	37.00	35.50	15.00	1.85	8.00	Yanmar	8 LAADTE	2 X 530	1800	1980

PT. Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (PT. ASDP)

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	T	Vs	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Tenggiri	41.20	35.29	10.22	1.97	7.00	Yanmar	6 MHT	2 X 370	750	1972
KMP. Tongkol	40.90	36.74	10.20	2.90	7.00	Yanmar	6 MHT	2 X 300	760	1970

PT. ADHIGUNA PUTERA UTAMA

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	T	Vs	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Adhiswadarma	38.28	33.80	11.90	3.80	11.00	Daihatzu	6 DLMB-20L	2 x 550	750	1984

PT. PEWETE BAHTERA KENCANA

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	T	Vs	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Banyu Mas	39.34	-	11.70	3.60	10.00	Yanmar	T 260-8T	1 x 1000	1200	1985
KMP. Tongkol	49.07	42.97	10.38	3.20	8.00	Croosley	BGN-4	2 X 380	400	1980

PT. SINDU UTAMA BAHARI

Nama Kapal	Principal Dimention					Motor Induk				
	Loa	Lpp	B	T	Vs	Merk	Type/model	Daya	Rpm	Th. Pemb.
KMP. Niaga Ferry II	46.00	37.44	12.40	1.90	8.00	MWM	TBD 234 V 8	2 X 430	-	1986

Dermaga III																															
Nomor	Tanggal																														Keterangan
	Urut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
1	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	A. Citra Mandala Sakti
2	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	B. Bahari Nusantara
3	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	C. Marina Pratama	
4	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D	D	E	E	F	F	D. Satya Dharma	
5	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	E. Adhi Swadarma III	
6	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F. Satria Nusantara	

CATATAN

- Kapal yang no. urut A B C start dari Ujung
- Kapal yang no. urut D E F start dari Kamal
- Nomor urut 1 start dari Ujung jam 06.00
- Nomor urut 2 start dari Ujung jam 06.24
- Nomor urut 3 start dari Kamal jam 05.36
- Nomor urut 4 start dari Kamal jam 06.00
- Nomor urut 5 kapal istirahat di Ujung
- Nomor urut 6 kapal istirahat di Kamal

LAMPIRAN A.3

Data Spesifikasi Teknis Kapal Penyeberangan Ujung – Kamal yang Dianalisa

Kapal Data Umum	KMP. Adhi Swadarma III	KMP. Tenggiri	KMP. Citra M Bahari	KMP. Setya Dharma
Tahun Operasi	1997	2000	2000	1997
Vs (knots)	11	9	10	10
Pemilik Kapal	PT. Adhiguna Putera Utama	PT. ASDP	PT. Jembatan Madura	PT. Dharma Lautan Utama
Galangan Pembangun	Yamanaca Ship Building - Japan	Yokohama (Matzura Iron)-Japan	Hitachi Zosen - Japan	Hitachi Zosen - Japan
Dimensi Utama				
Loa (m)	38.28	41.20	43.00	44.95
Lpp (m)	33.80	35.29	39.36	42.90
B (m)	11.90	10.22	11.00	12.40
H (m)			3.30	
T (m)	3.80	1.95	2.30	2.30
Motor Induk				
Pembuat Mesin	Daihatsu Diesel Co. Ltd	Yanmar Diesel Co. Ltd	Daihatsu Diesel Co. Ltd	Hanshin Diesel Co. Ltd
Type	Daihatsu 6 DLMB - 20L	Yanmar 6 MHT	Daihatsu 6 PST 8M-20 s/v	Hanshin Z. 6 E MRS
Tahun pembuatan	1984	1972	1980	1964
cycle (tak)	4	4	4	4
RPM	750	750	720	400
Silinder	6	6	6	6
Daya	2 x 550	2 x 370	2 x 350	2 x 450

No	No. ID	Komponen	Start	Down	Start Perbaikan	Akhir Perbaikan	Hari Operasi	Jam operasi	Hari Perbaikan	Jam perbaikan	Deskripsi perawatan dan perbaikan
Fuel Oil System											
1	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	8/2/97	10/13/97	0	0	71	1704	0	0	High pressure pipe injector ME/s no. 6
2	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	10/13/97	10/20/97	0	0	7	156	0	0	Fuel injector ME/s cyl. No. 1 siluk
3	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	10/20/97	5/24/99	0	0	5/74	137/6	0	0	Servis dan ganti injector no. 4 ME/s
4	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	5/24/99	9/3/99	0	0	99	23/6	0	0	Ganti nozzle ME/s 2 buah
5	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	9/3/99	6/11/00	0	0	276	66/72	0	0	1 seal injector ME/s no. 3, 5, 6
6	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	6/11/00	11/2/00	0	0	141	309/4	0	0	Test injector ME/p no. 5
7	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	11/2/00	11/23/00	0	0	21	504	0	0	1 seal dan ganti nozzle ME/p no. 3, 4, 6
8	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	11/23/00	12/5/00	0	0	12	286	0	0	Ganti nozzle ME/p no. 4, 5
9	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	12/5/00	1/7/01	0	0	32	798	0	0	Ganti nozzle ME/p no. 2, 3
10	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	1/7/01	1/28/01	0	0	21	504	0	0	Ganti seal pipa injector ME/p no. 6
11	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	1/28/01	3/27/01	0	0	59	1416	0	0	Ganti nozzle ME/p 2 buah
12	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	3/27/01	3/28/01	0	0	1	24	0	0	Ganti baru seal pipa injector ME p/s 24 biji
13	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	3/28/01	6/13/02	0	0	435	10440	0	0	Ganti 6 buah seal ortng pipa injector ME/p
14	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	6/13/02	6/23/02	0	0	10	240	0	0	Bongkar injector ME p/s
15	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	6/23/02	8/6/02	0	0	42	1008	0	0	Bongkar injector ME/p no. 6 bohor
16	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	8/6/02	9/10/02	0	0	35	840	0	0	Ganti nozzle ME/s 2 buah
17	1/1	Injector dan nozzle bahan bakar	9/10/02	10/30/02	0	0	50	1200	0	0	1 seal injector ME/p no. 6

Boschpump											
1	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	12/2/99	1/3/00	0	0	31	744	0	0	Ganti timing Bosch pump ME p/s
2	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	1/3/00	5/25/00	0	0	52	1248	0	0	Ganti ring bosch pump ME p
3	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	5/25/00	6/11/00	0	0	106	2544	0	0	Overhaul boschpump cyl. no. 3 ganti p/lyer ME/s
4	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	6/11/00	7/25/00	0	0	44	1056	0	0	Ganti p/lyer bosch pump 3 sil ME/s no. 3, 4, 6
5	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	7/25/00	7/27/00	0	0	2	48	0	0	Ganti p/lyer bosch pump ME/p no. 5
6	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	7/27/00	10/6/00	0	0	72	1728	0	0	Ganti delivery valve & p/lyer ME/s no. 5
7	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	10/6/00	11/27/00	0	0	29	682	0	0	Bongkar & ganti p/lyer ME/p
8	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	11/27/00	11/6/00	0	0	6	144	0	0	filter fuel bosch pump ME/p
9	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	11/6/00	3/26/01	0	0	130	3072	0	0	Service bosch pump ME/p no. 6
10	1/1	Pompa bahan bakar (boschpump)	3/26/01	3/27/01	0	0	1	24	0	0	Ganti bosch pump ME/p no. 1 toker set
11	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	3/27/01	6/2/01	0	0	91	2164	0	0	Ganti ring bosch pump ME/p no. 2, 3
12	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	6/2/01	6/2/01	0	0	64	1536	0	0	Bongkar & ganti p/lyer ME/p
13	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	6/2/01	2/15/02	0	0	163	3912	0	0	Overhaul boschpump cyl. No. 6 ganti p/lyer ME/s
14	1/1	Pompa bahan bakar (bosch pump)	2/15/02	4/25/02	0	0	20	480	0	0	Bongkar & ganti p/lyer ME/p

Fuel filter & separator											
1	1/1	Fuel filter & separator	3/23/99	3/1/00	0	0	40	960	0	0	Perbaikan filter ME/s, perbaikan seal overhaul
2	1/1	Fuel filter & separator	2/1/00	5/6/00	0	0	35	840	0	0	Perbaikan filter ME/s, perbaikan seal overhaul
3	1/1	Fuel filter & separator	5/6/00	12/25/01	0	0	201	5244	0	0	Ganti filter bahan bakar cyl. no. 3 ME/s
4	1/1	Fuel filter & separator	12/25/00	4/10/01	0	0	105	2604	0	0	Cek dan overhaul filter PD ME P. 5
5	1/1	Fuel filter & separator	4/10/01	5/7/02	0	0	37	948	0	0	Perbaikan dan ganti filter PD ME/s no. 1, 5

Sistem Transmisi											
1	2/1	Flange coupling	10/4/99	4/26/99	0	0	204	4896	0	0	Flange coupling ME/s rusak 7 buah ganti 7 buah
2	2/1	Flange coupling	4/26/99	3/6/99	0	0	8	192	0	0	Flange coupling ME/s rusak 4 buah ganti 4 buah
3	2/1	Flange coupling	3/6/99	6/17/99	0	0	6	144	0	0	Flange coupling ME/s rusak 2 buah
4	2/1	Flange coupling	6/17/99	6/16/99	0	0	11	264	0	0	Flange coupling ME/s rusak 1 buah

5	2/1	Flexible Coupling	5/18/99	6/14/99	0	0	26	904	0	0	Flexible coupling ME p ganti 1 buah
6	2/1	Flexible Coupling	6/14/99	7/5/99	0	0	21	904	0	0	Flexible coupling ME p ganti 7 buah
7	2/1	Flexible Coupling	7/5/99	11/23/00	0	0	498	11852	0	0	Flexible coupling ME's ganti 5 buah
8	2/1	Flexible Coupling	11/23/00	1/20/01	0	0	57	1395	0	0	Flexible coupling ME p putus
9	2/1	Flexible Coupling	1/20/01	4/28/01	0	0	85	2302	0	0	Terdengar bunyi pada flexible coupling
10	2/1	Flexible Coupling	4/28/01	5/16/02	0	0	378	9072	0	0	Ganti flexible coupling roda gigi ME p

3	Sistem Start										
1		Kompresor	1/28/98	8/15/98	0	0	157	1068	0	0	Perbaikan regulator udara botol angin
2		Kompresor	6/15/99	10/1/99	0	0	106	2544	0	0	Cabut klep tekan kompresor II utk diukur
3		Kompresor	10/1/99	4/28/99	0	0	207	4995	0	0	Ganti baut zinc anode kompresor III
4		Kompresor	4/28/99	5/3/99	0	0	55	2760	0	0	Ganti pegas katup kompresor no 2
5		Kompresor	8/3/99	7/28/00	0	0	355	8520	0	0	Kompresor no II tidak berfungsi
6		Kompresor	7/28/00	5/3/01	0	0	275	6600	0	0	Cabut cap cyl kompresor (ganti packing)
7		Kompresor	5/3/01	10/12/01	0	0	159	3816	0	0	Bongkar pompa kompresor no II
8		Kompresor	10/12/01	3/7/02	0	0	145	3480	0	0	Kompresor no II tidak berfungsi

4	Sistem gas buang										
1	4/1	Manifold gas buang	12/21/99	5/22/00	0	0	151	3624	0	0	Ganti flexible exhaust gas ME p
2	4/1	Manifold gas buang	5/22/00	12/15/00	0	0	203	4872	0	0	Ganti manifold ME p
3	4/1	Manifold gas buang	12/15/00	3/20/01	0	0	95	2280	0	0	Buka manifold ME pis
4	4/1	Manifold gas buang	3/20/01	6/23/02	0	0	453	10872	0	0	Flexible manifold exhaust gas no 1 bocor
5	4/1	Manifold gas buang	6/23/02	7/30/02	0	0	37	888	0	0	Ganti manifold ME p
6	4/1	Manifold gas buang	7/30/02	9/10/02	0	0	40	960	0	0	Flexible manifold exhaust gas no 1 bocor

1		LO filter	1/23/99	3/31/00	0	0	116	2832	0	0	Cuci filter LO ME pis
2		LO filter	3/31/00	1/28/01	0	0	298	7162	0	0	Cuci filter LO ME pis
3		LO filter	1/28/01	3/23/01	0	0	55	1320	0	0	Cuci filter LO ME pis
4		LO filter	3/23/01	9/7/01	0	0	164	3936	0	0	Cuci filter LO ME pis

1		LO Cooler	1/28/99	8/5/00	0	0	158	3744	0	0	Ganti rimes packing LO cooler ME p/s
2		LO Cooler	8/5/00	1/7/01	0	0	212	5088	0	0	Ganti LO cooler pada rocker arm ME p
3		LO Cooler	1/7/01	3/23/01	0	0	76	1824	0	0	Cleaning LO cooler ME pis dan intercooler
4		LO Cooler	3/23/01	8/12/02	0	0	439	10536	0	0	Cleaning LO cooler ME pis dan intercooler

Data TTF dan TTR KMP. TENGGIRI

		TURBOCHARGE									
1		Turbocharge	12/29/99	6/25/00	0	0	178	4224	0	0	Bongkar turbo ME I bearing pecah, nok pompa
2		Turbocharge	8/25/00	10/24/00	0	0	119	2856	0	0	Bongkar turbo ME I bearing pecah, nok pompa
3		Turbocharge	12/29/99	10/26/00	0	0	297	7128	0	0	Ganti dexam turbo
4		Turbocharge	10/26/00	10/18/01	0	0	352	8448	0	0	Saringan turbo bocor
5		Turbocharge	10/24/00	10/19/01	0	0	355	8520	0	0	Turbo bocor pd pipa pendingin
6		Turbocharge	12/29/99	10/24/01	0	0	885	18720	0	0	Baut kepala pipa pendingin turbo rusak
7		Turbocharge	10/19/01	1/20/01	0	0	72	1728	0	0	Turbo bocor pd pipa pendingin
8		Turbocharge	12/31/01	1/7/02	0	0	7	168	0	0	Turbo bocor pd pipa pendingin
9		Turbocharge	10/24/00	4/1/02	0	0	517	12408	0	0	Saringan turbo bocor
10		Turbocharge	12/31/01	4/4/02	0	0	54	1296	0	0	Rangkaian turbo ME I bearing pecah, nok pompa
11		Turbocharge	10/24/00	6/13/02	0	0	589	14136	0	0	Turbo bocor pd pipa pendingin
12		Turbocharge	10/28/00	8/23/02	0	0	597	14328	0	0	Ganti dexam turbo

3	injektor bahan bakar	12/16/01	11/17/02	0	0	29	666	0	0	0	0	0	0	Stel tekanan injektor
4	injektor bahan bakar	17/1/02	3/29/07	0	0	81	1944	0	0	0	0	0	0	Stel tekanan injektor
5	injektor bahan bakar	3/29/02	5/3/02	0	0	35	860	0	0	0	0	0	0	Stel tekanan injektor

LO Carter														
1	LO Carter	4/18/00	8/7/00	0	0	39	946	0	0	0	0	0	0	Bersihkan LO carter
2	LO Carter	6/1/00	1/28/01	0	0	540	13564	0	0	0	0	0	0	Bersihkan LO carter
3	LO Carter	1/2/00	1/7/02	0	0	29	698	0	0	0	0	0	0	Ganti LO carter ME p
4	LO Carter	1/7/02	3/24/02	0	0	27	698	0	0	0	0	0	0	Kabocikan LO carter ME s
5	LO Carter	3/24/02	5/16/02	0	0	51	1254	0	0	0	0	0	0	Bersihkan LO carter
6	LO Carter	5/16/02	7/2/02	0	0	43	1128	0	0	0	0	0	0	Bersihkan LO carter
7	LO Carter	7/2/02	5/10/02	0	0	68	1652	0	0	0	0	0	0	Ganti LO carter ME p

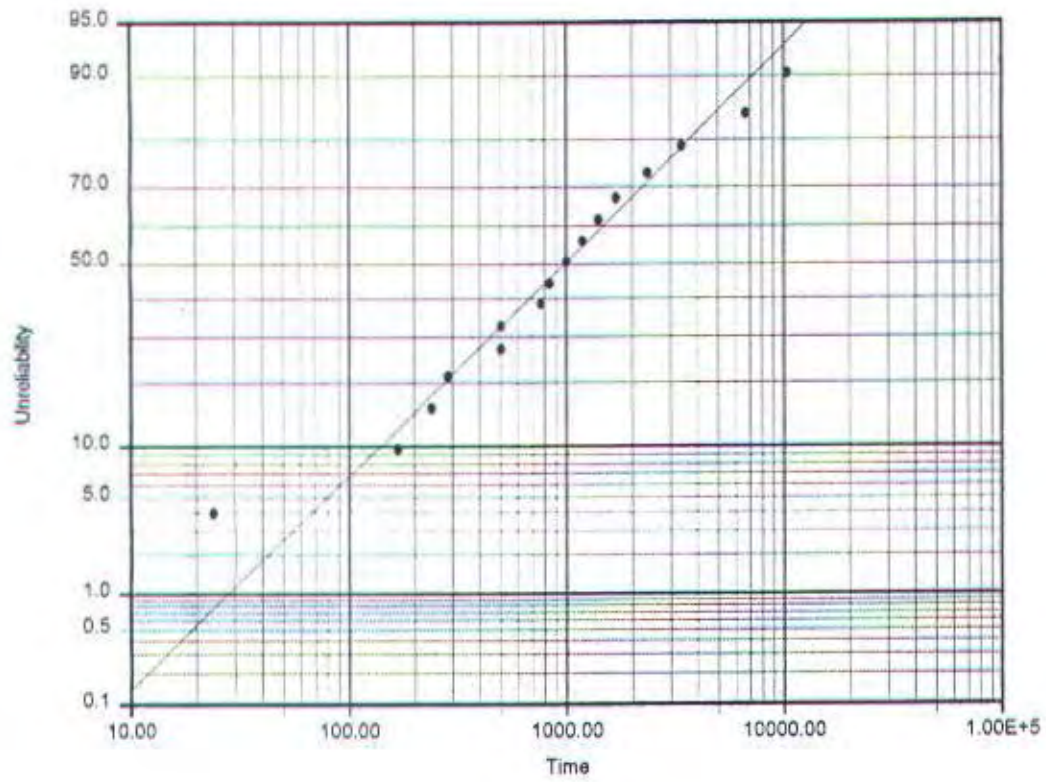
DATA TTF dan TTR MESIN INDUK KMP- CITRA MANDALA BAHARI

injektor bahan bakar (fuel oil injector)														
1	injektor	1/2/0/00	2/22/01	2/22/01	2/22/01	79	1939	0	0	0	0	0	0	ME s siap gas buang tinggi & tinggi tinggi, cairan dari besi tekanan injektor cylinder no 1 - 8
2	injektor dan nozzle	2/22/01	3/29/01	3/22/01	3/22/01	35	864	1	24	0	0	0	24	Nozzle injektor cyl no 1,4,8 rusak, cairan dari gasbu, cyl head ME & distributor dari karat dan terd injektor
3	Terjadi kebocoran air pendingin masuk ke kompartemen ME s	3/29/01	7/14/01	7/14/01	7/14/01	106	2644	0	0	0	0	0	0	Perawatan injektor ME s
4	Cover injektor ME s rusak	7/14/01	8/4/01	8/4/01	8/4/01	20	480	0	0	0	0	0	0	Isi injektor dari silinder
5	Tidak ada nomor di cyl no 2 ME s	6/4/01	8/28/01	9/28/01	9/28/01	65	1320	1	24	0	0	0	24	Cairan bersihkan saluran dari sil injektor
6	Cover injektor ME rusak	8/4/01	9/28/01	8/4/01	11/13/01	05	1320	0	0	0	0	0	23/16	

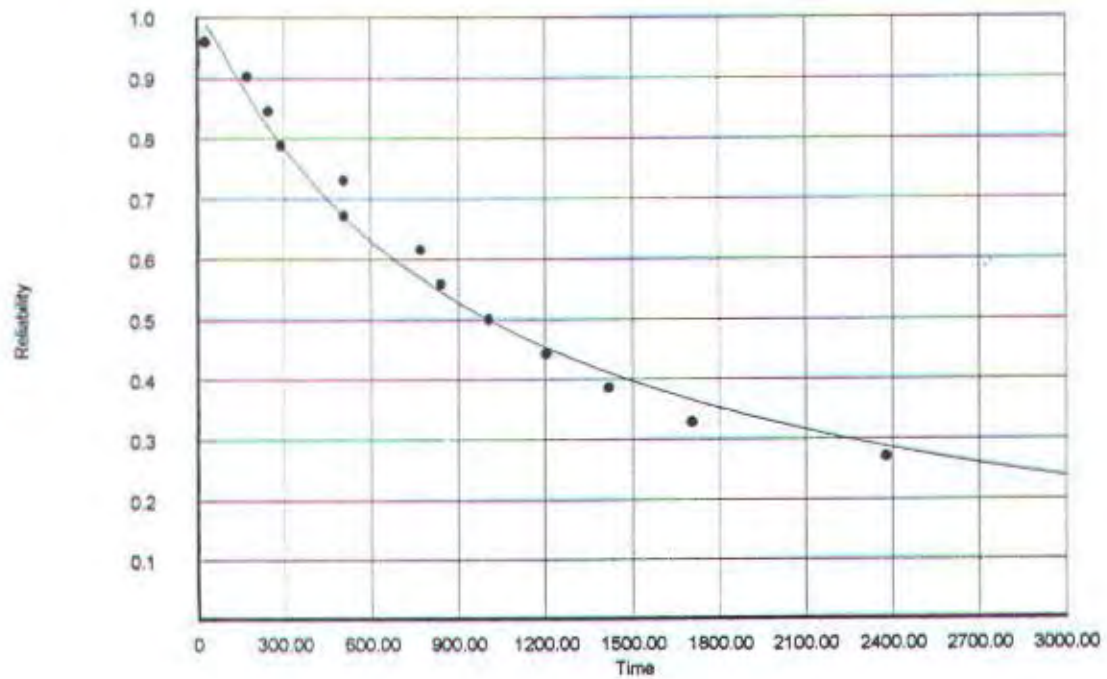
Roda gila, gear box dan flexible coupling														
1	Karet kopie roda gila ME s pd gear box pada handle coupling gear box ME s tidak bisa tr	12/3/00	5/18/01	5/18/01	7/22/01	185	3990	7	168	0	0	0	168	Ganti karet kopie dan baut pemekan fly wheel
2	Karet kopie gear box ME s rusak semua	5/18/01	7/22/01	7/22/01	7/23/01	64	1538	1	24	0	0	0	24	Buat handle kopling ME s, ganti seal & ring hembaga
3	Karet kopie antara roda gila & gear box ME	7/22/01	1/2/02	1/2/02	1/22/02	190	3940	0	0	0	0	0	0	Ganti baru karet kopie gear box ME I
4	Karet copie antara roda gila & gear box ME	1/2/02	1/21/02	1/21/02	1/22/02	19	456	1	24	0	0	0	24	Ganti baru karet kopie gear box ME I
5	Karet copie antara roda gila & gear box ME	1/21/02	2/2/02	2/2/02	2/2/02	11	264	0	0	0	0	0	0	Ganti baru karet kopie gear box ME I
6	Karet copie antara roda gila & gear box ME	2/2/02	2/19/02	2/19/02	2/19/02	17	408	0	0	0	0	0	0	Ganti baru karet kopie gear box ME I
LO cooler														
1	ring oli setelah di cooler ke carter ME p & T ek. Oli ME s turun dan berakumulasi di an upper	12/3/00	2/2/01	2/2/01	2/2/01	59	1410	0	0	0	0	0	0	Perawatan oli seluruh di carter ME II ring cooler
2	Penyakit oli cooler ME p bocor	2/2/01	8/24/01	8/24/01	8/24/01	232	4818	7	168	0	0	0	168	Perawatan filter oli cooler LO gear seluruh di carter
3	Terjadi oli ME s ke dalam 2-2-2 Agilent ME s di	2/2/01	4/21/01	4/21/01	4/21/01	79	1896	0	0	0	0	0	0	Ganti gasket LO cooler
4		8/24/01	5/19/02	5/19/02	5/31/02	264	6336	13	312	0	0	0	312	Cuci semua filter & tepas pipe ke carter (baru)

Cylinder Head														
1	Terjadi kebocoran air pendingin masuk ke k	2/29/01	7/14/01	7/14/01	7/14/01	138	3396	0	0	0	0	0	0	Cairan cyl head ME s no 1, dibersihkan dari karat
2	ME p cyl no 1 setelah keep etiel pecerit & hasil workings diing kualitas bengkok, keep buking berongka, setelah keep niet pecerit	2/29/01	4/9/01	4/9/01	4/9/01	46	960	0	0	0	0	0	0	Cairan cyl head ME p di no 1 dan diganti baru
3	Tidak ada nomor di ME s cyl no 2	7/14/01	8/28/01	8/28/01	8/30/01	75	1800	1	24	0	0	0	24	Cairan cyl head no 2 ME s setelah di valve carter
4	Me p cyl no 1 setelah keep etiel pecerit	4/9/01	11/13/01	11/13/01	11/13/01	218	4512	0	0	0	0	0	0	Cairan cyl head ME s no 1, ganti ring terbagas cyl head

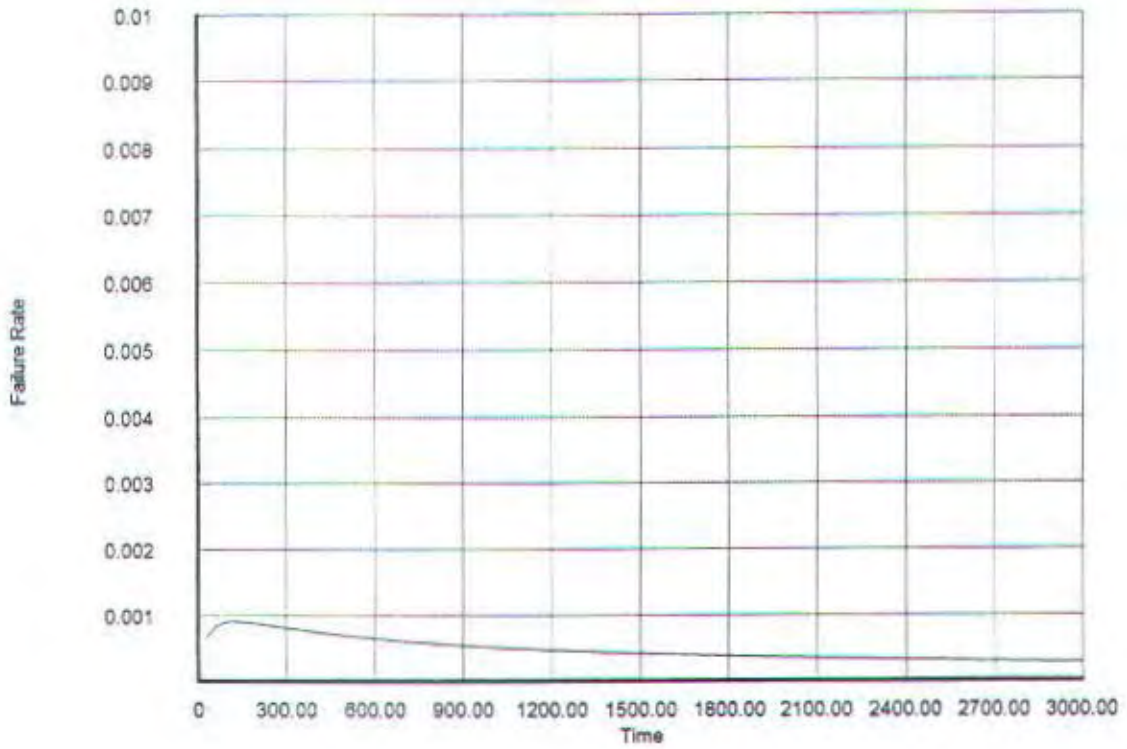
1. Injector KMP. Adhi Swadarma III



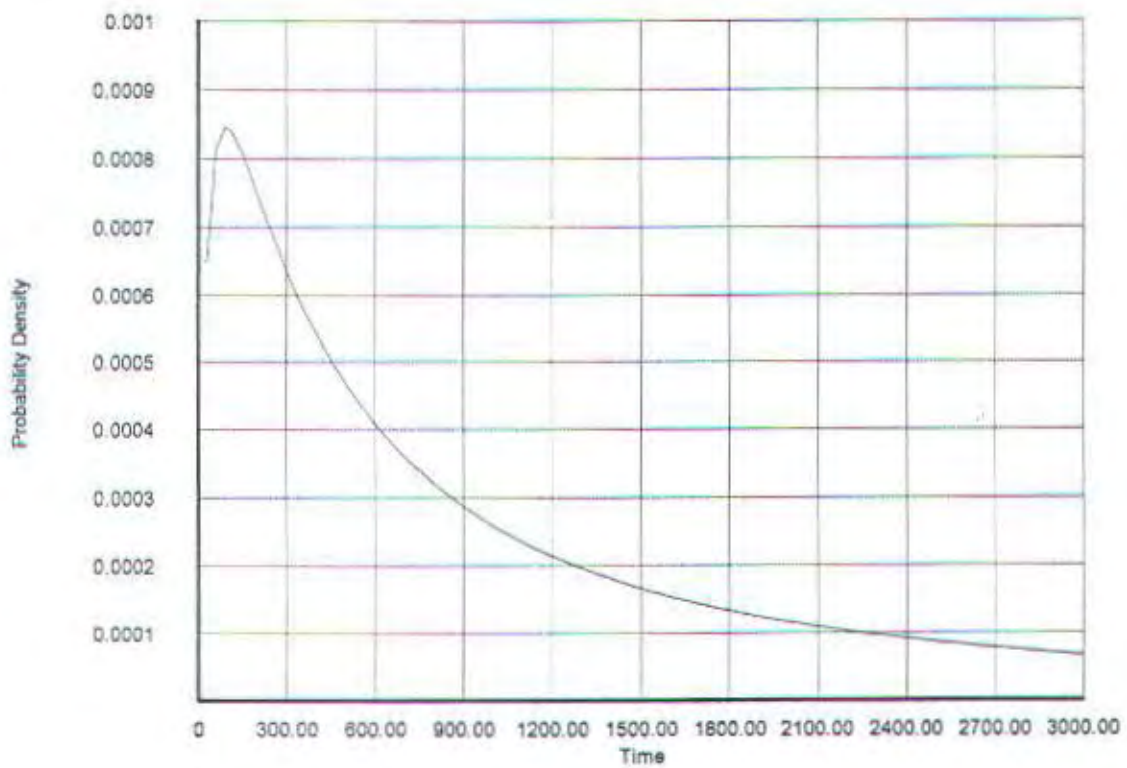
Gambar C.1a. Unreliability function



Gambar C.1b. Reliability function

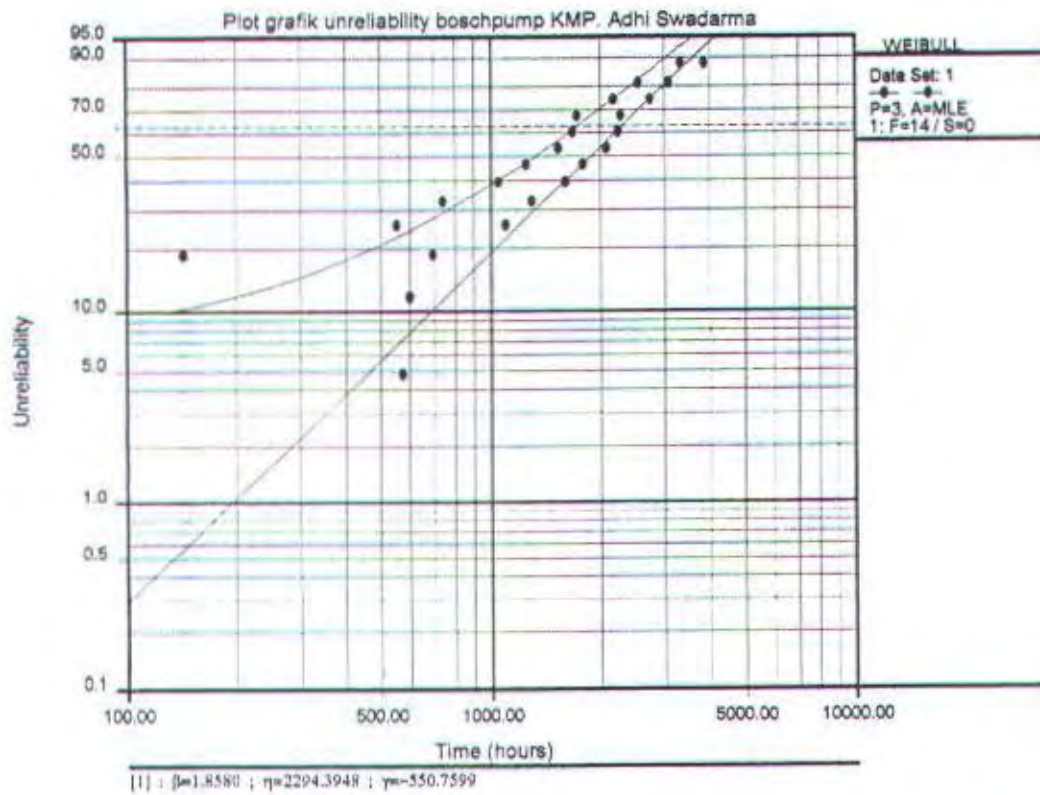


Gambar C.1c. Failure rate function

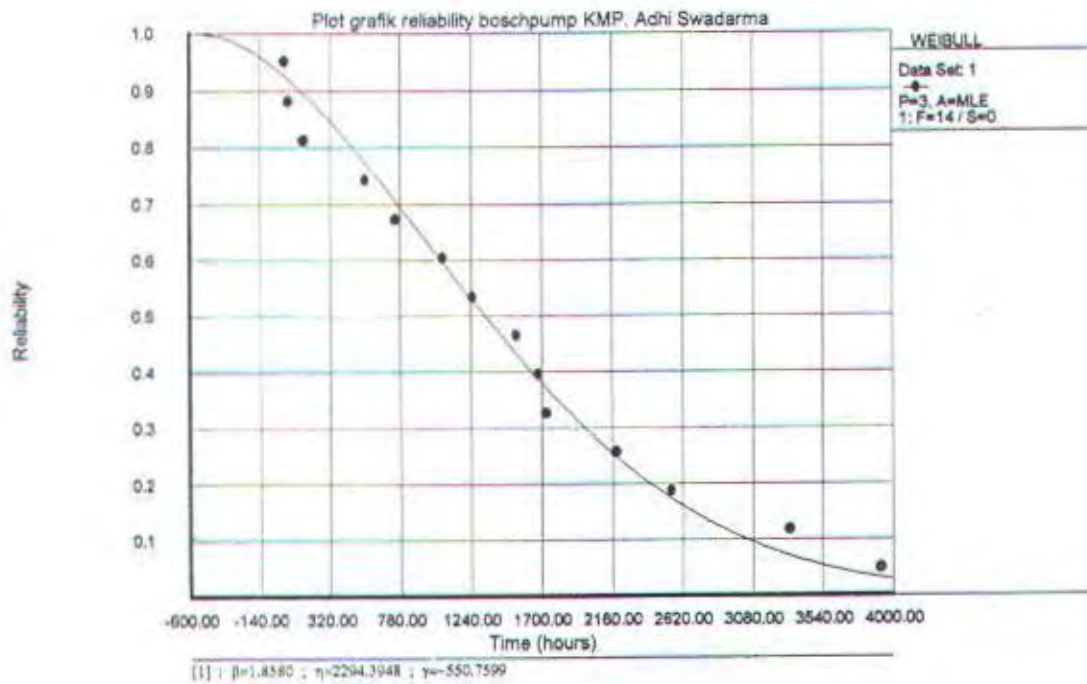


Gambar C.1d. Probability density function

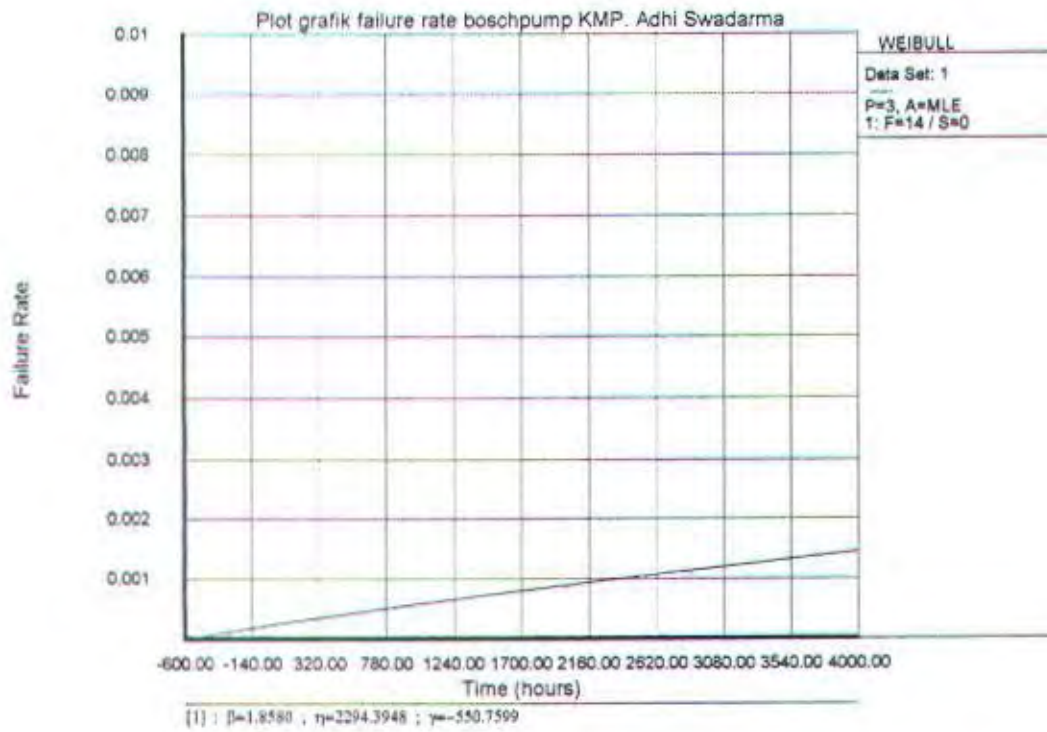
2. Boshpump KMP. Adhi Swadarma III



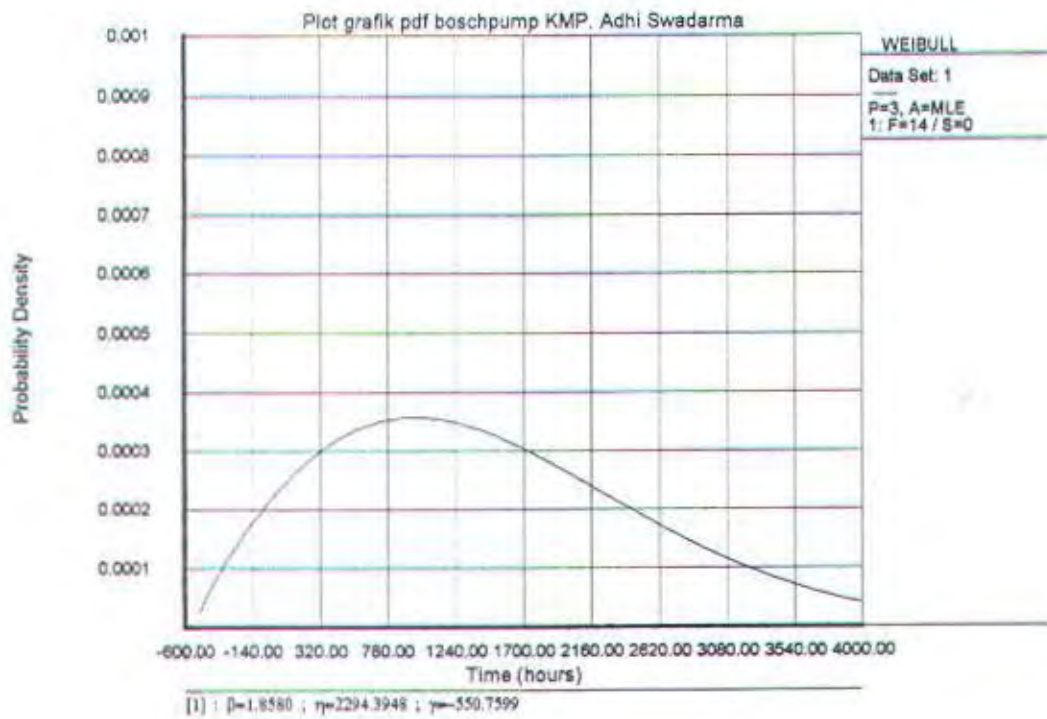
Gambar C.2a. Unreliability function



Gambar C.2b. Reliability function

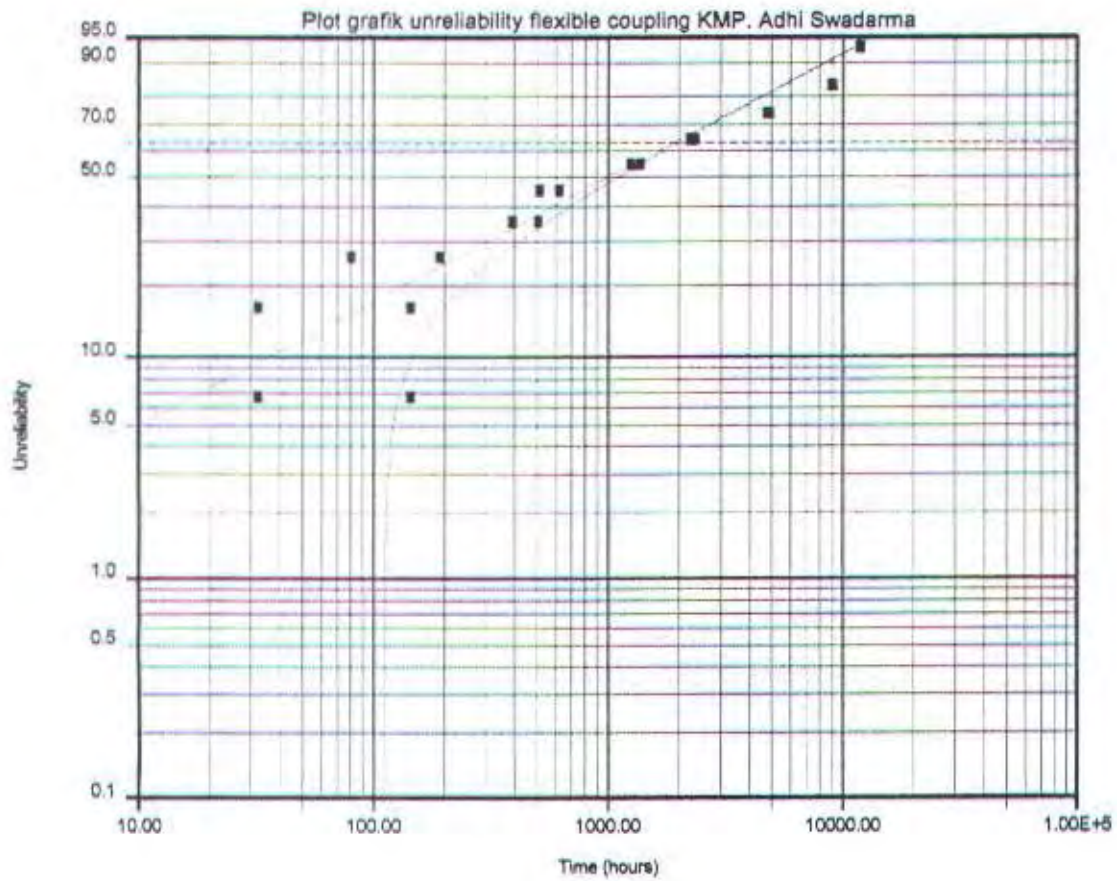


Gambar C.2c. Failure rate function

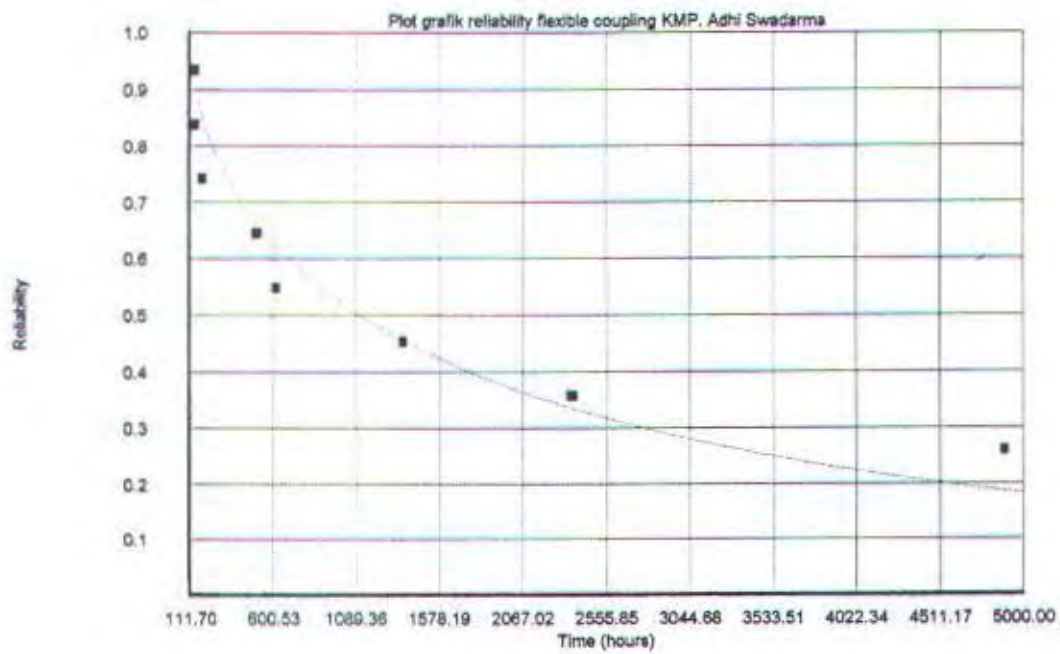


Gambar C.2d. Probability density function

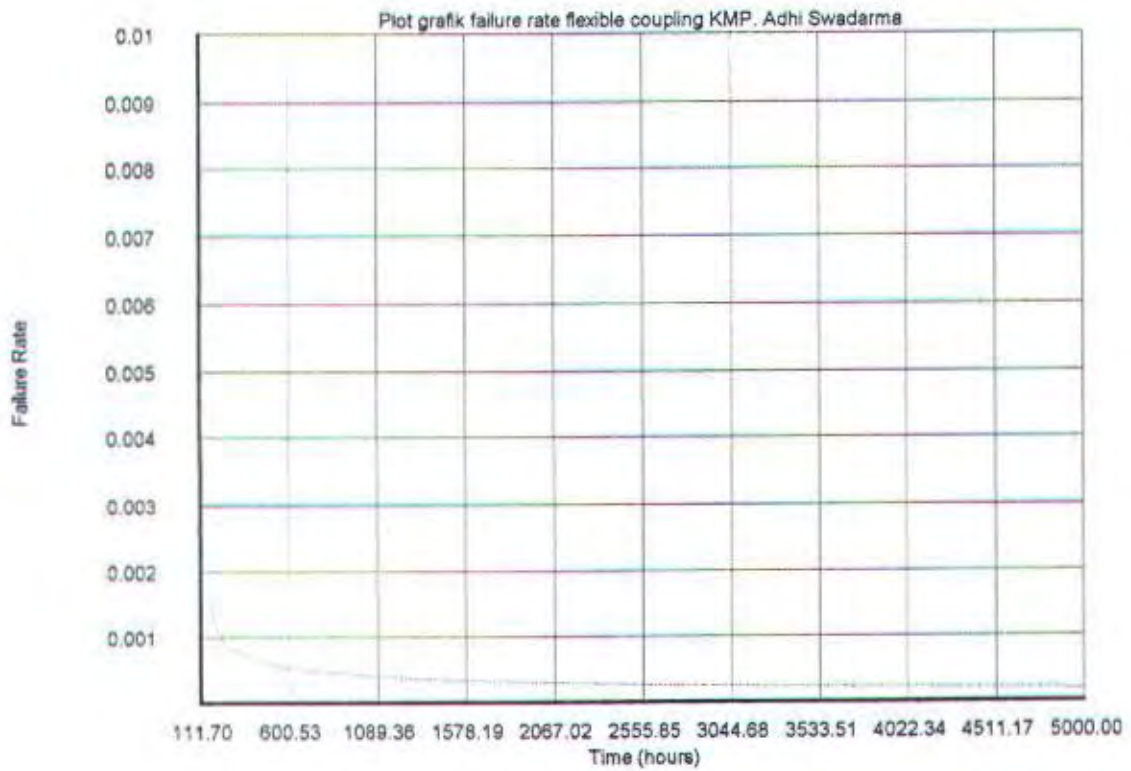
3. Flexible coupling KMP. Adhi Swadarma



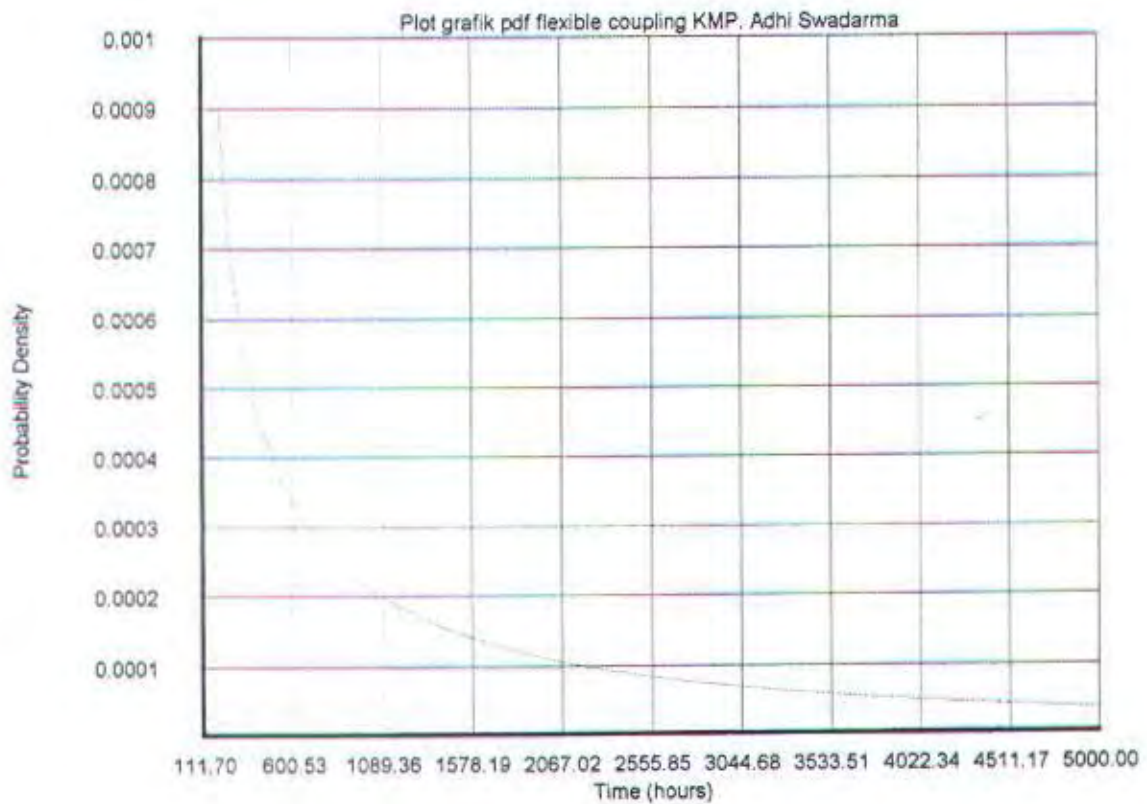
Gambar C.3a. Unreliability function



Gambar C.3b. Reliability function

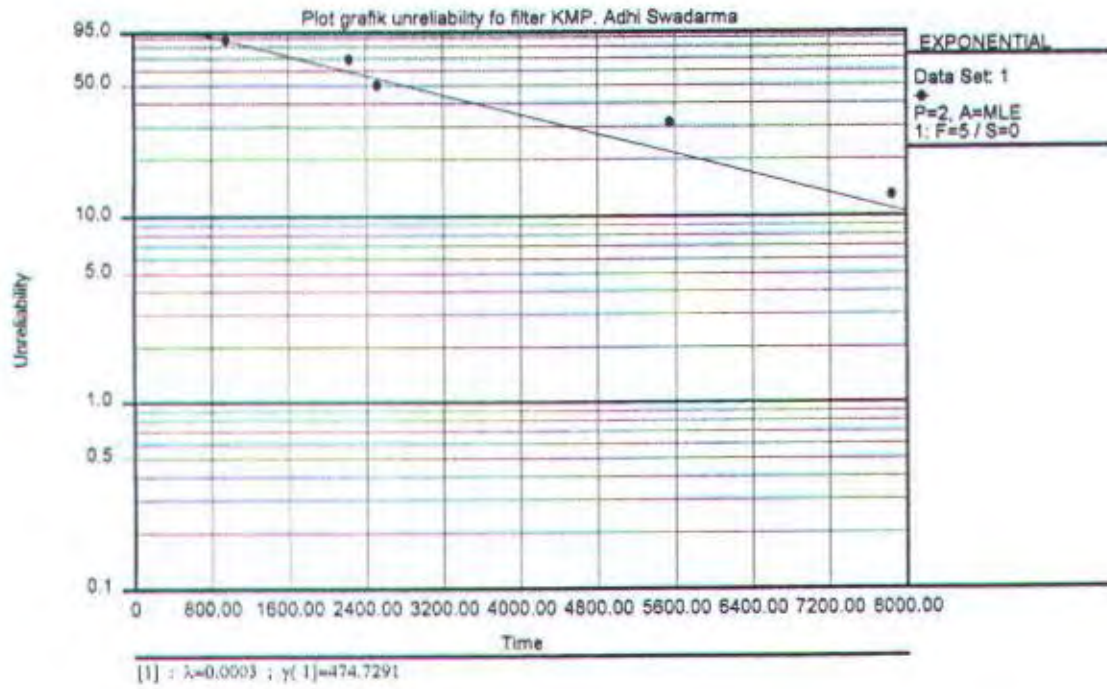


Gambar C.3c. Failure rate function

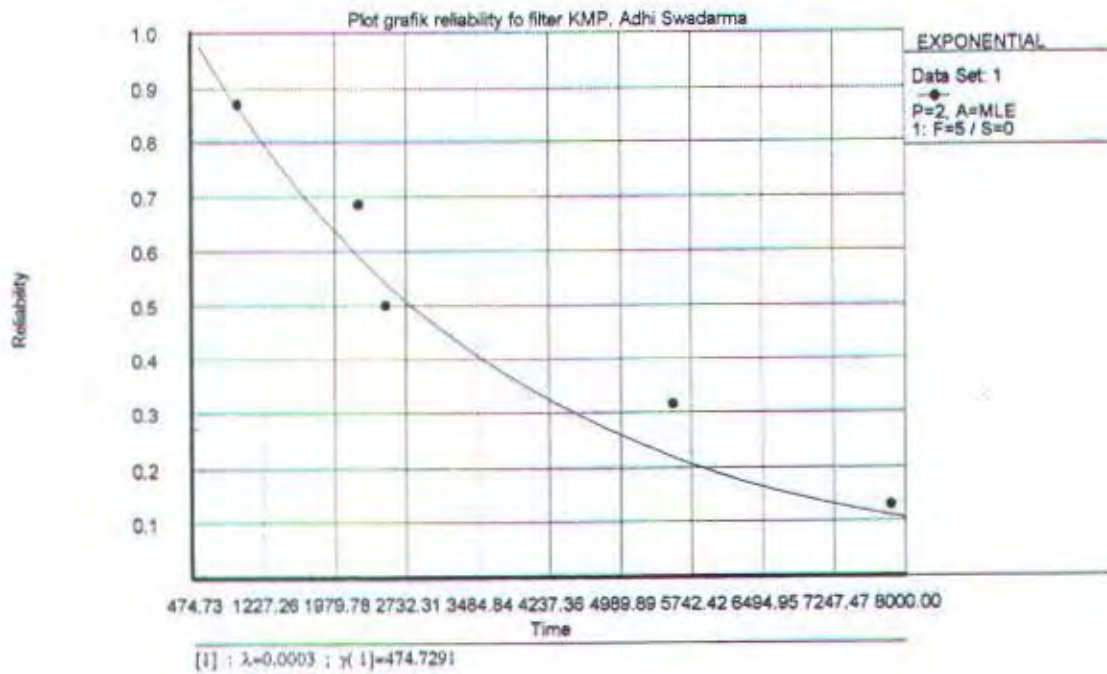


Gambar C.3d. Probability density function

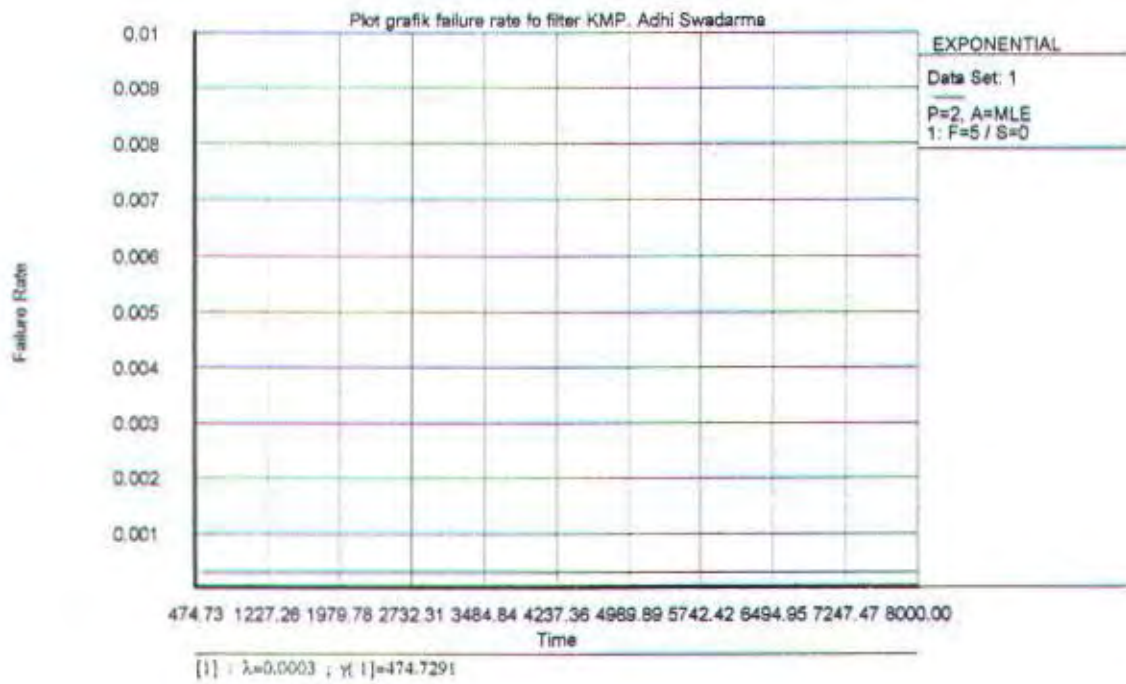
4. Fuel oil filter KMP. Adhi Swadarma



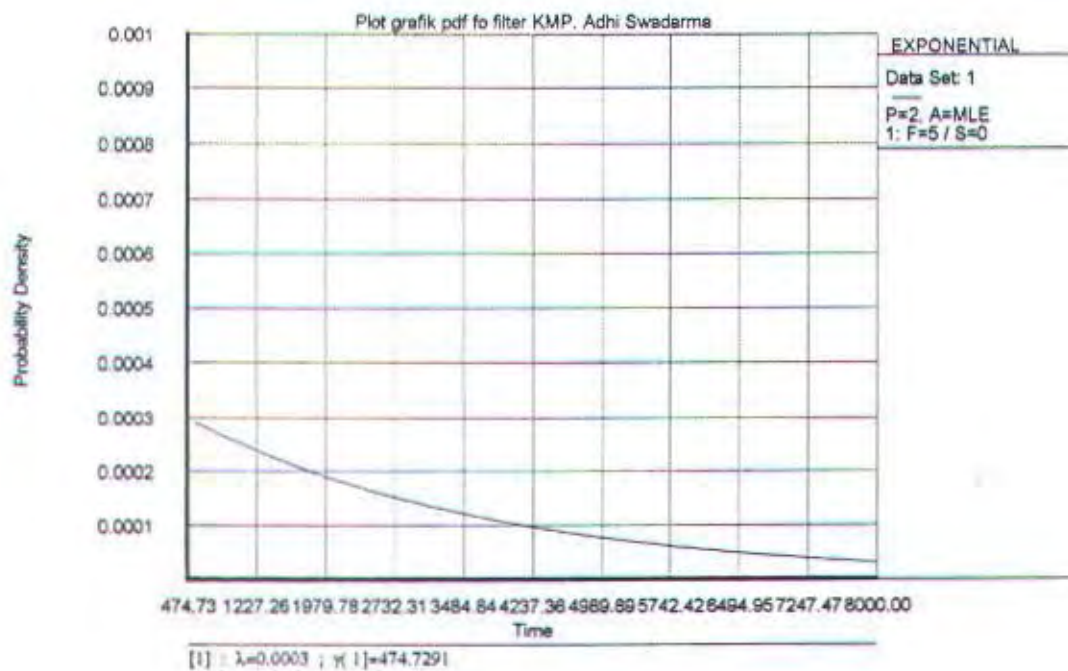
Gambar C.4a. Unreliability function



Gambar C.4b. Reliability function

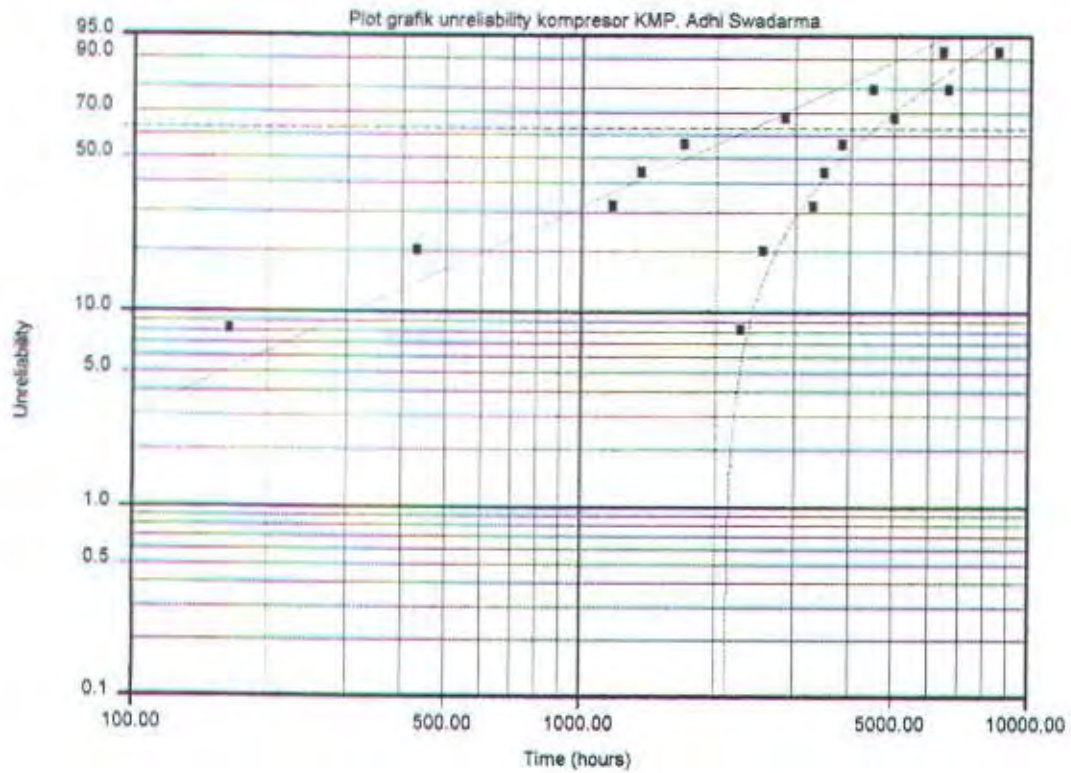


Gambar C.4c. Failure rate function

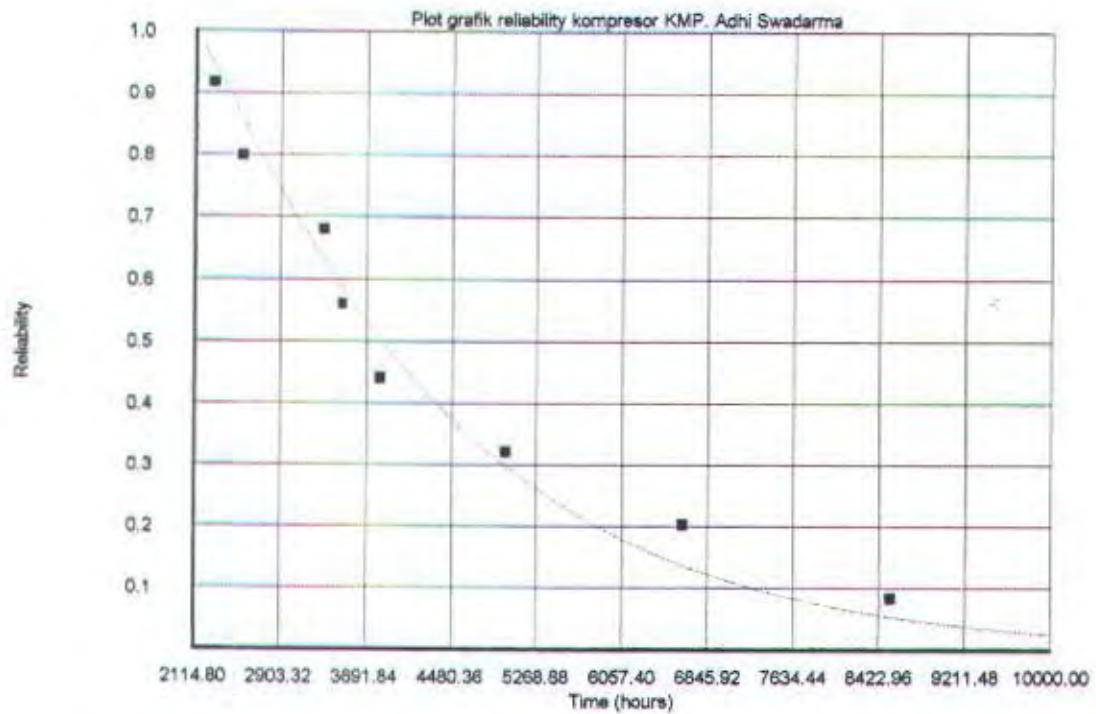


Gambar C.4d. Probability density function

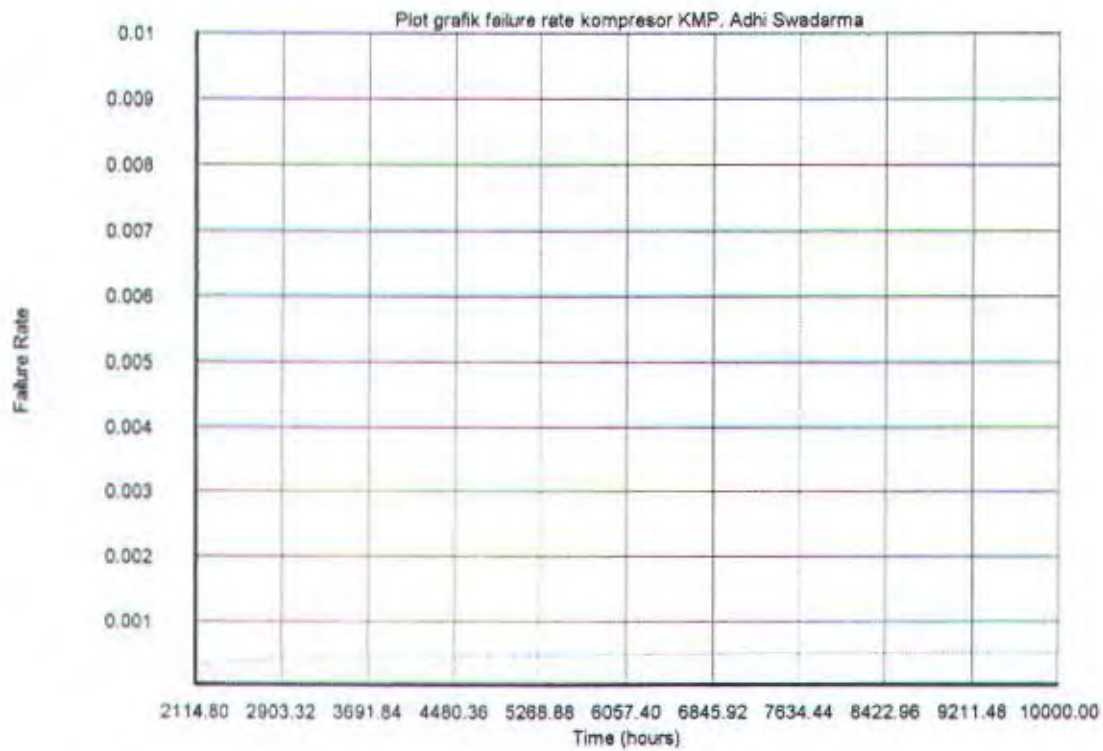
5. Kompresor KMP. Adhi Swadarma



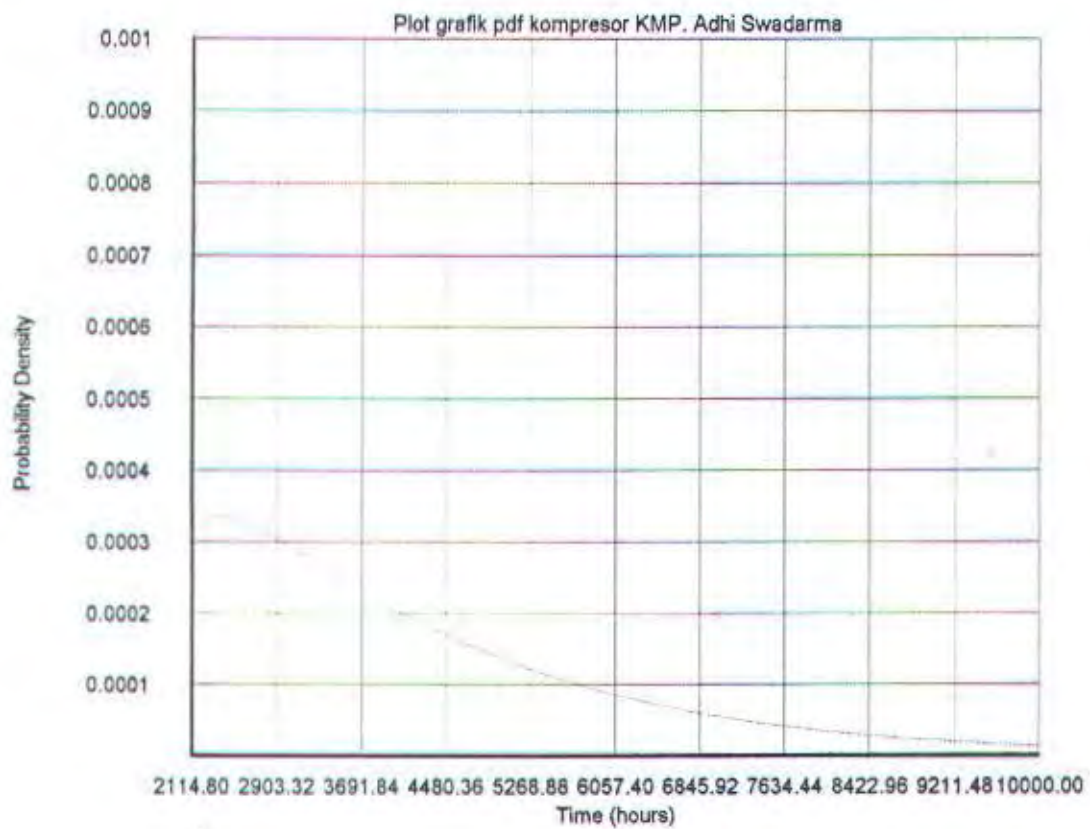
Gambar C.5a. Unreliability function



Gambar C.5b. Reliability function

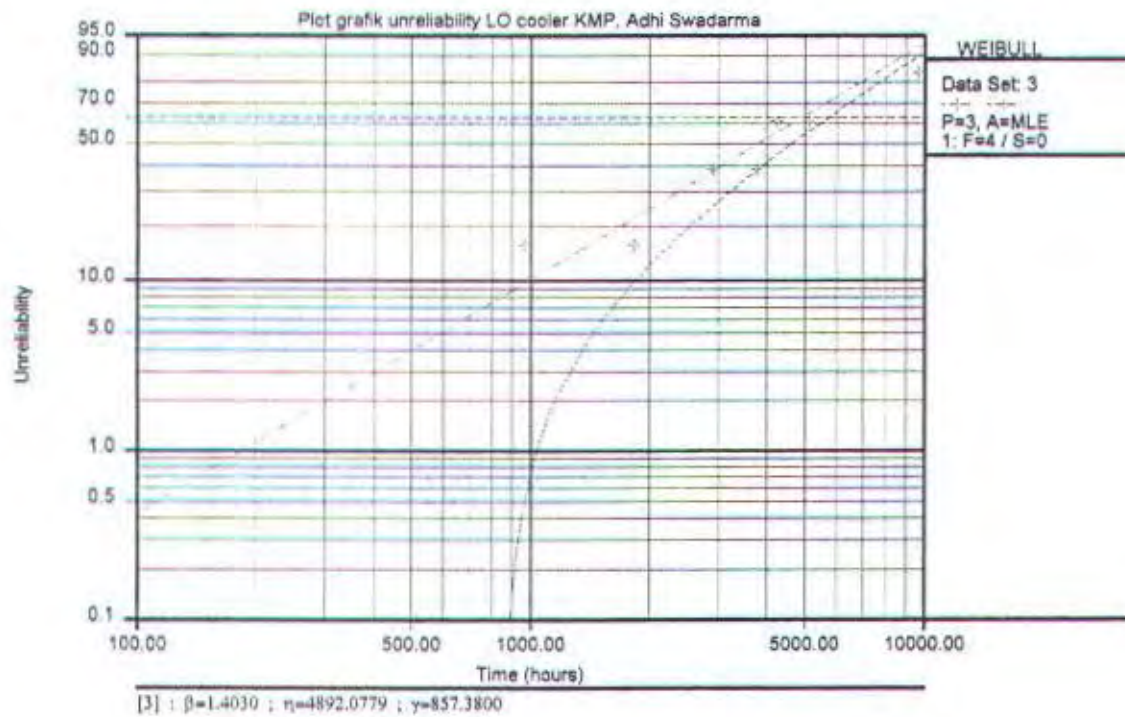


Gambar C.5c. Failure rate function

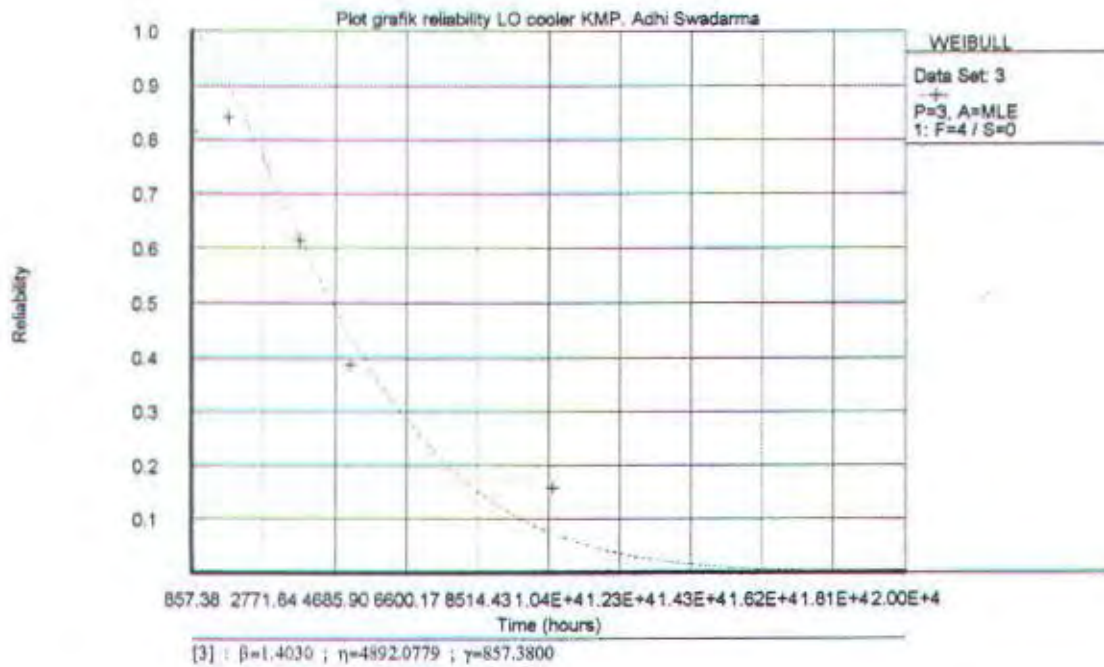


Gambar C.5d. Probability density function

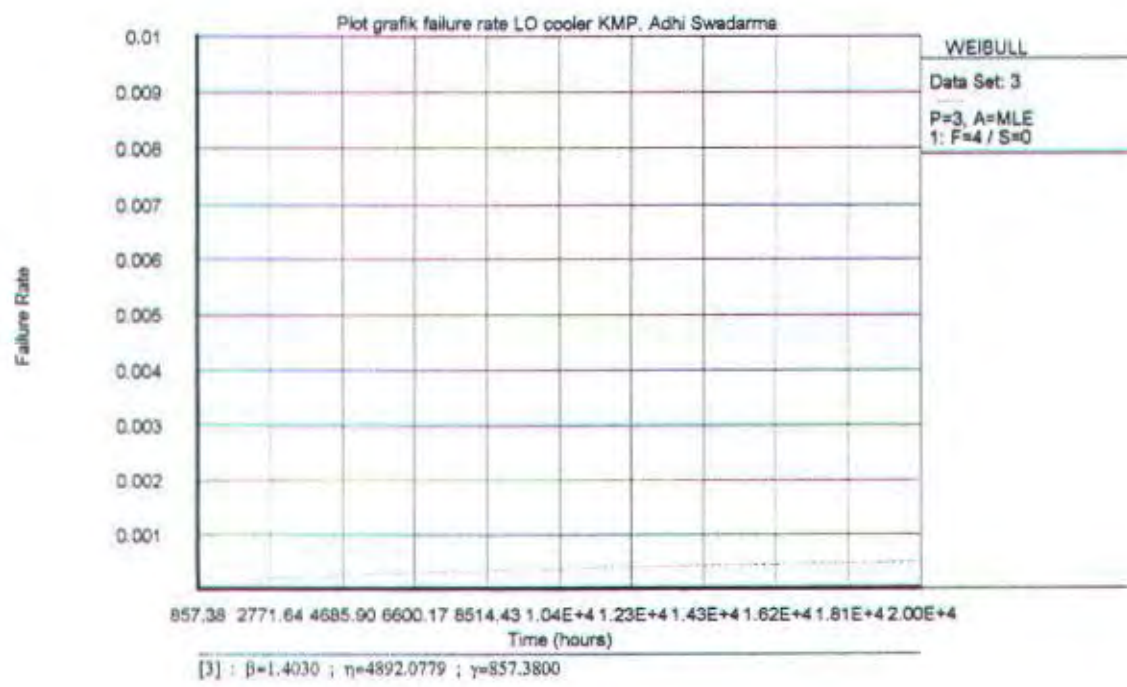
6. LO cooler KMP. Adhi Swadarma



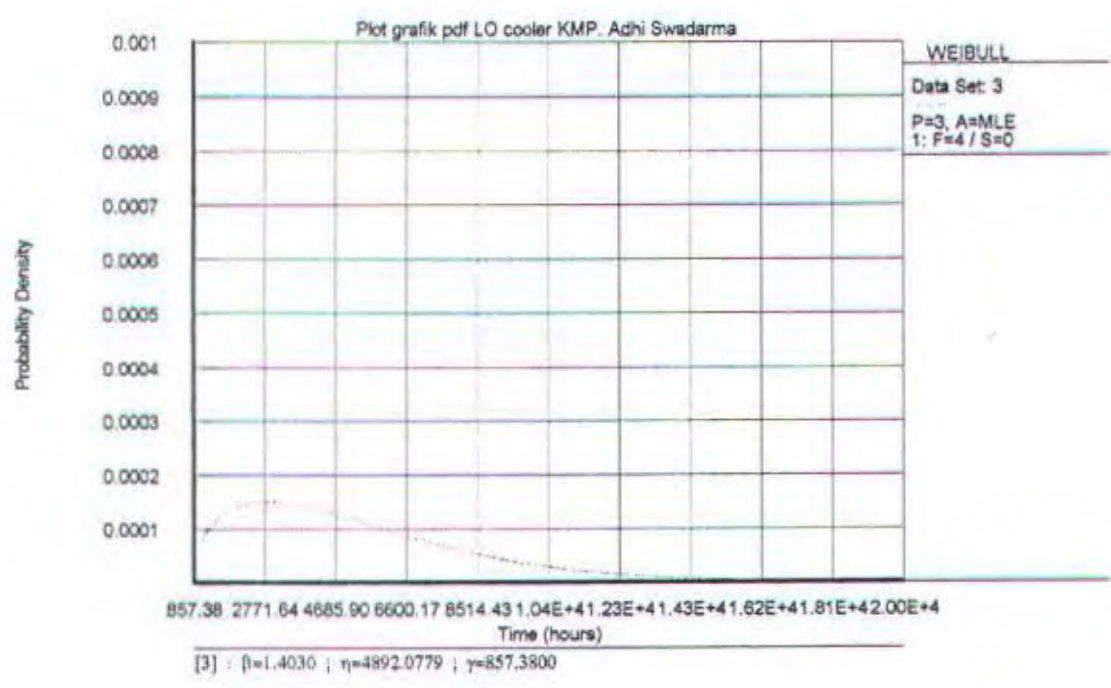
Gambar C.6a. Unreliability function



Gambar C.6b. Reliability function

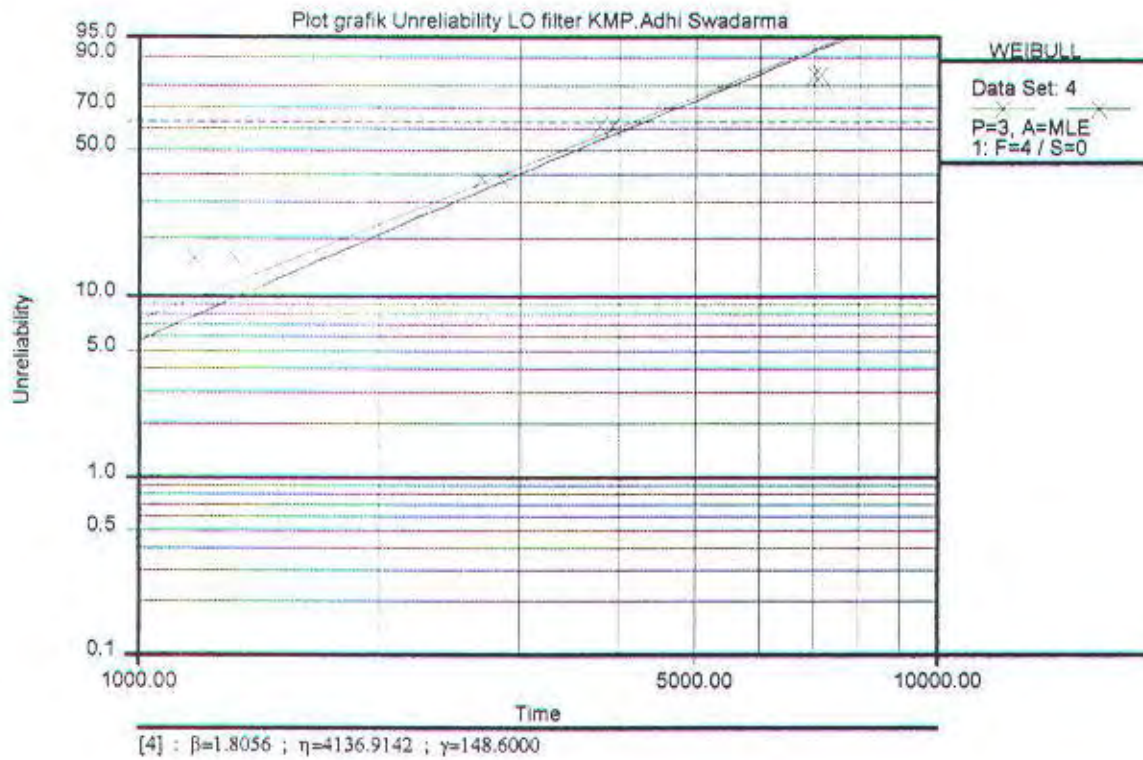


Gambar C.6c. Failure rate function

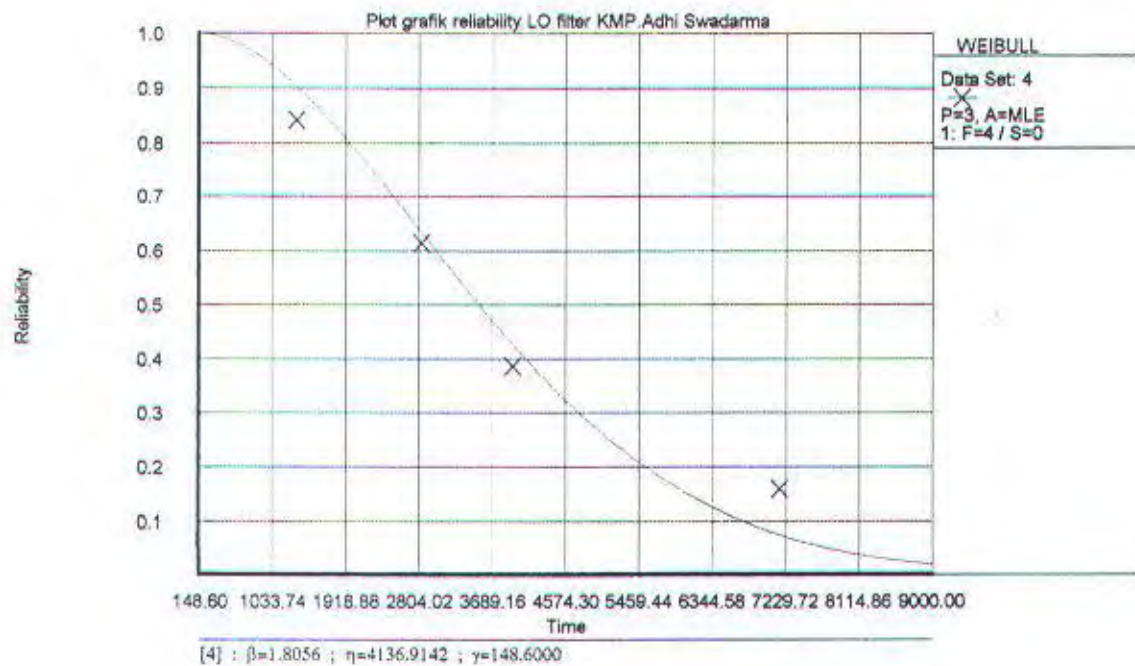


Gambar C.6d. Probability density function

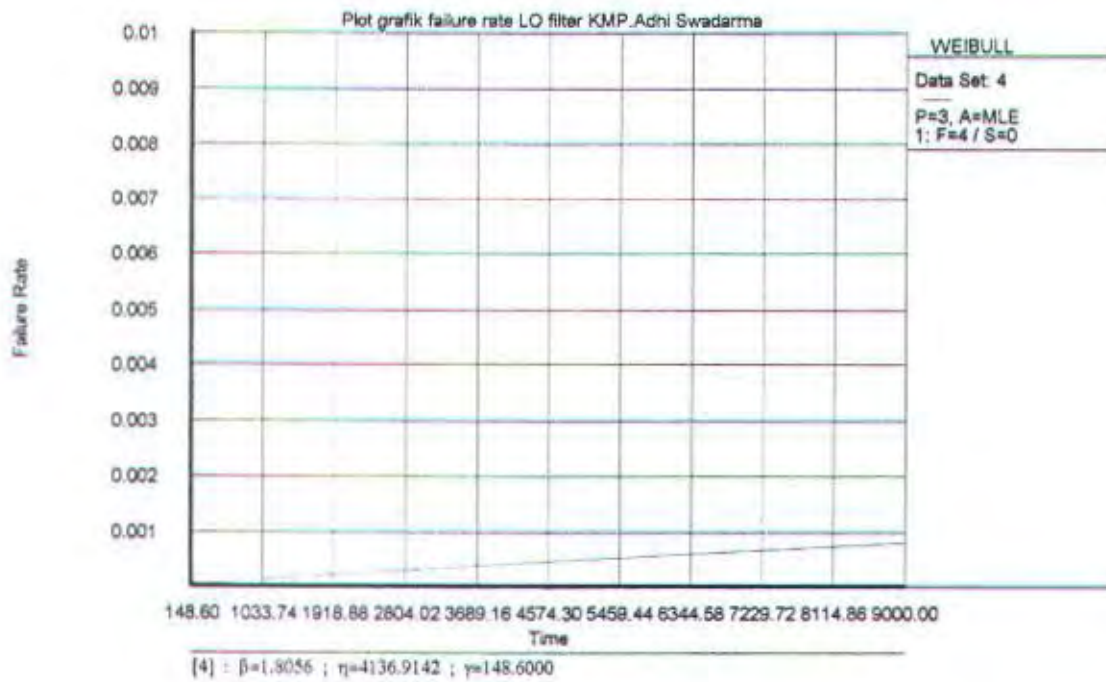
7. LO filter KMP. Adhi Swadarma



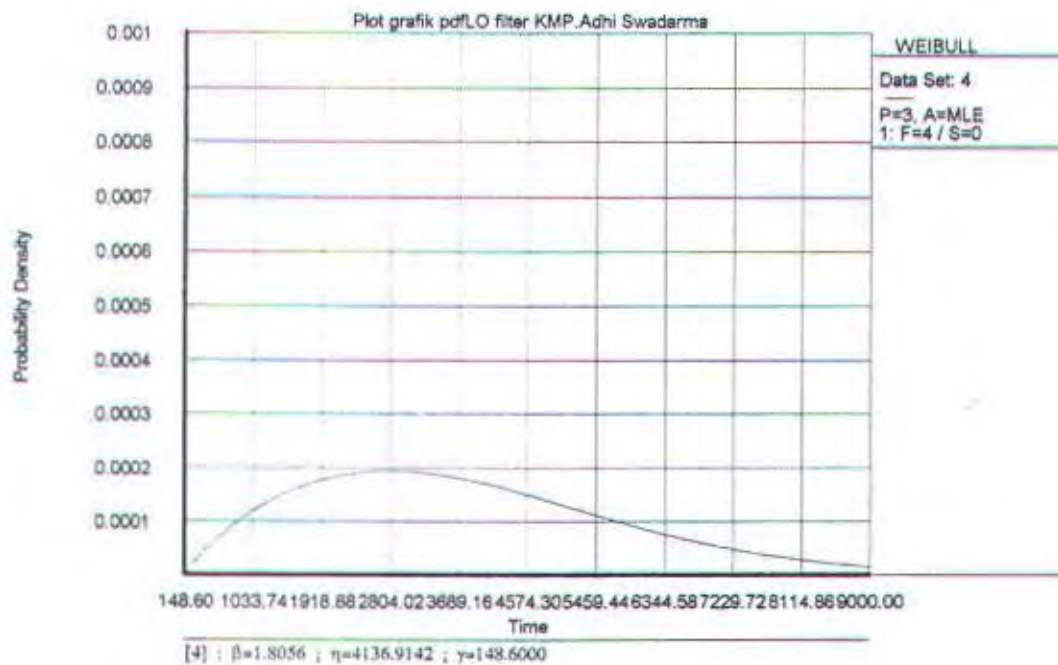
Gambar C.7a. Unreliability function



Gambar C.7b. Reliability function

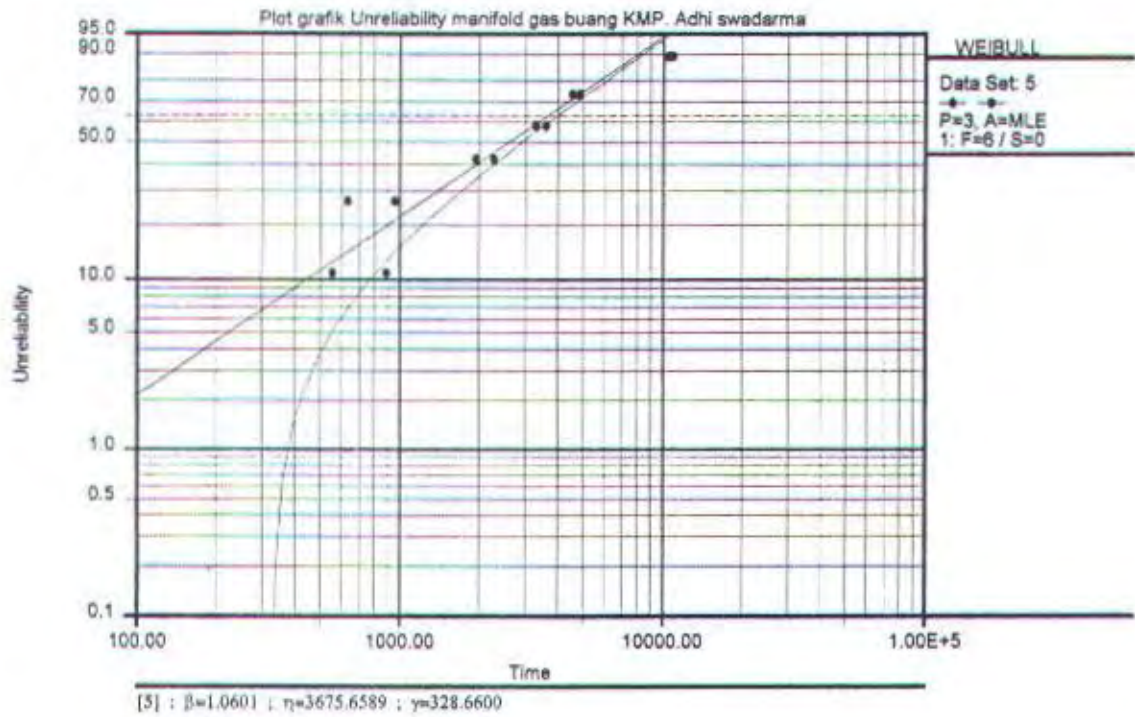


Gambar C.7c. Failure rate function

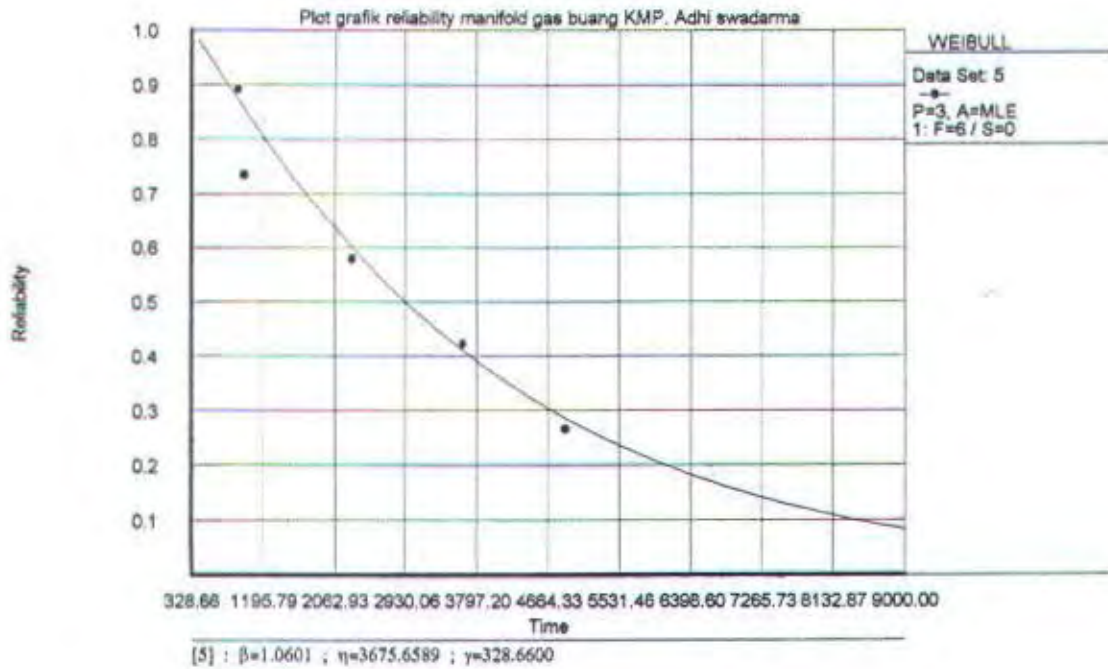


Gambar C.7d. Probability density function

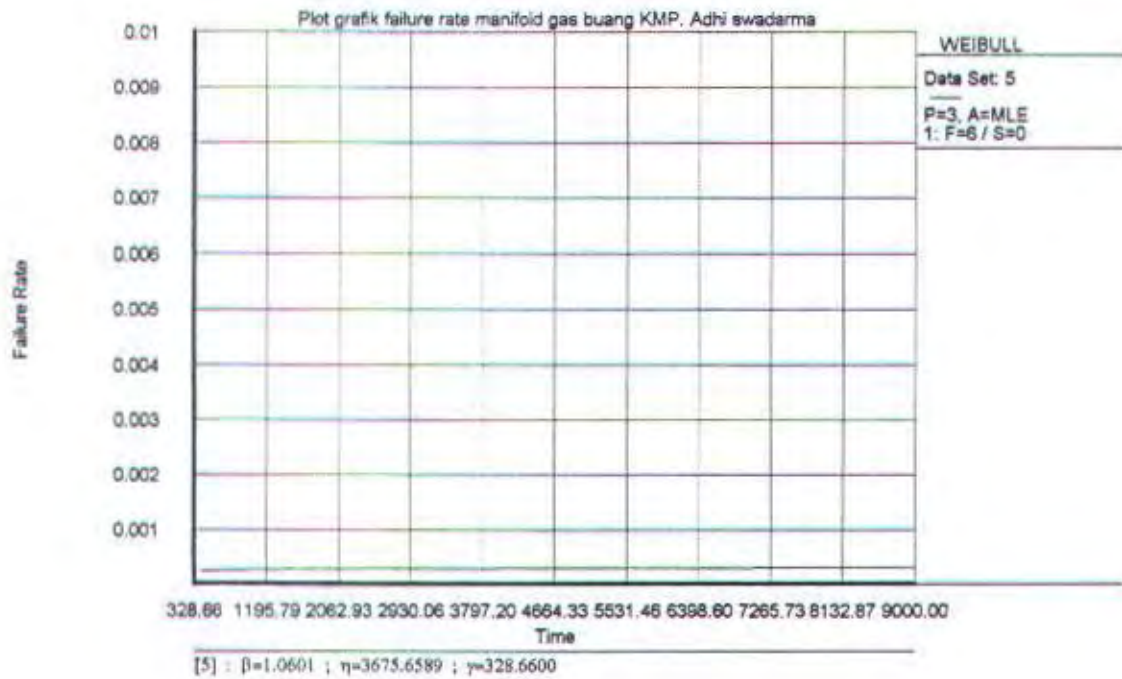
8. Manifold gas buang KMP. Adhi Swadarma



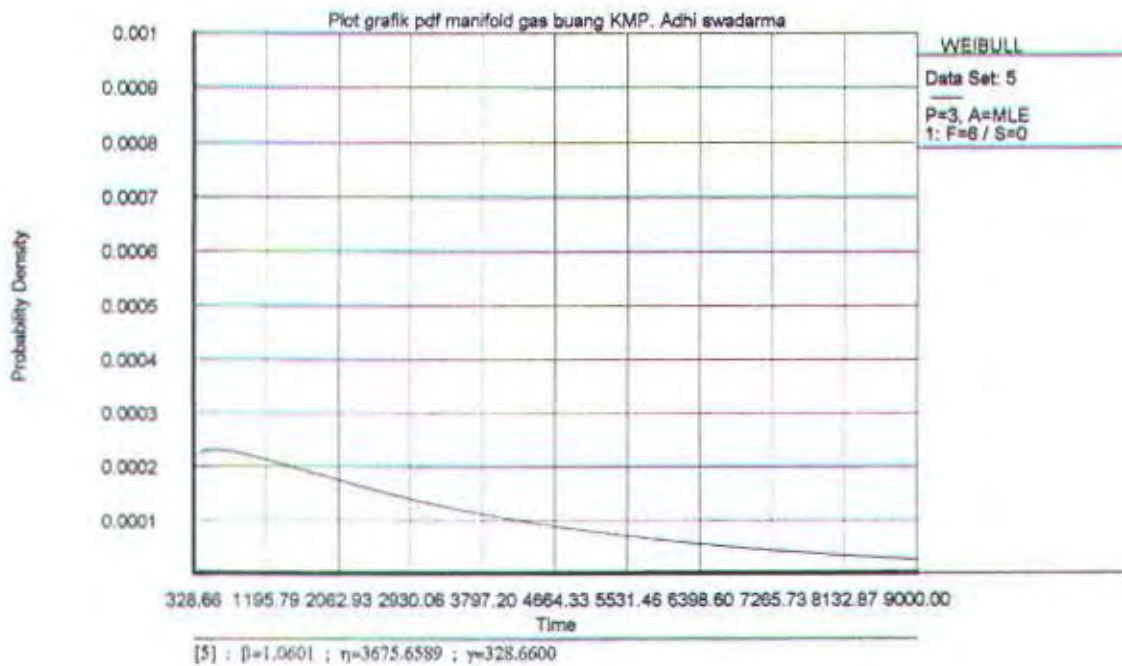
Gambar C.8a. Unreliability function



Gambar C.8b. Reliability function

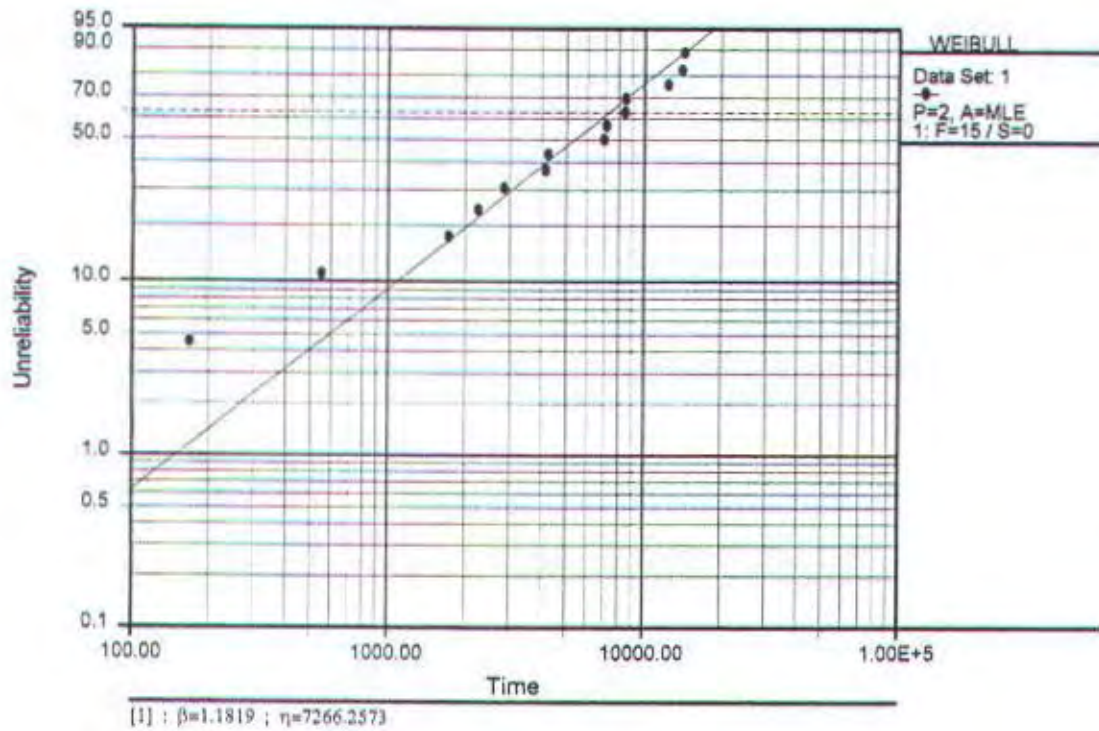


Gambar C.8c. Failure rate function

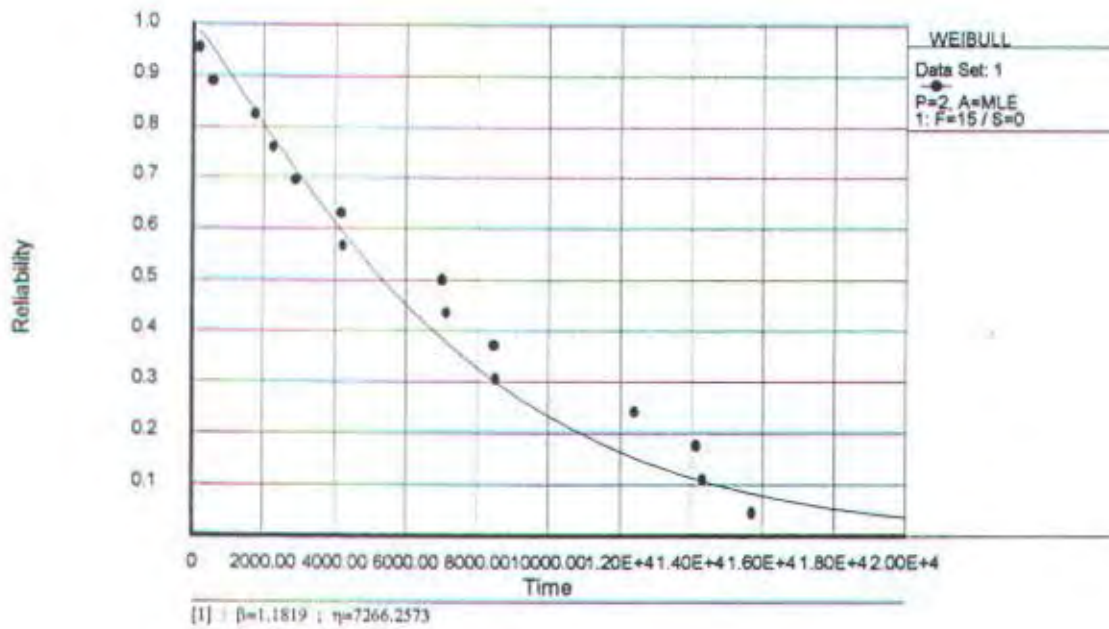


Gambar C.8d. Probability density function

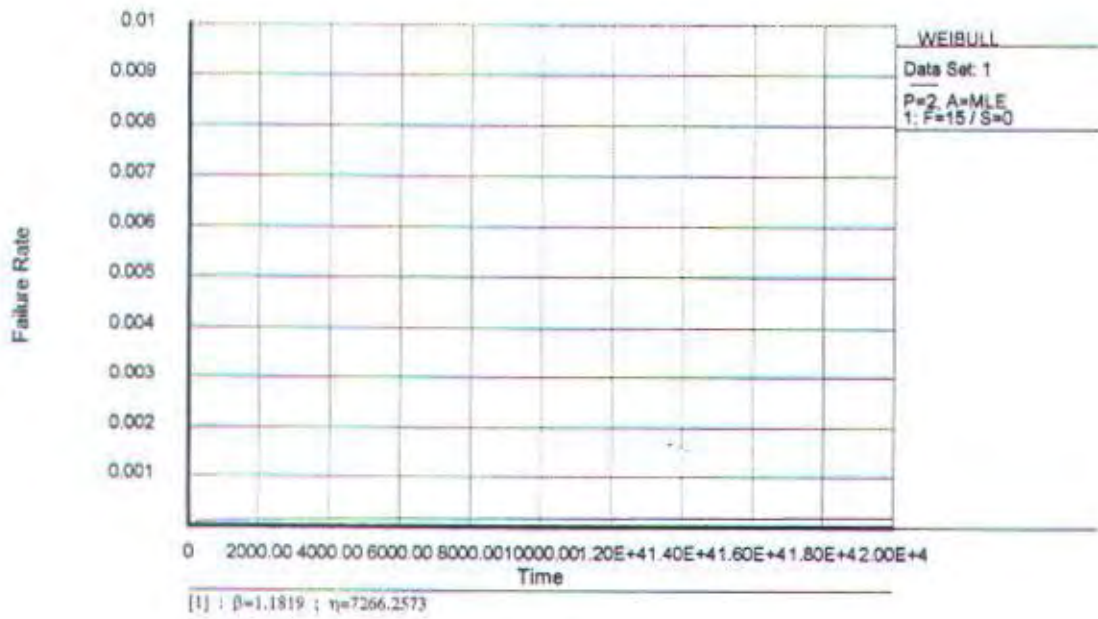
9. Turbocharge KMP. Tenggiri



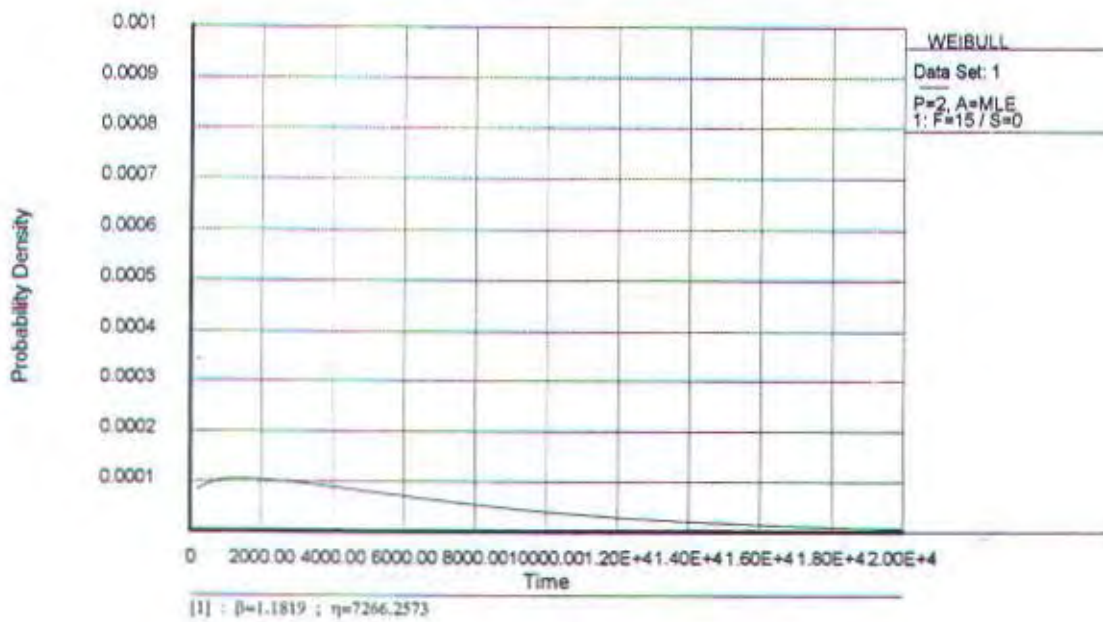
Gambar C.9a. Unreliability function



Gambar C.9b. Reliability function

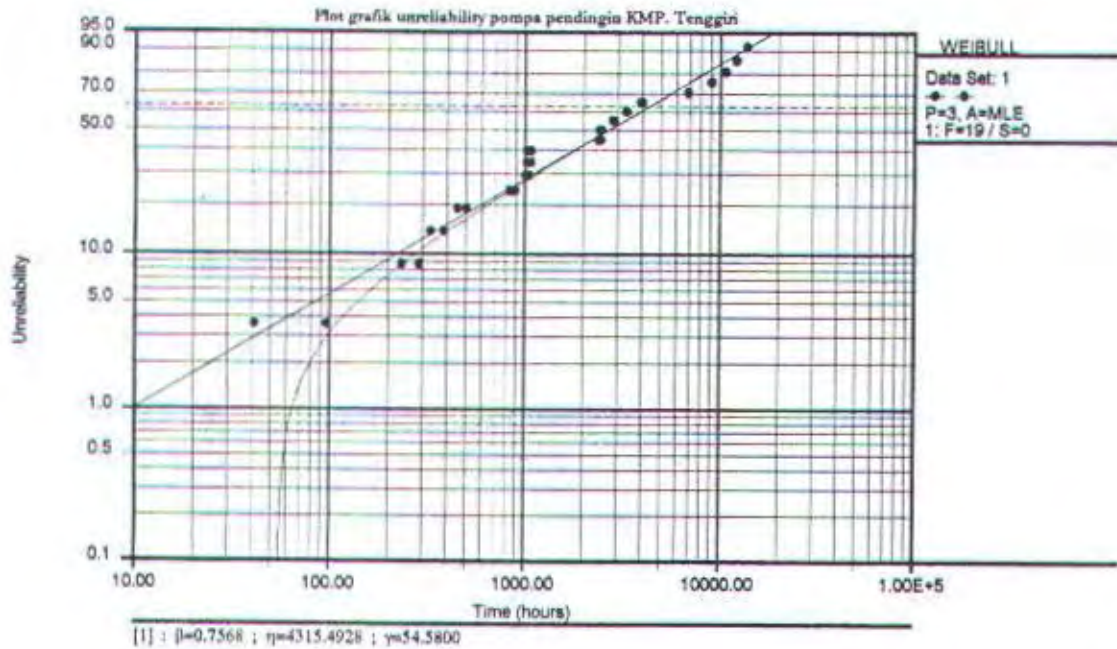


Gambar C.9c. Failure rate function

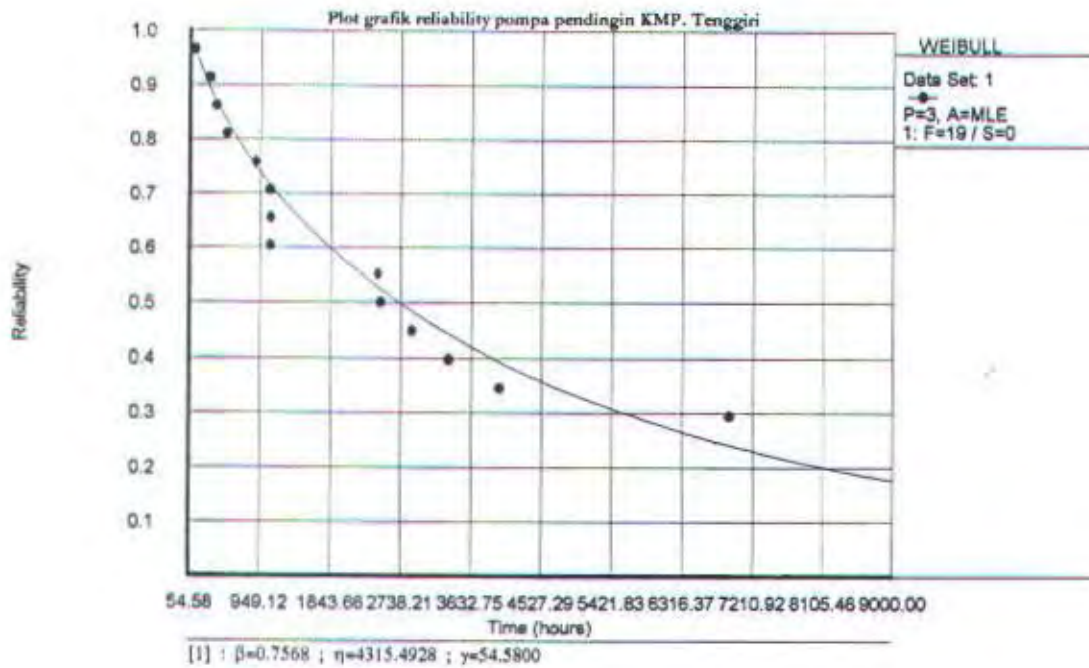


Gambar C.9d. Probability density function

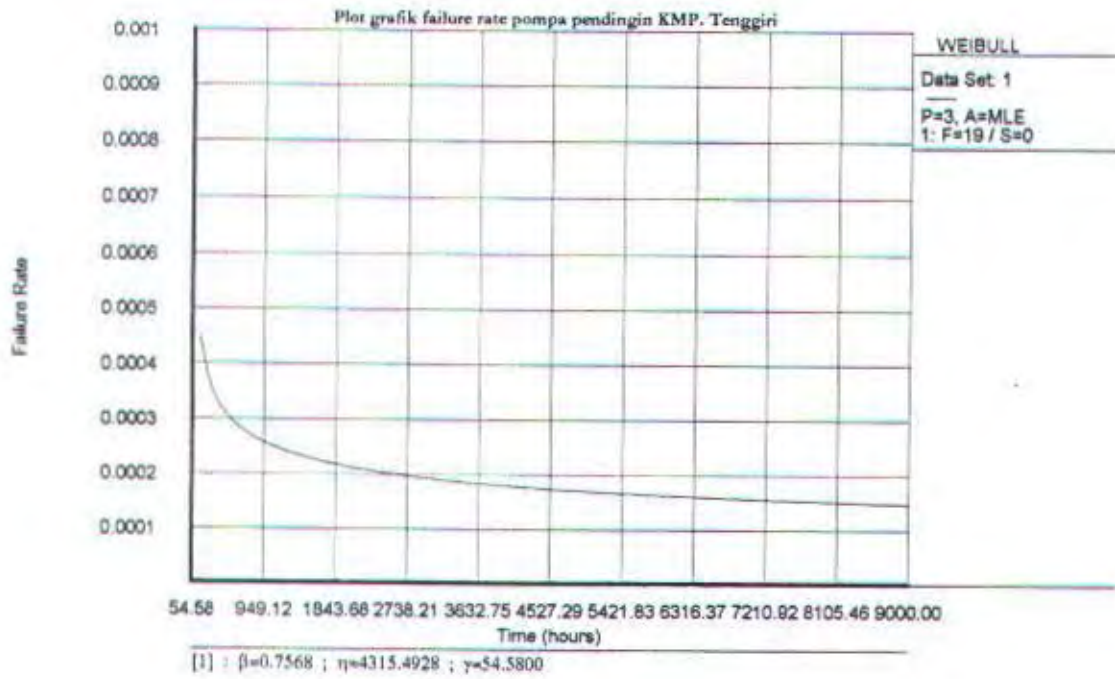
10. Pompa pendingin KMP. Tenggiri



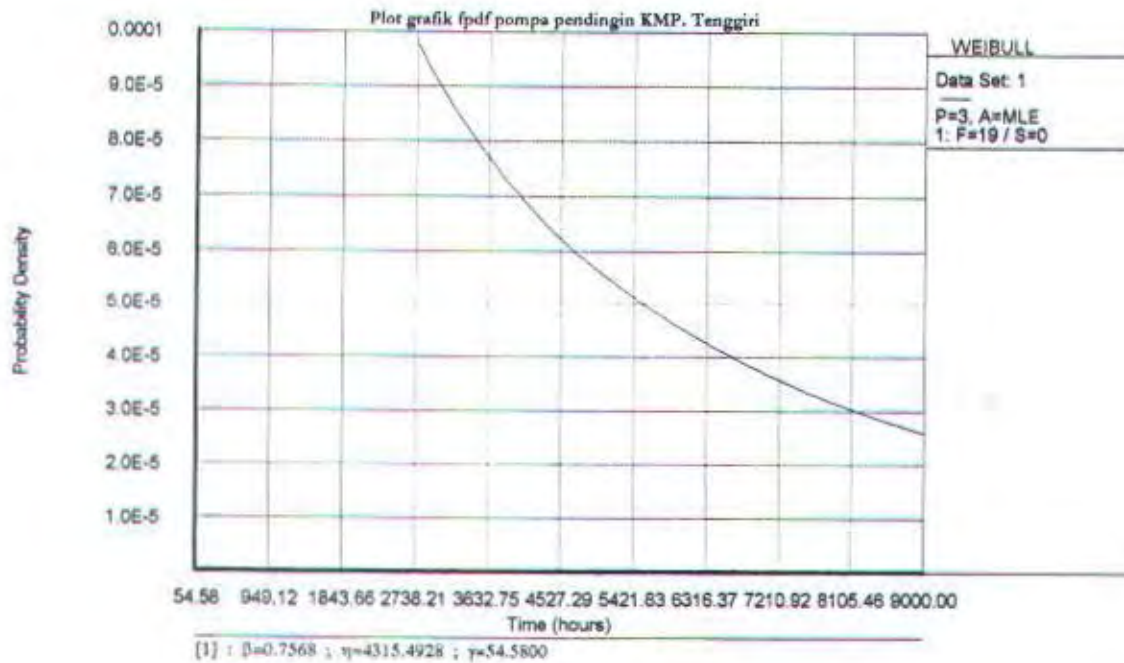
Gambar C.10a. Unreliability function



Gambar C.10b. Reliability function

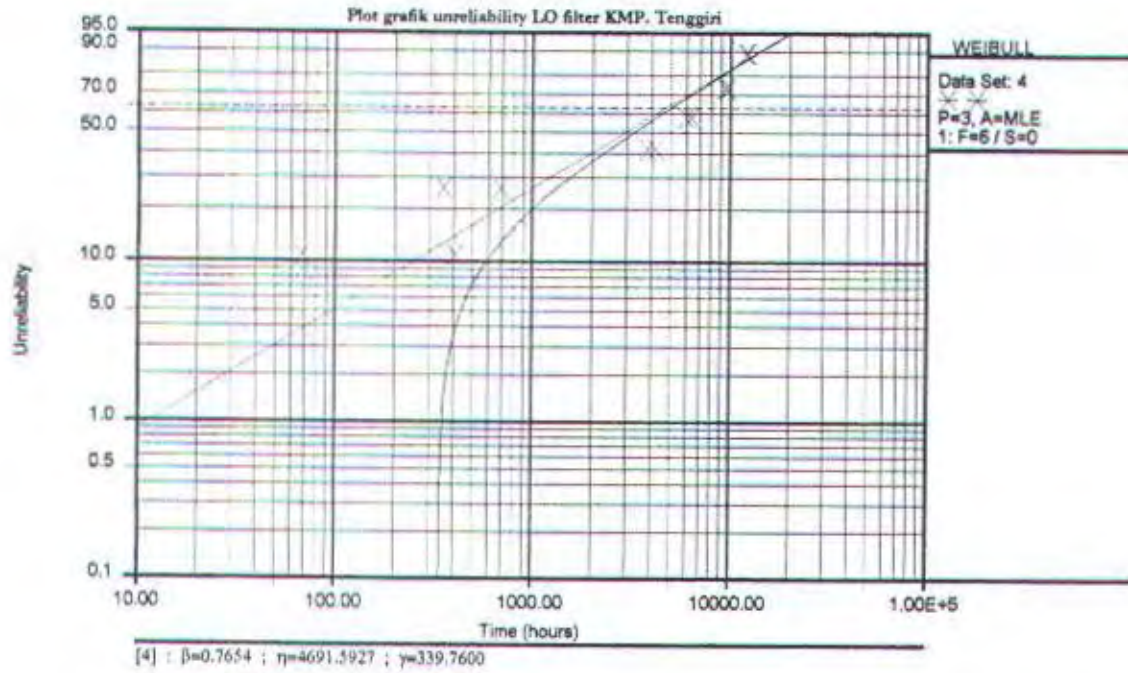


Gambar C.10c. Failure rate function

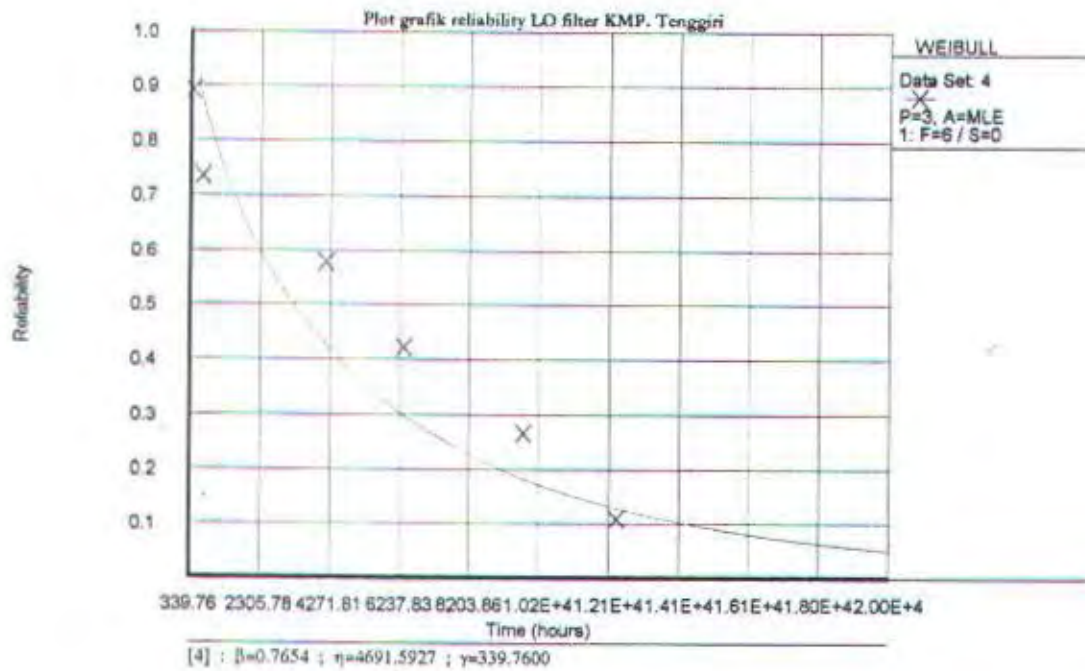


Gambar C.10d. Probability density function

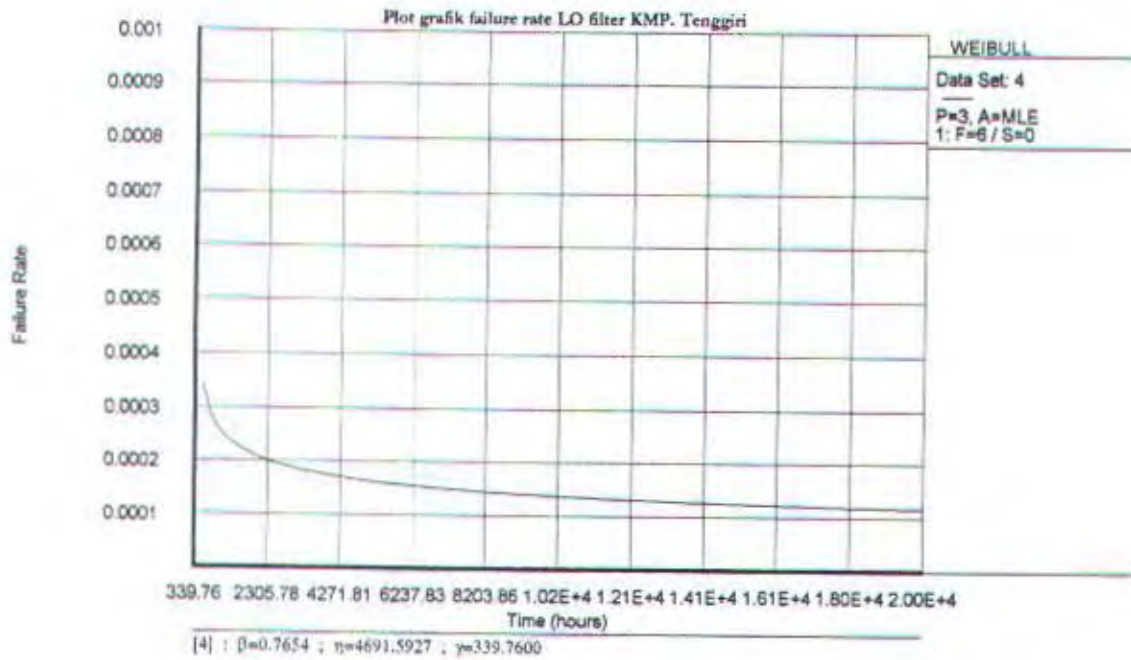
11. LO filter KMP. Tenggeri



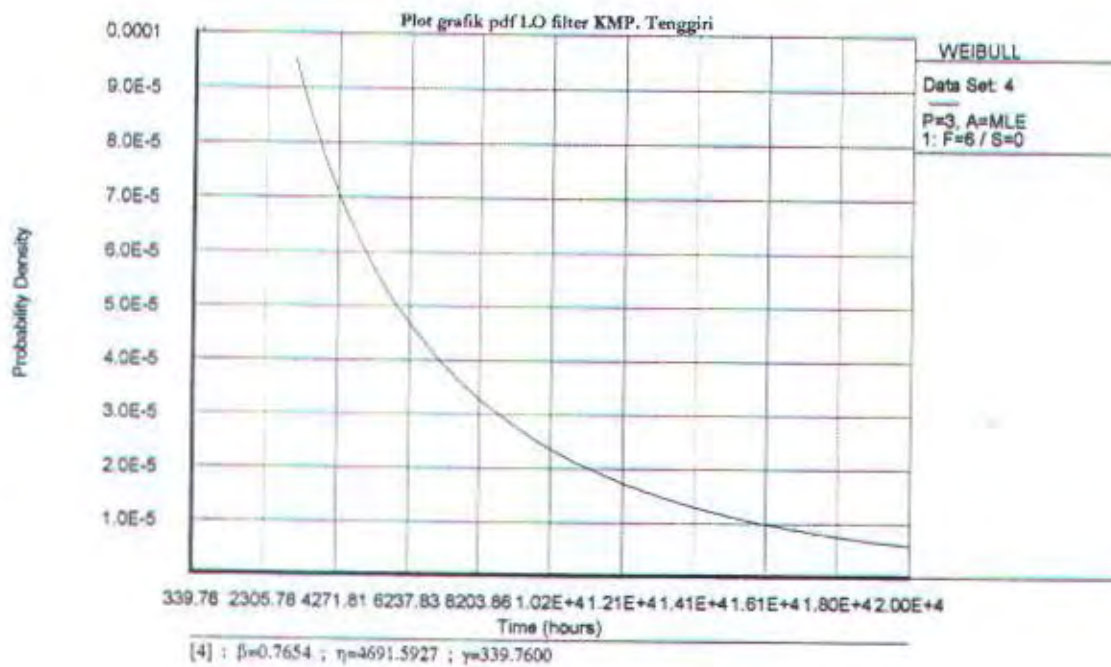
Gambar C.11a. Unreliability function



Gambar C.11b. Reliability function

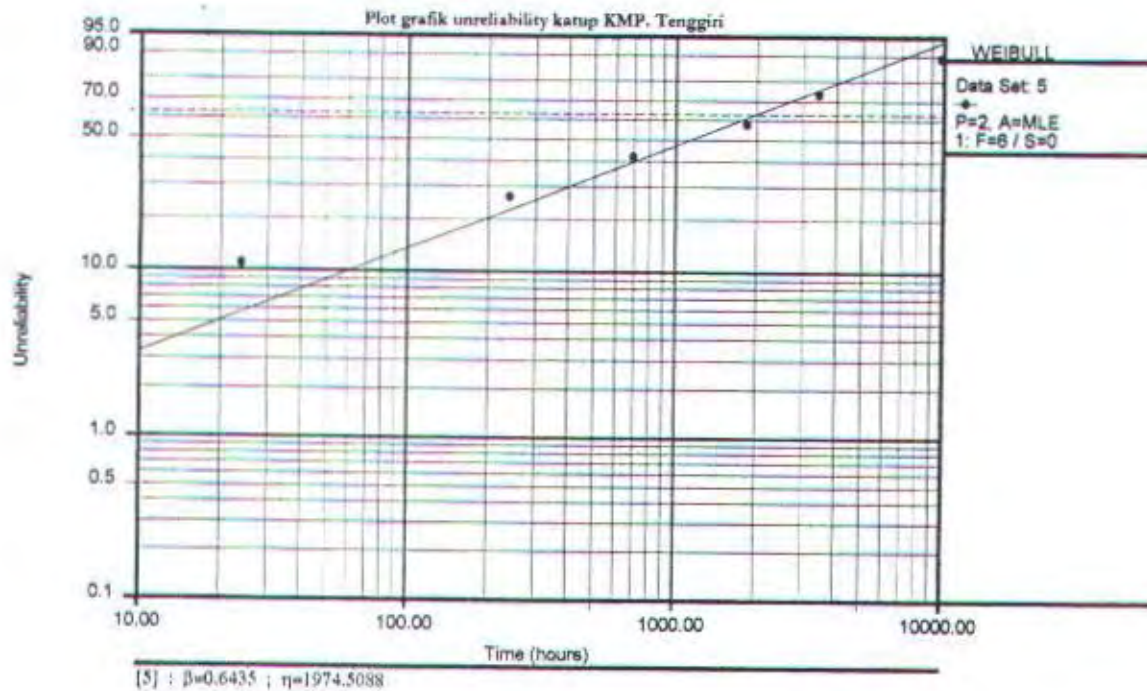


Gambar C.11c. Failure rate function

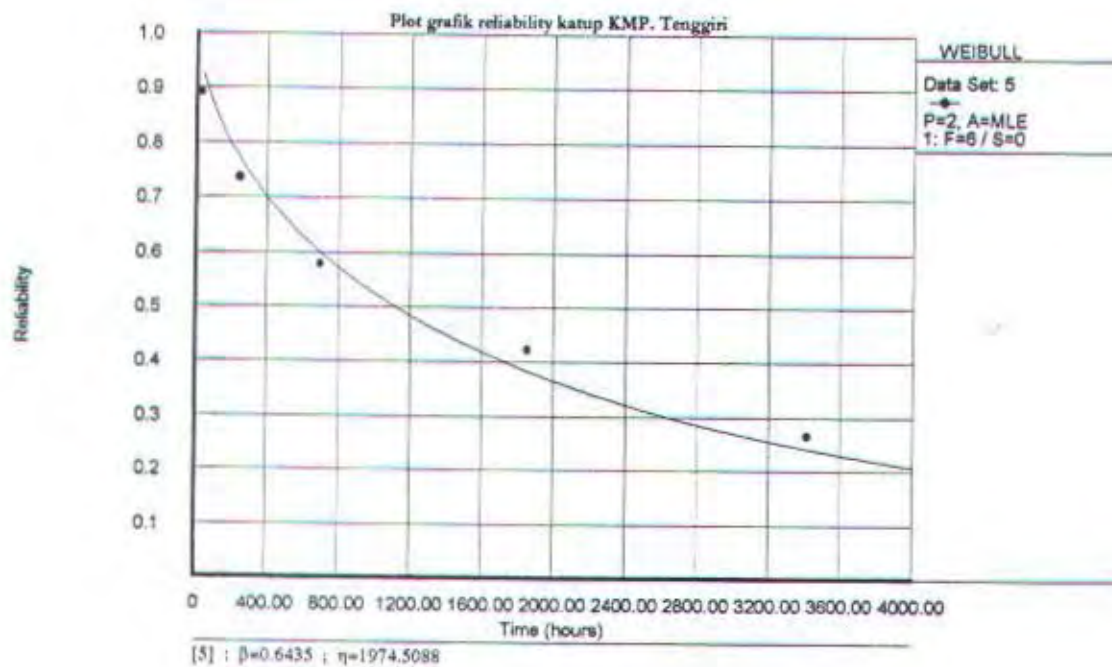


Gambar C.11d. Probability density function

12. Katup (valve) KMP. Tenggara



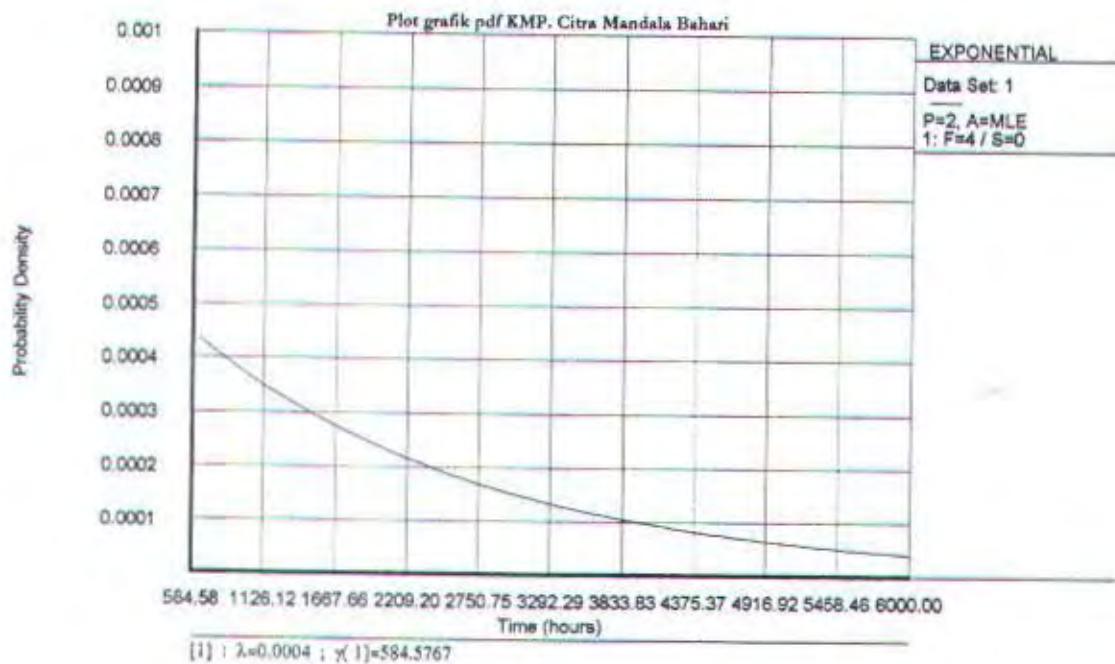
Gambar C.12a. Unreliability function



Gambar C.12b. Reliability function

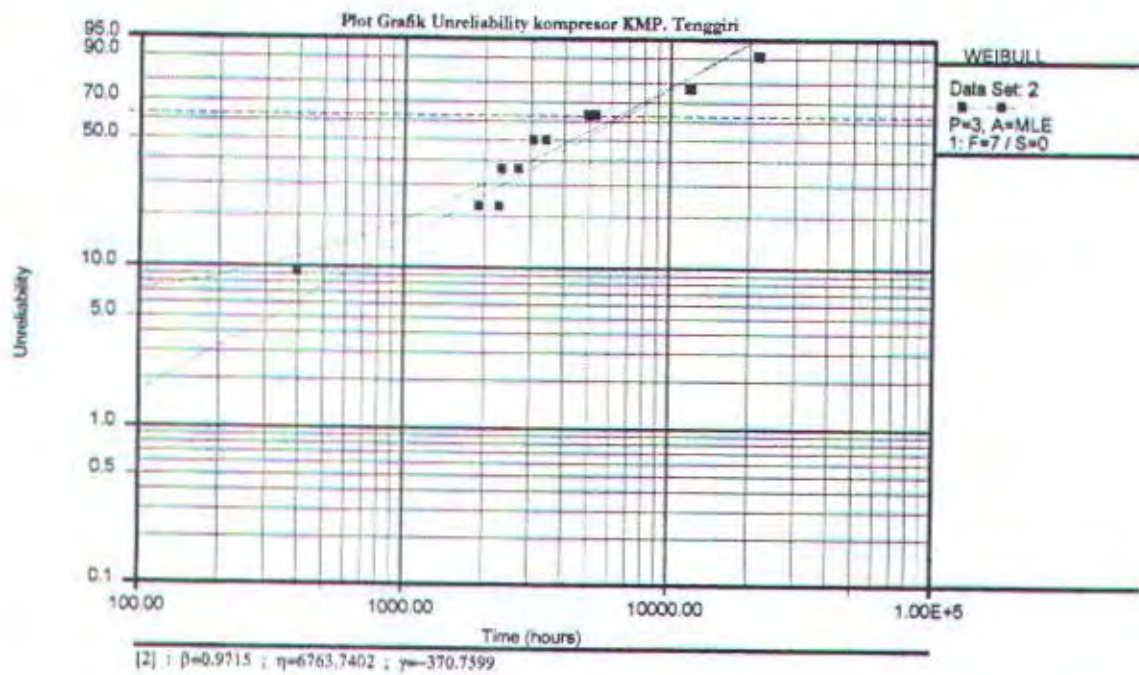


Gambar C.19c. Failure rate function

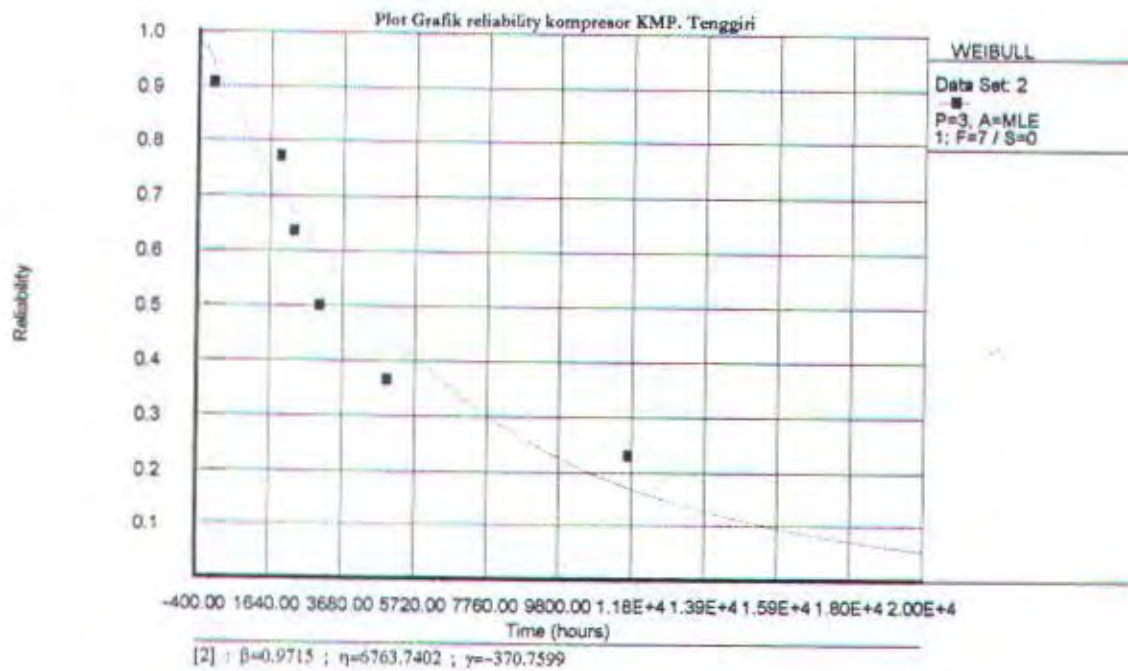


Gambar C.19d. Probability density function

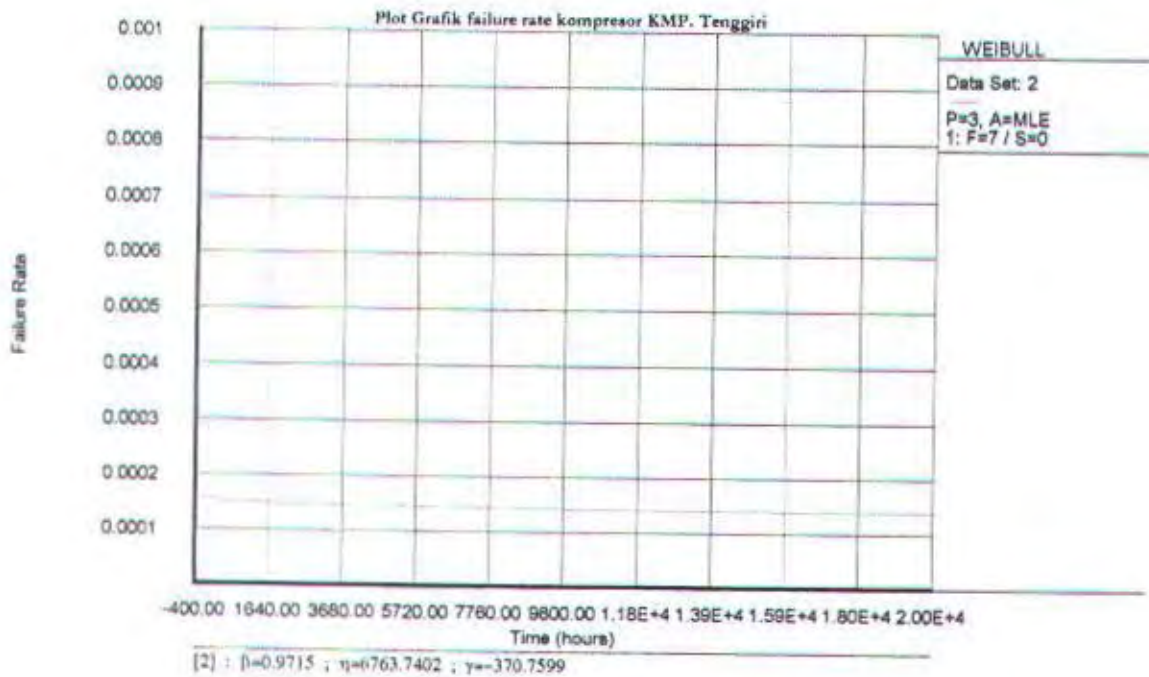
13. Kompresor KMP, Tenggiri



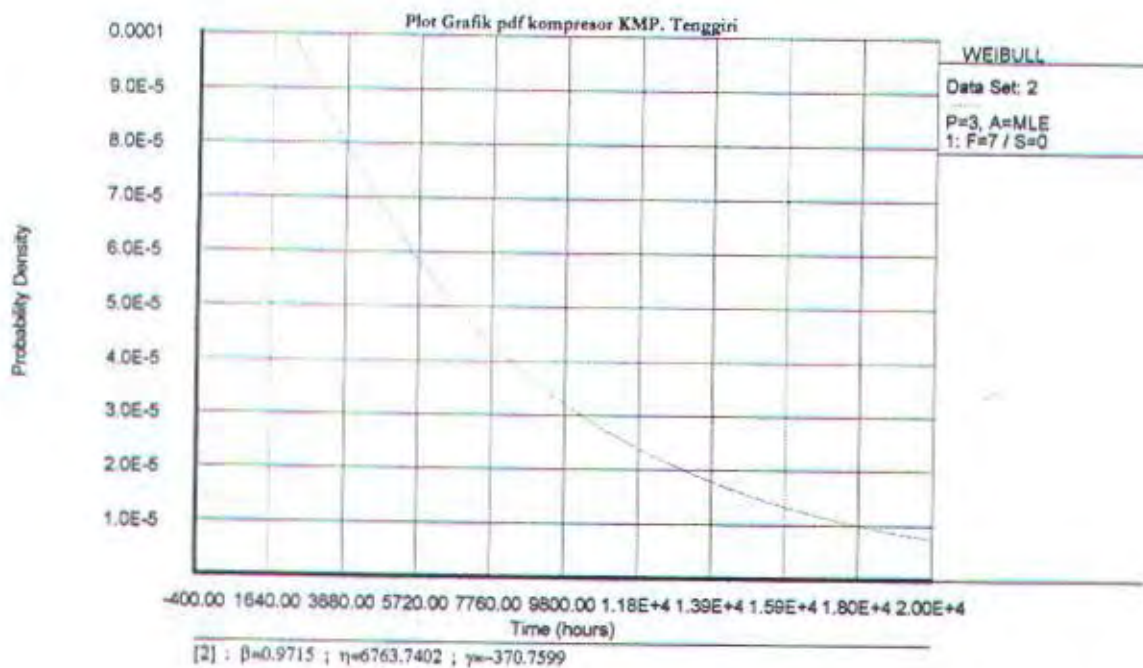
Gambar C.13a. Unreliability function



Gambar C.13b. Reliability function

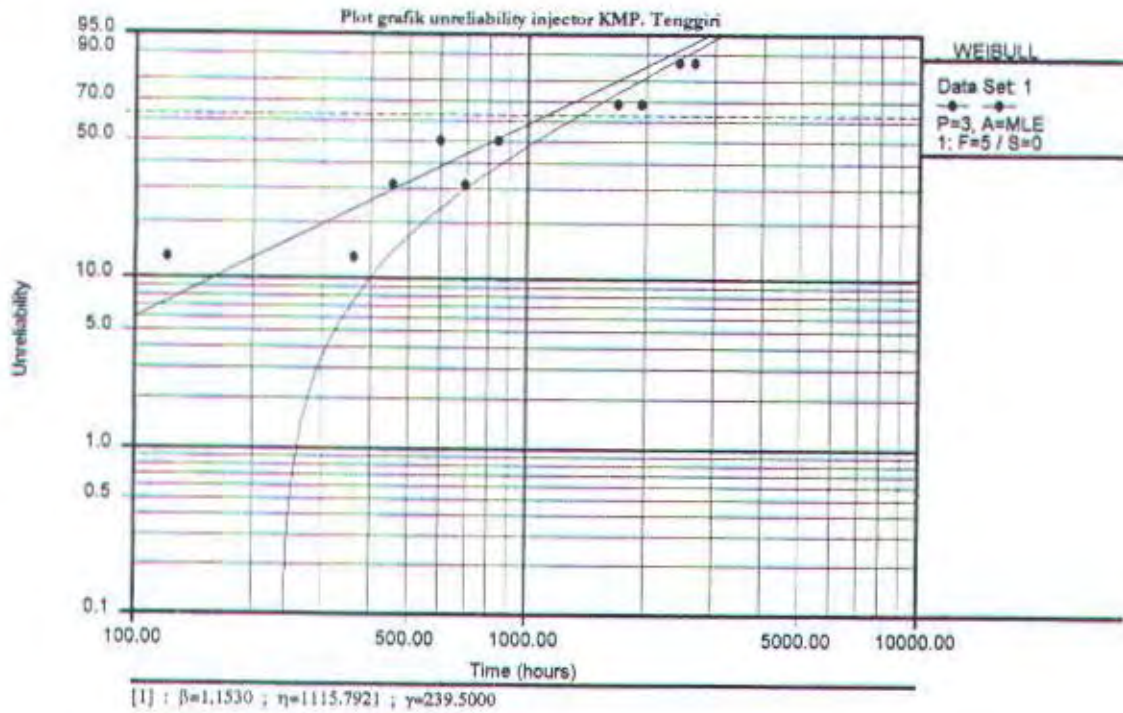


Gambar C.13c. Failure rate function

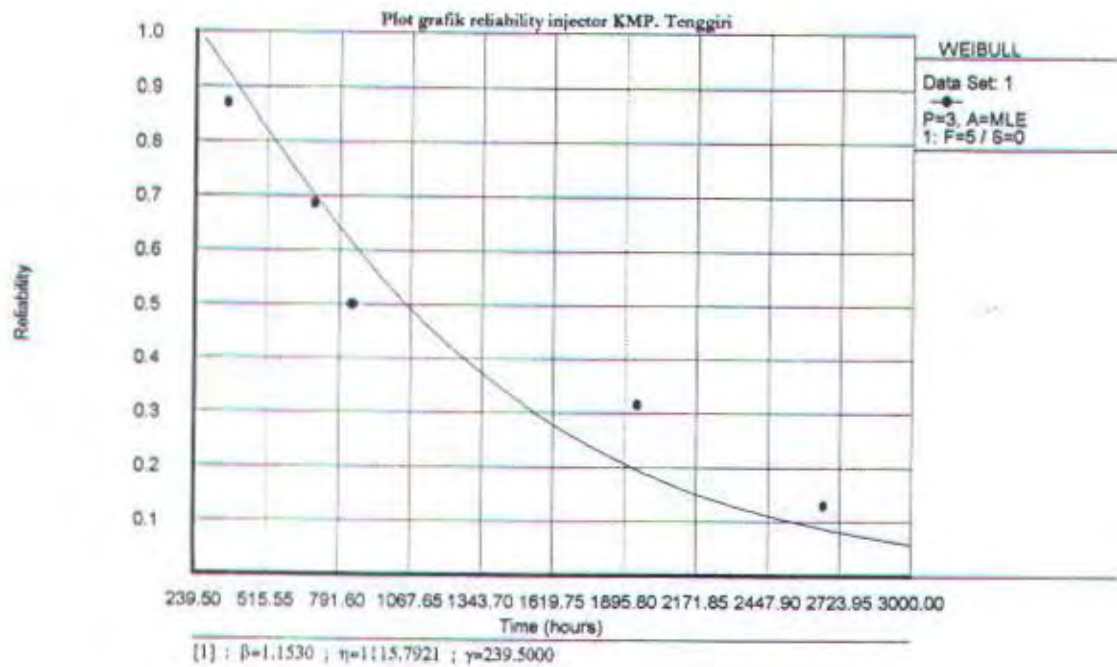


Gambar C.13d. Probability density function

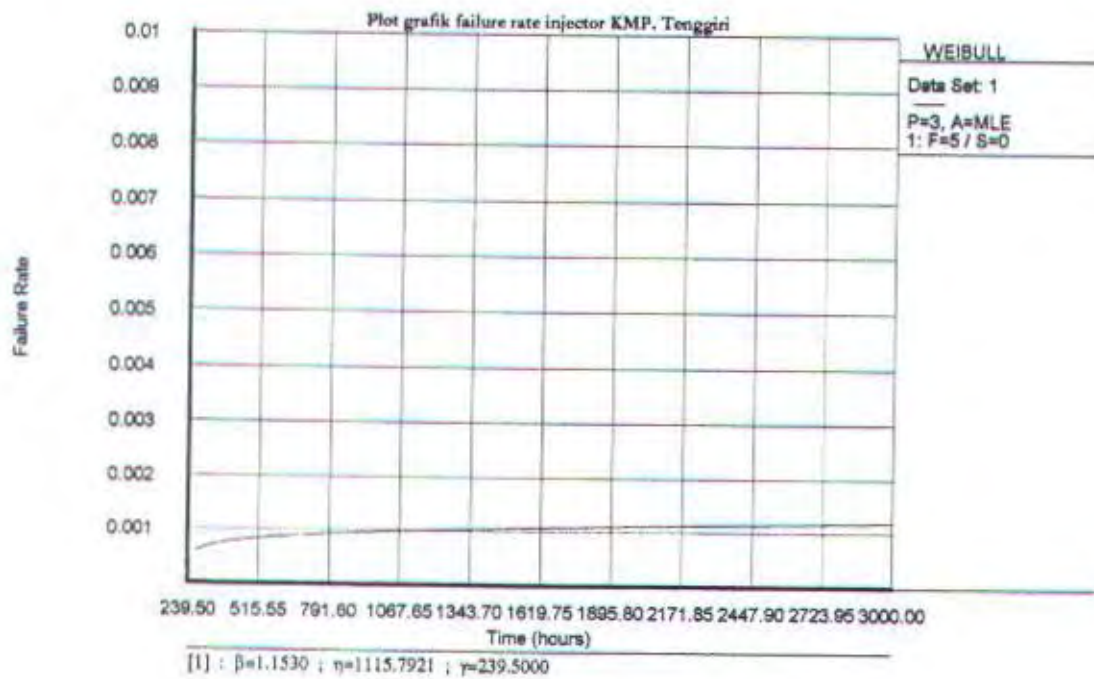
14. Injector FO KMP. Tenggiri



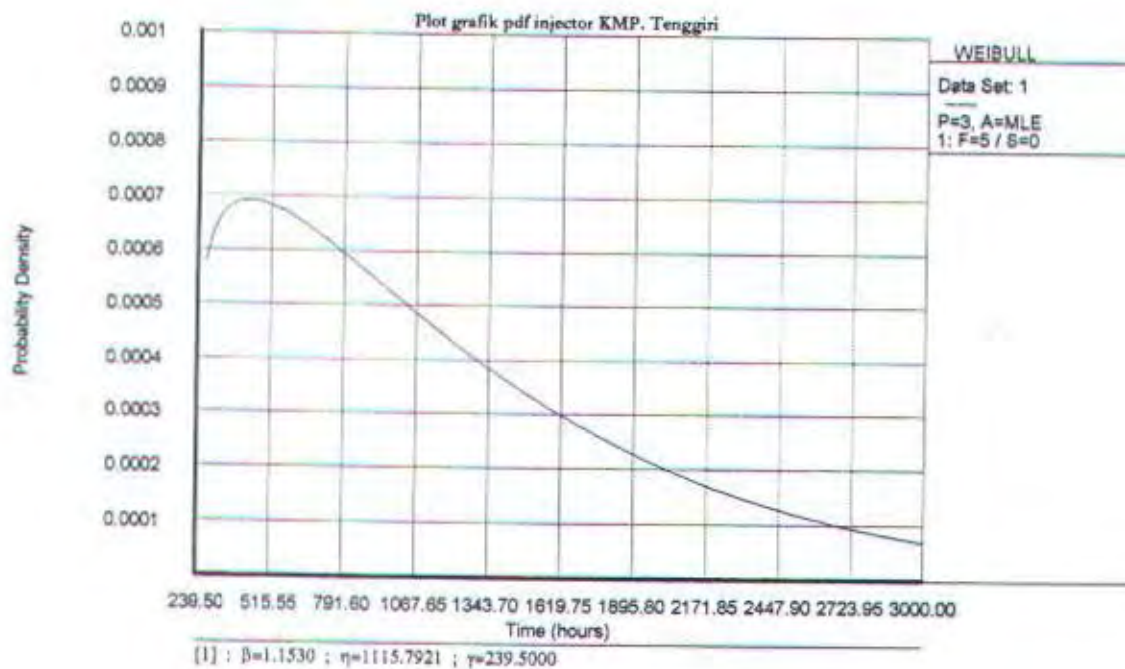
Gambar C.14a. Unreliability function



Gambar C.14b. Reliability function

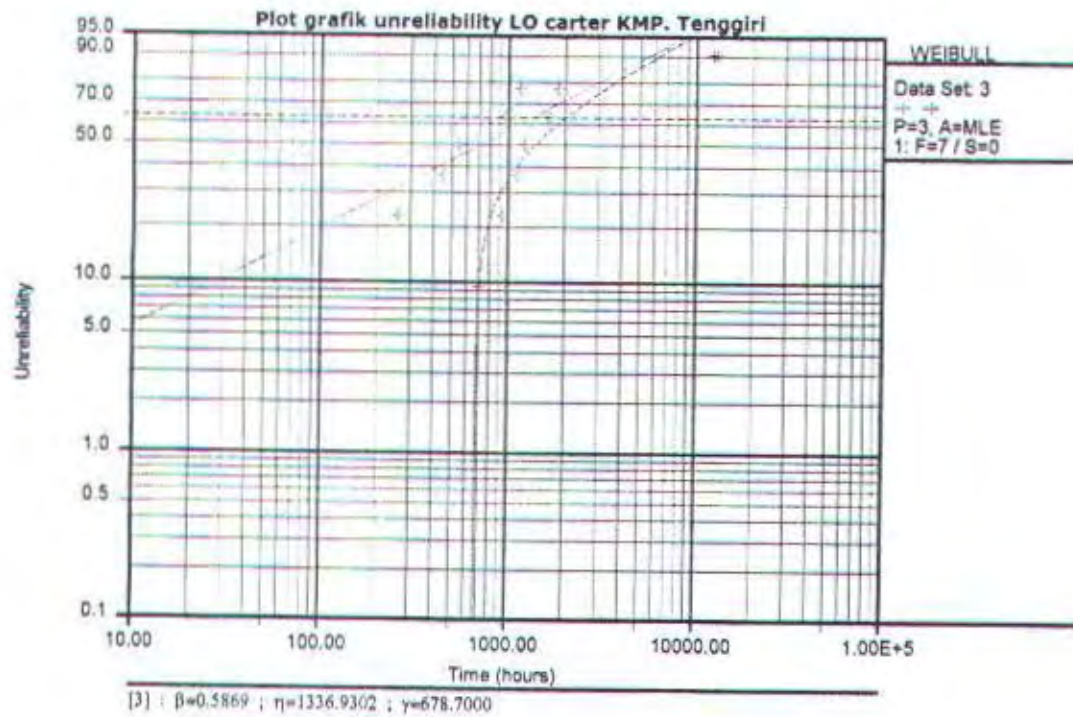


Gambar C.14c. Failure rate function

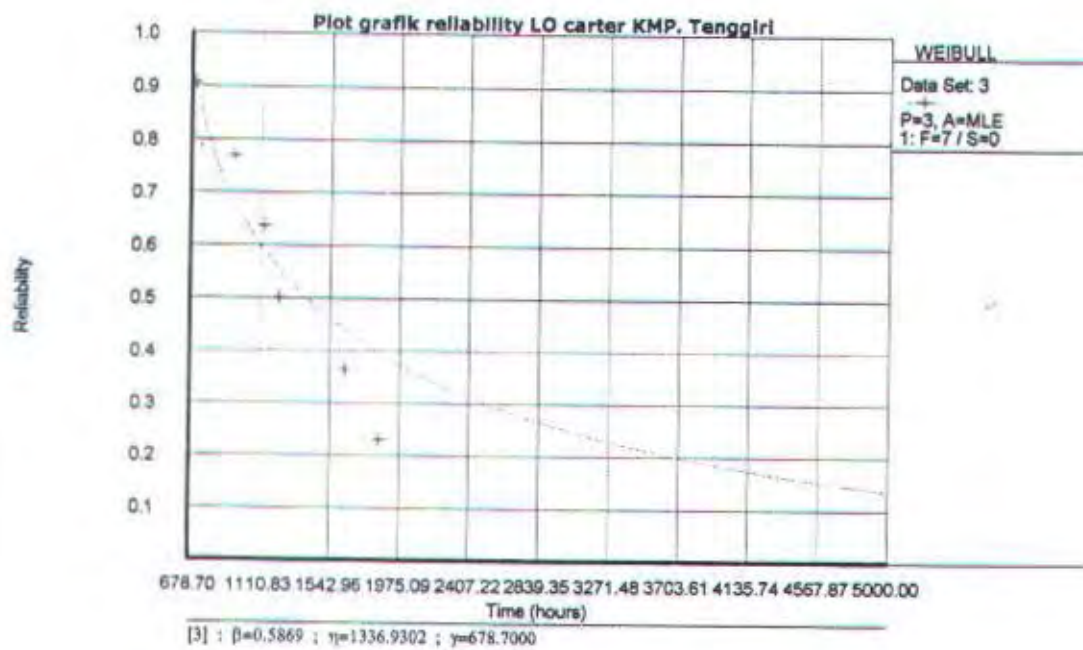


Gambar C.14d. Probability density function

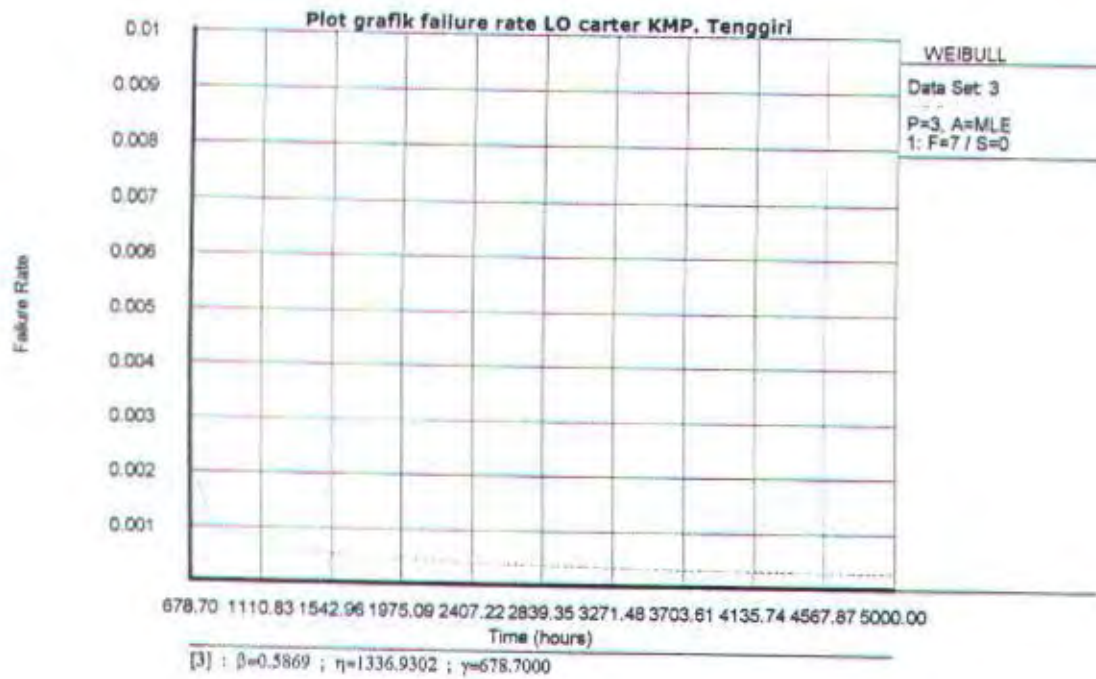
15. LO carter KMP. Tenggiri



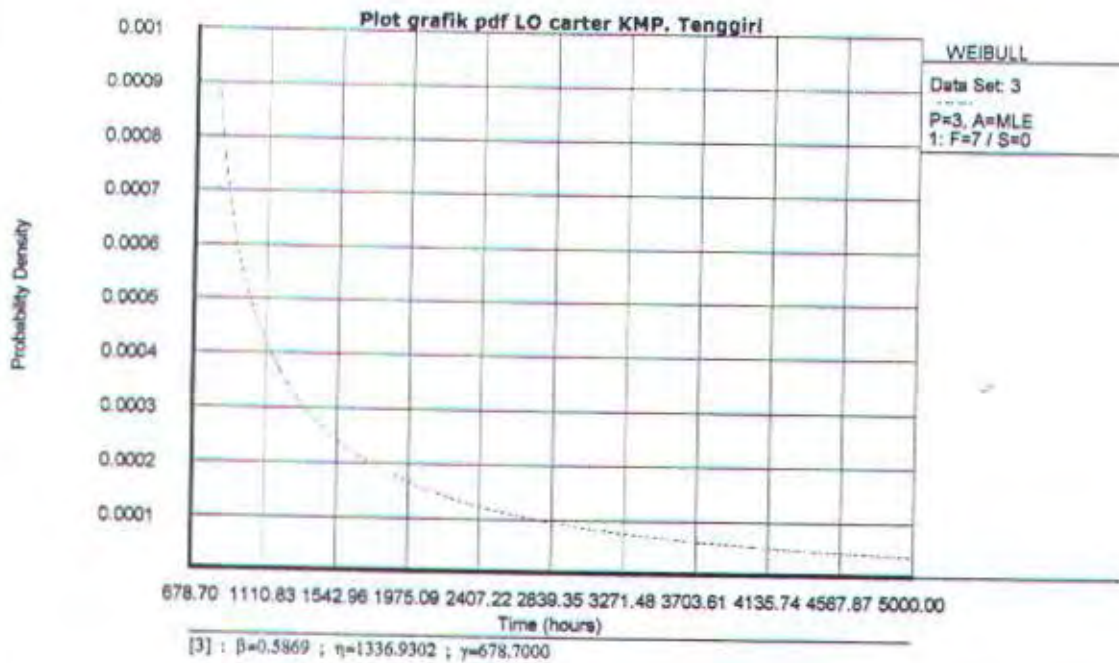
Gambar C.15a. Unreliability function



Gambar C.15b. Reliability function

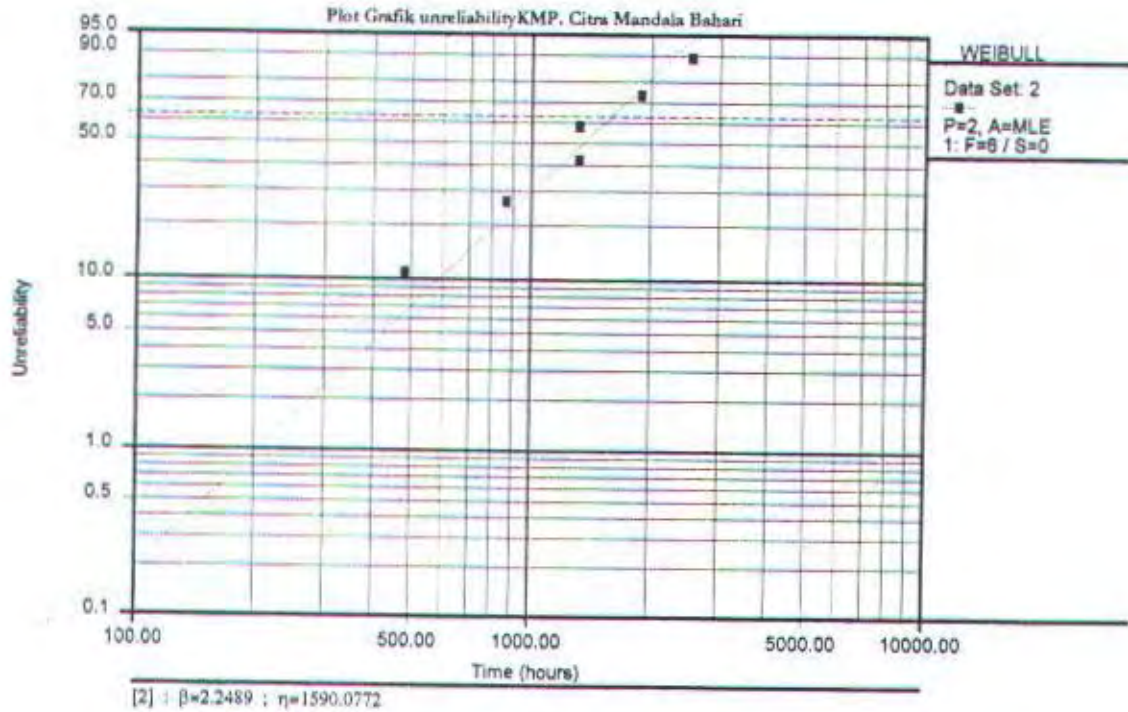


Gambar C.15c. Failure rate function

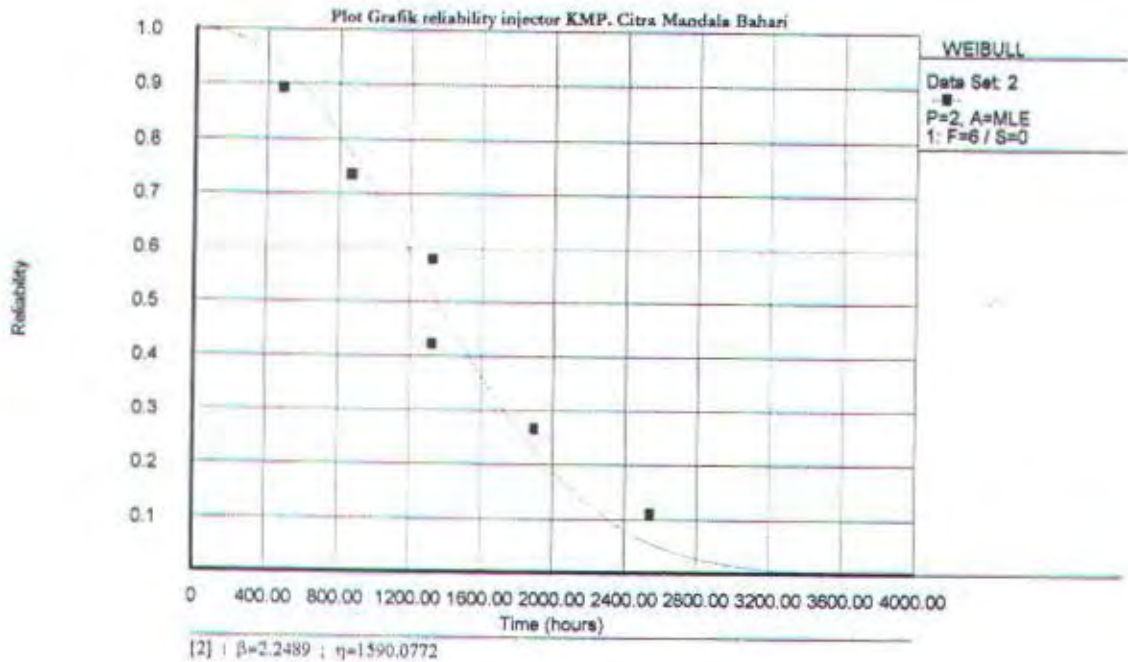


Gambar C.15d. Probability density function

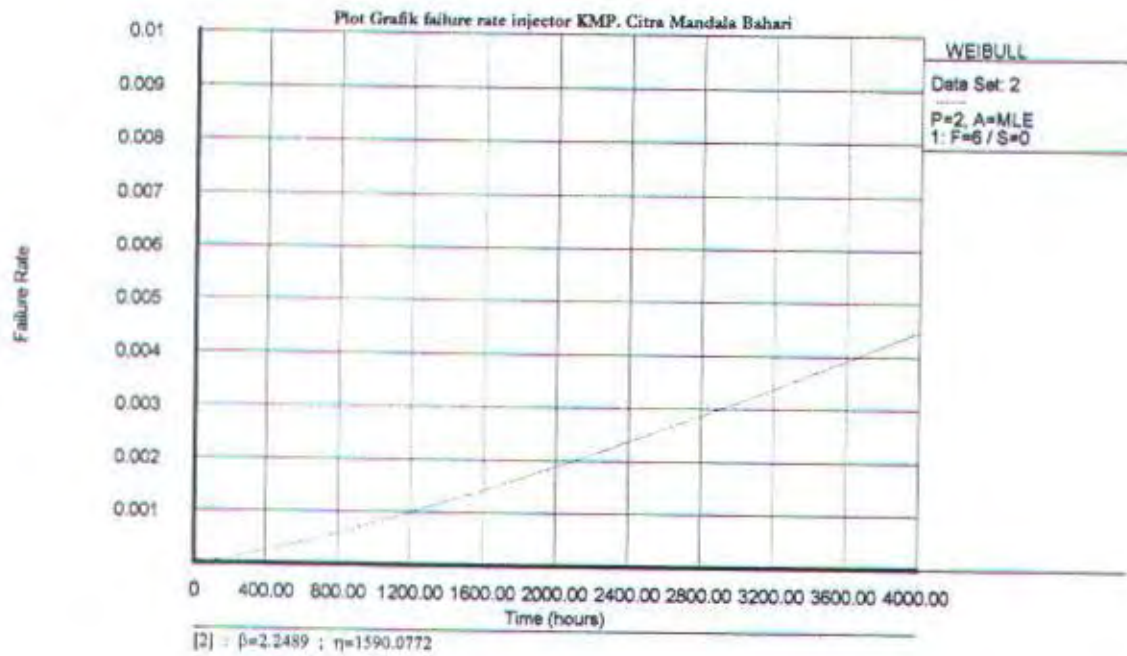
16. Injector KMP. Citra Mandala Bahari



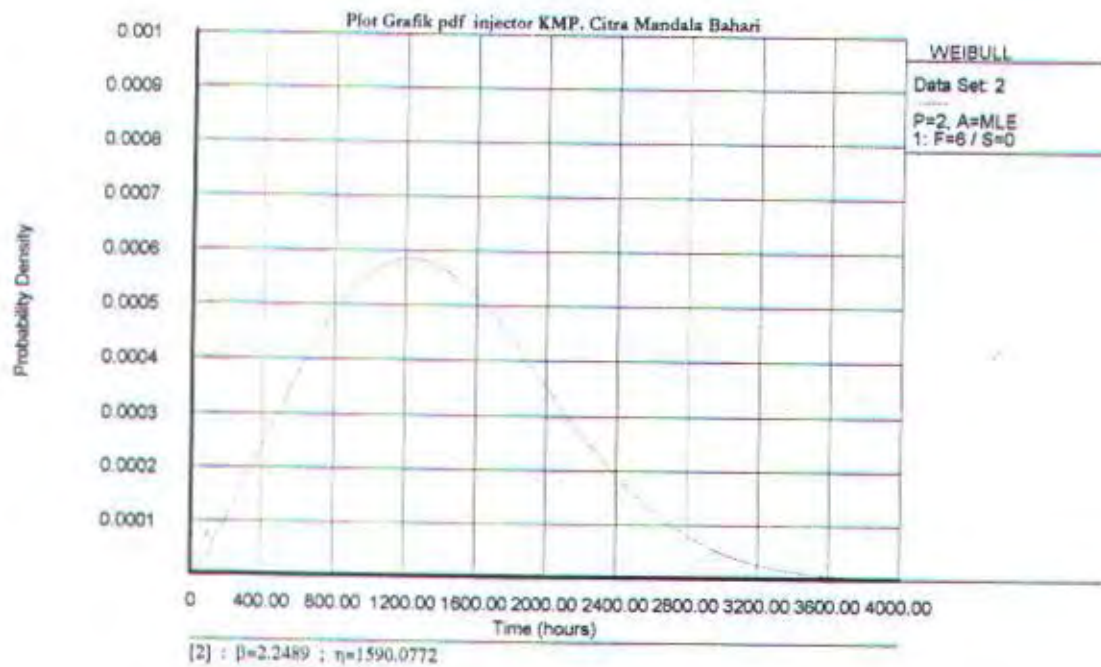
Gambar C.16a. Unreliability function



Gambar C.16b. Reliability function

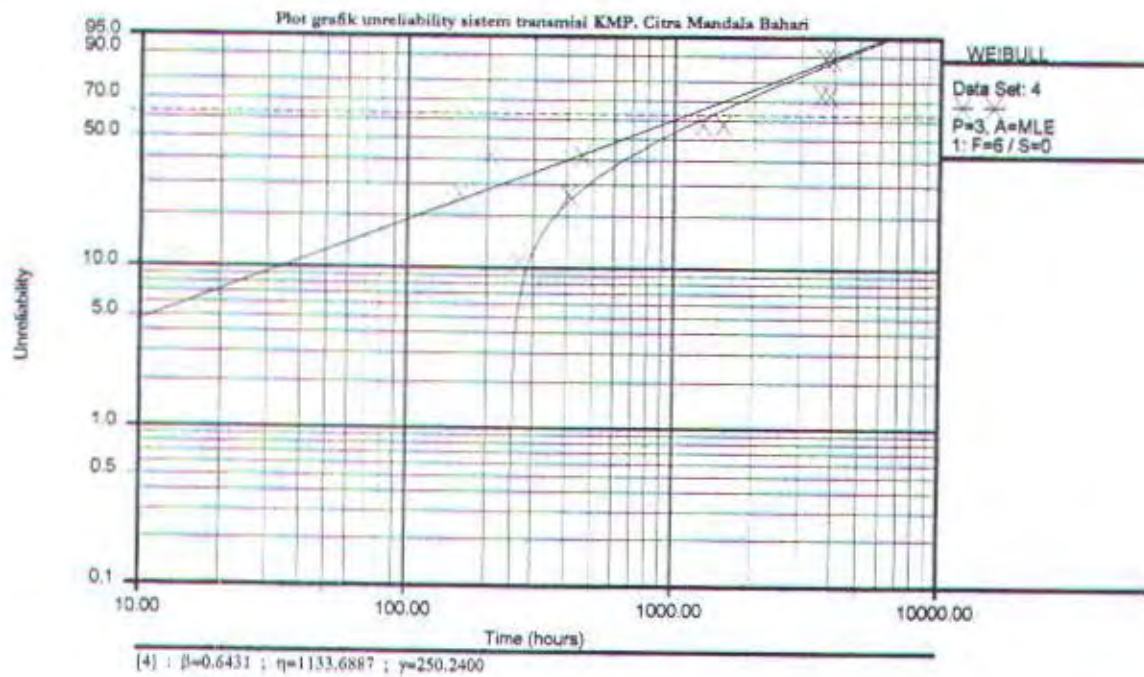


Gambar C.16c. Failure rate function

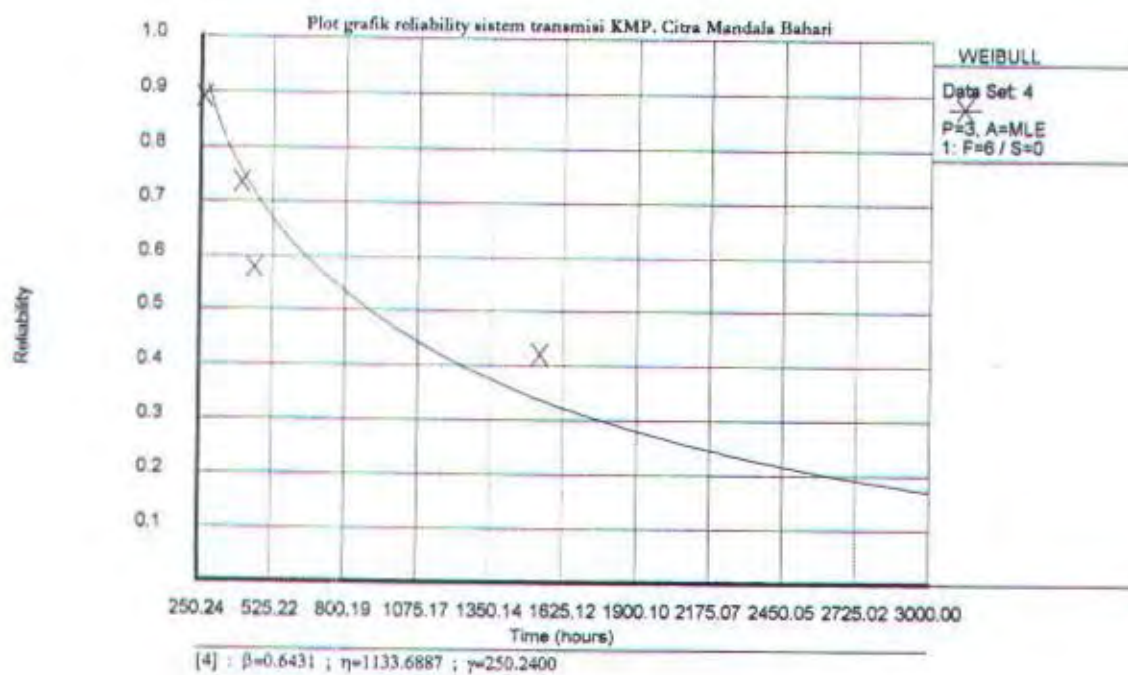


Gambar C.16d. Probability density function

17. System Trasmisi KMP, Citra Mandala Bahari



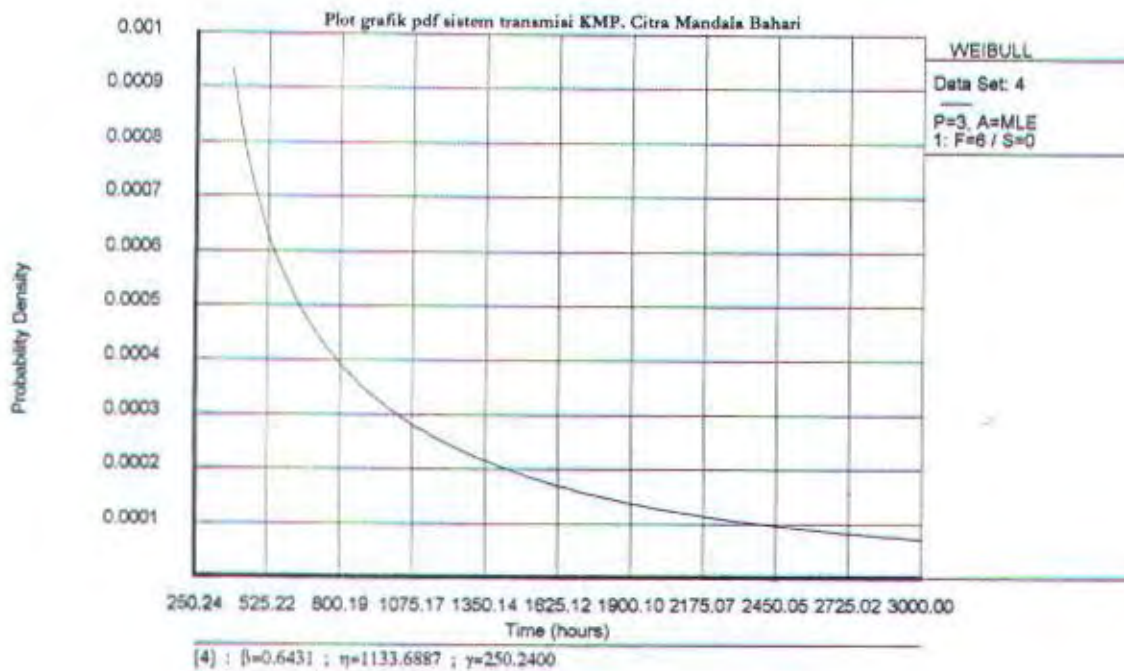
Gambar C.17a. Unreliability function



Gambar C.17b. Reliability function

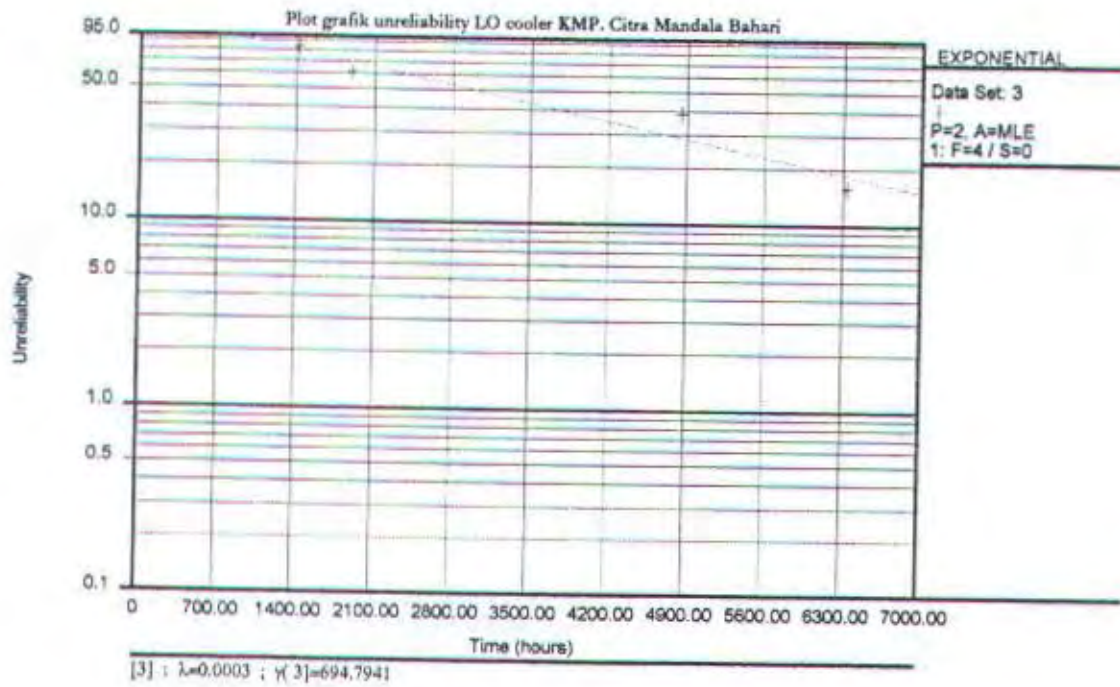


Gambar C.17c. Failure rate function

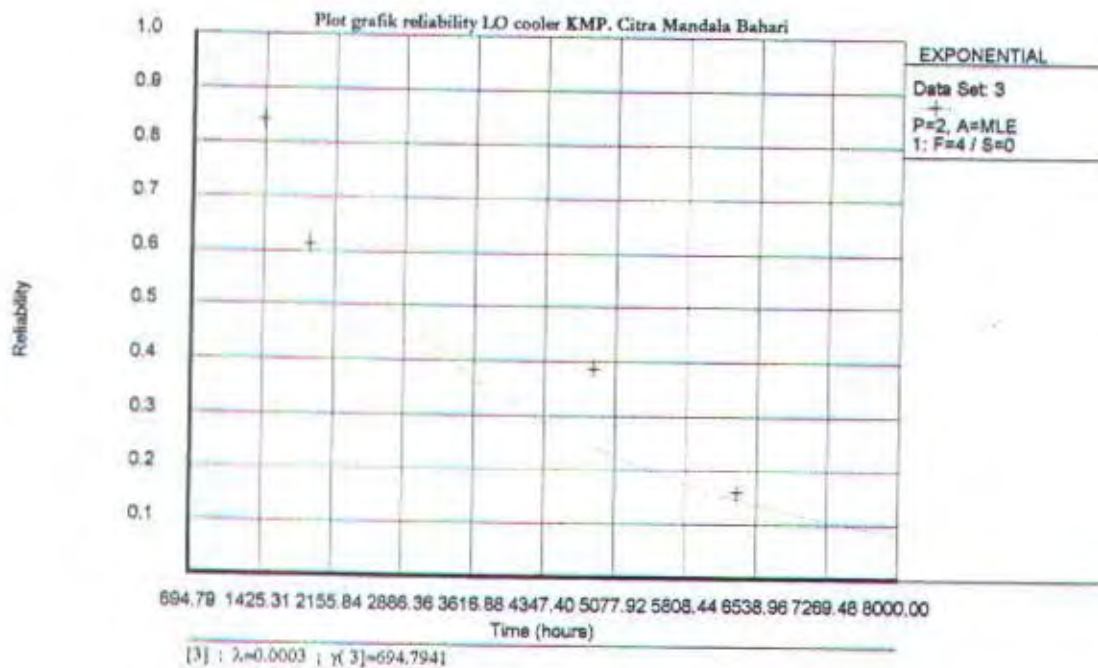


Gambar C.17d. Probability density function

18. LO cooler KMP, Citra Mandala Bahari



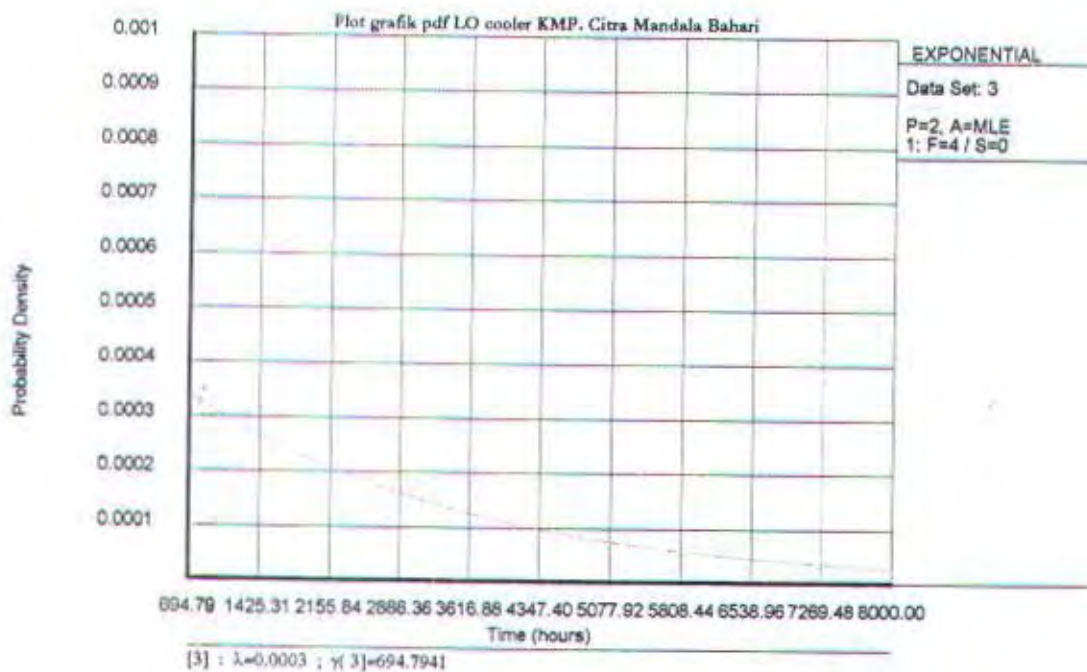
Gambar C.18a. Unreliability function



Gambar C.18b. Reliability function

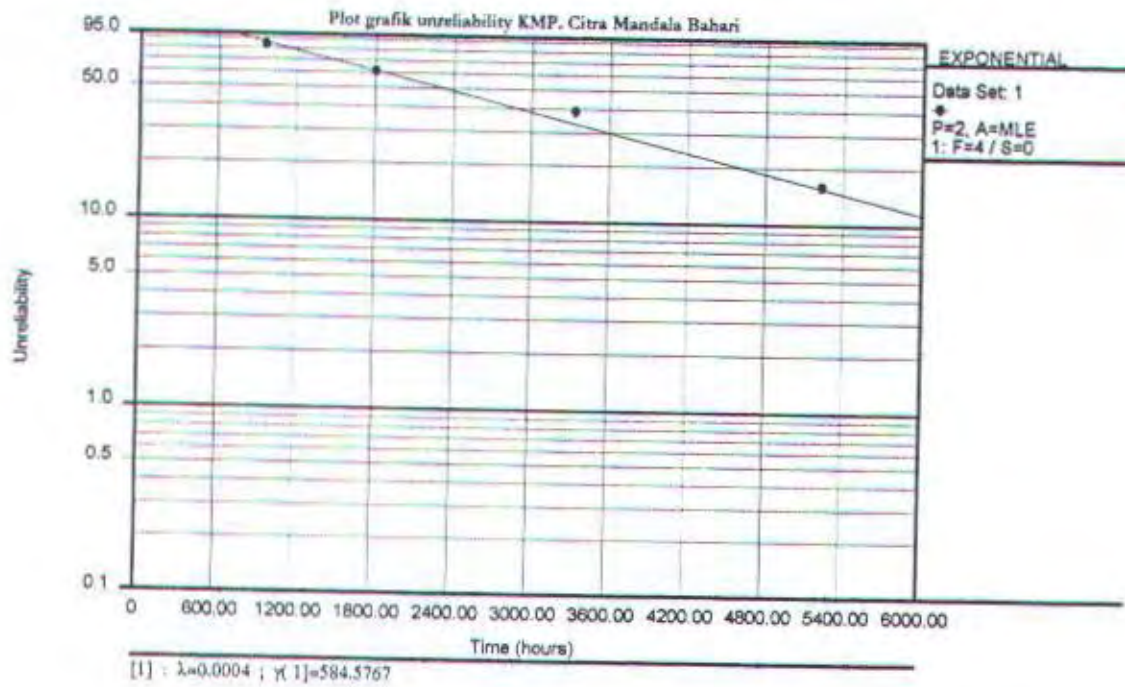


Gambar C.18c. Failure rate function

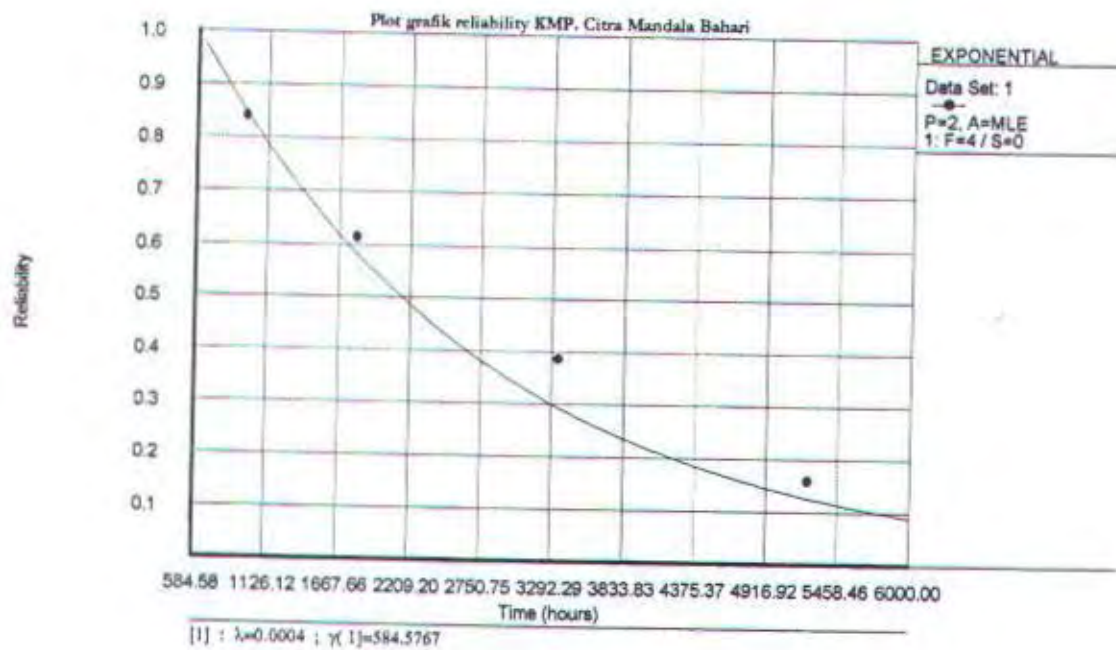


Gambar C.18d. Probability density function

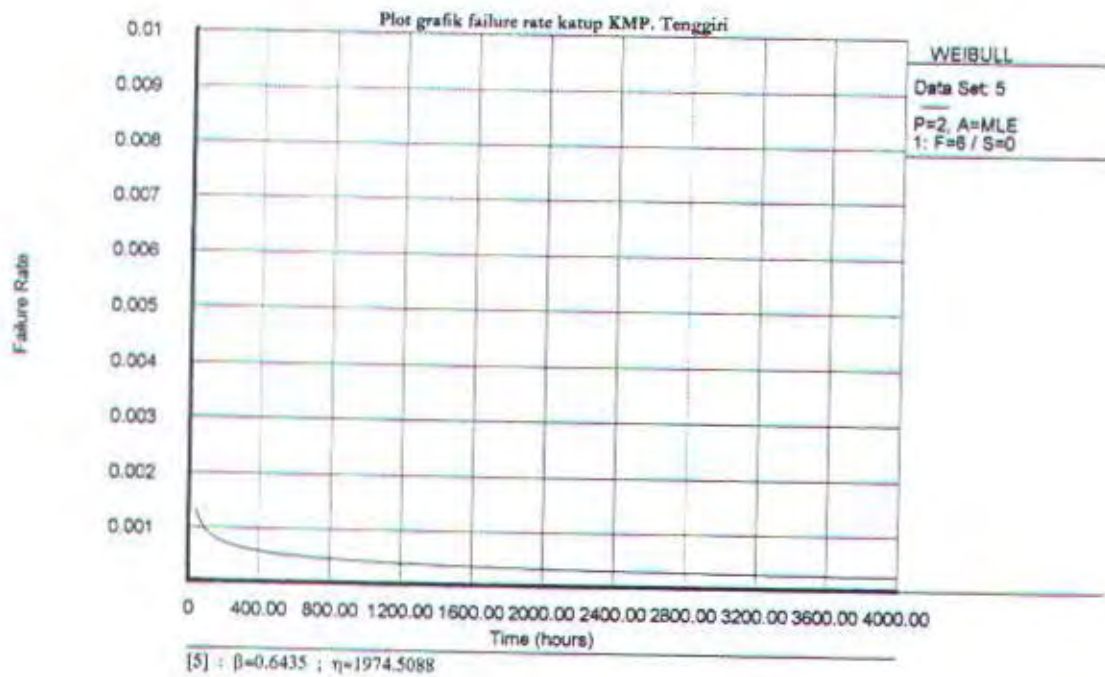
19. Cylinder head KMP. Citra Mandala Bahari



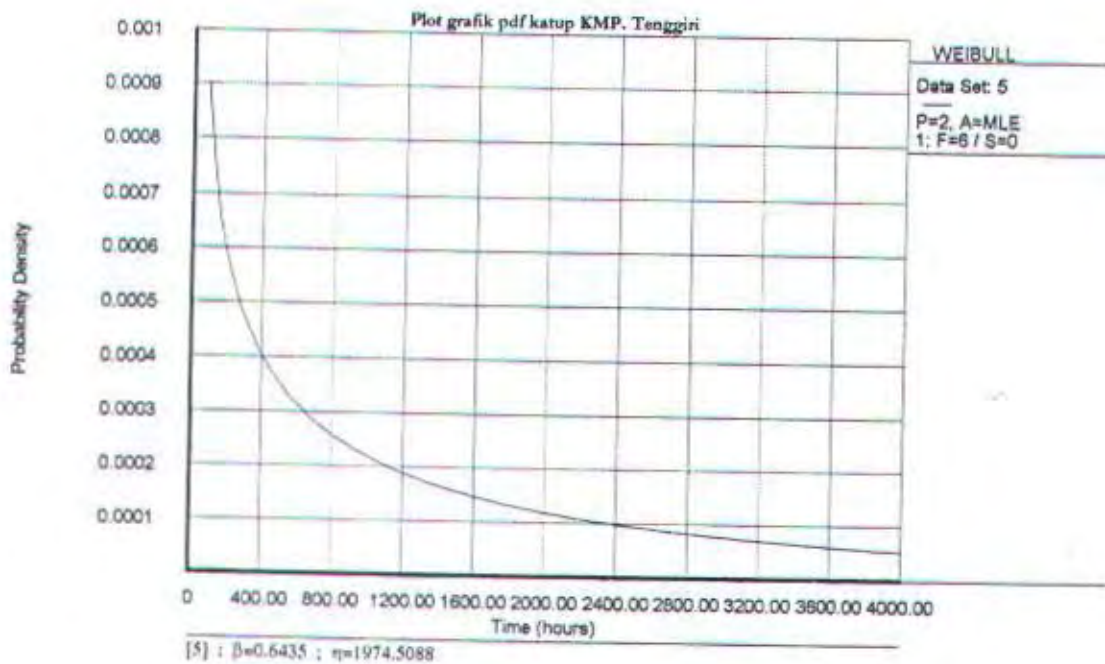
Gambar C.19a. Unreliability function



Gambar C.19b. Reliability function

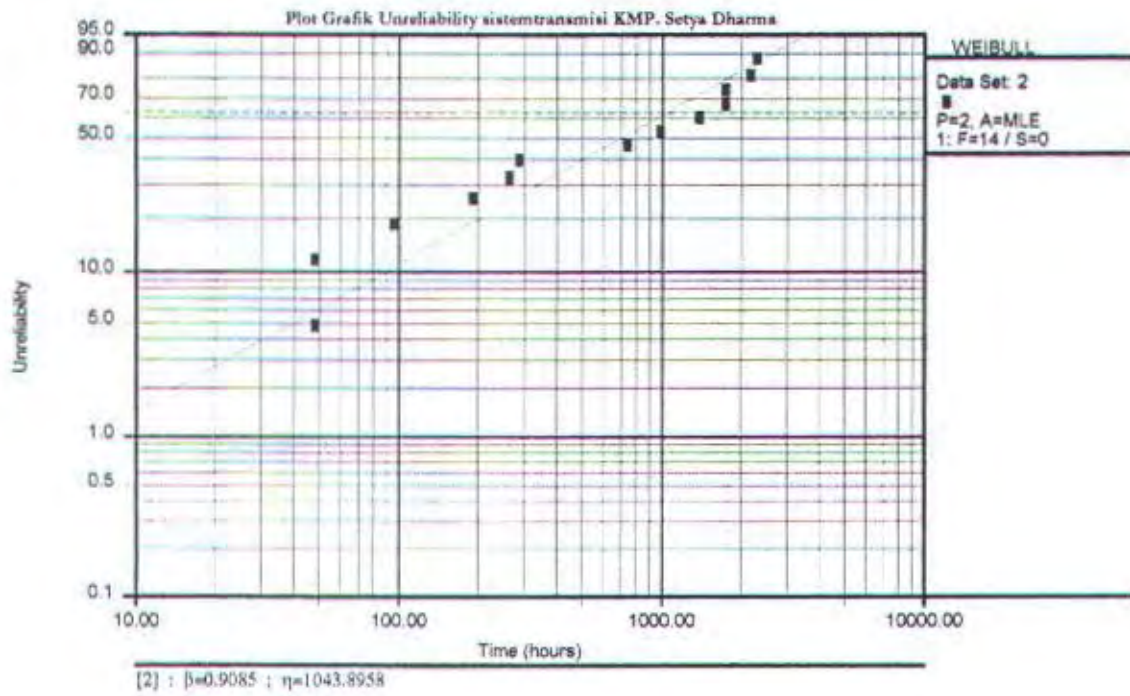


Gambar C.12c. Failure rate function

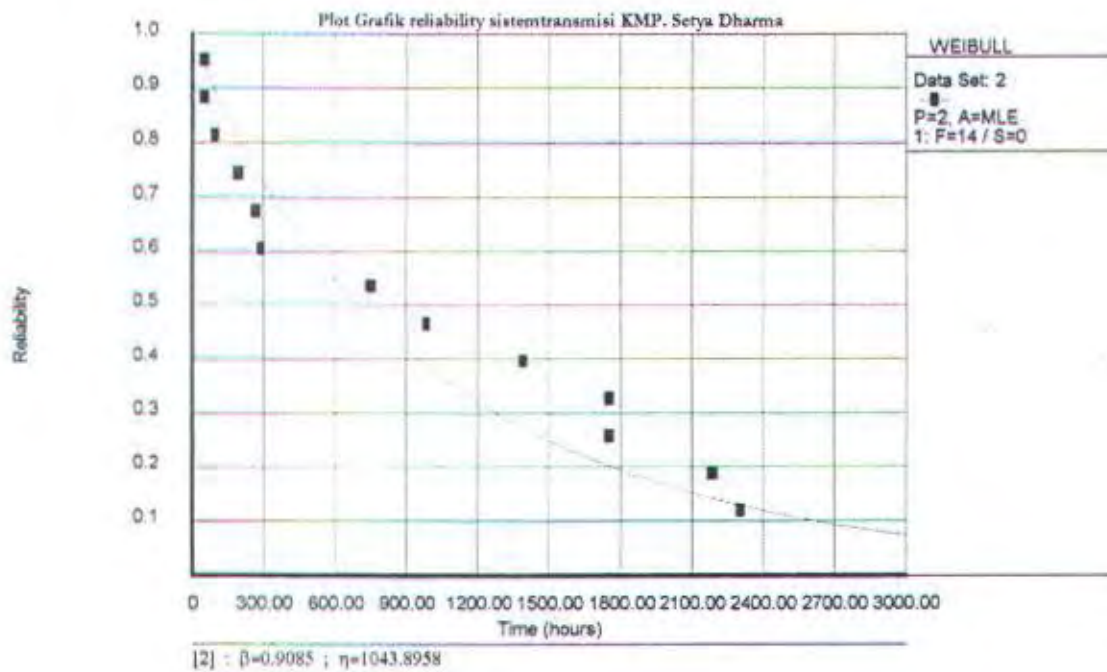


Gambar C.12d. Probability density function

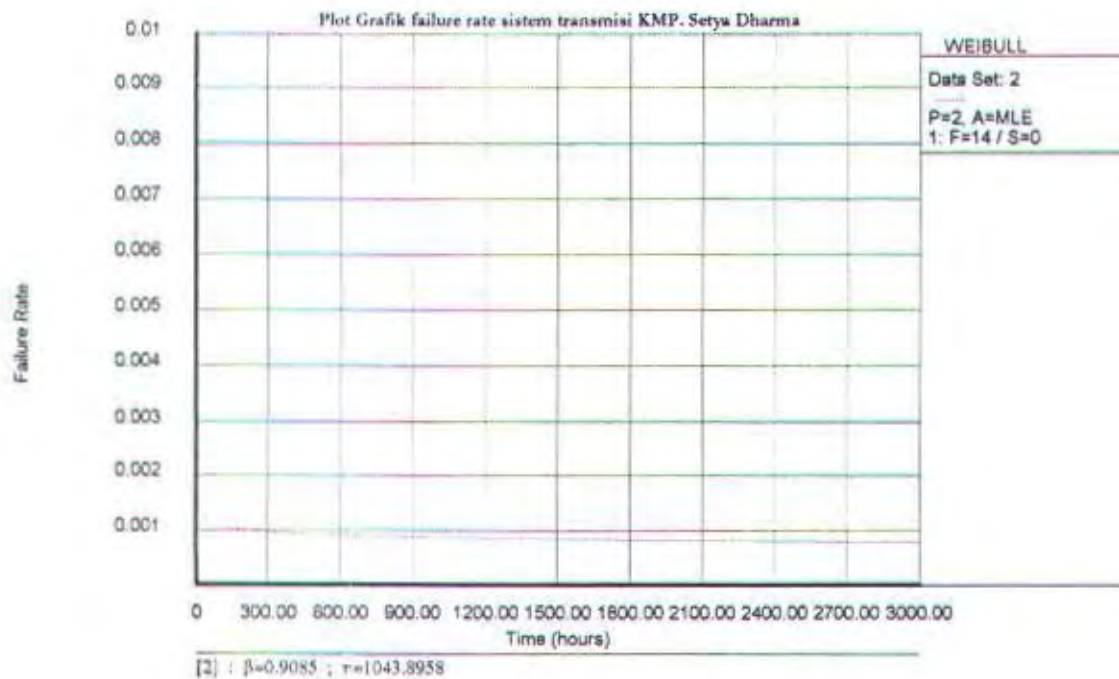
20. System Trasmisi KMP. Setya Dharma



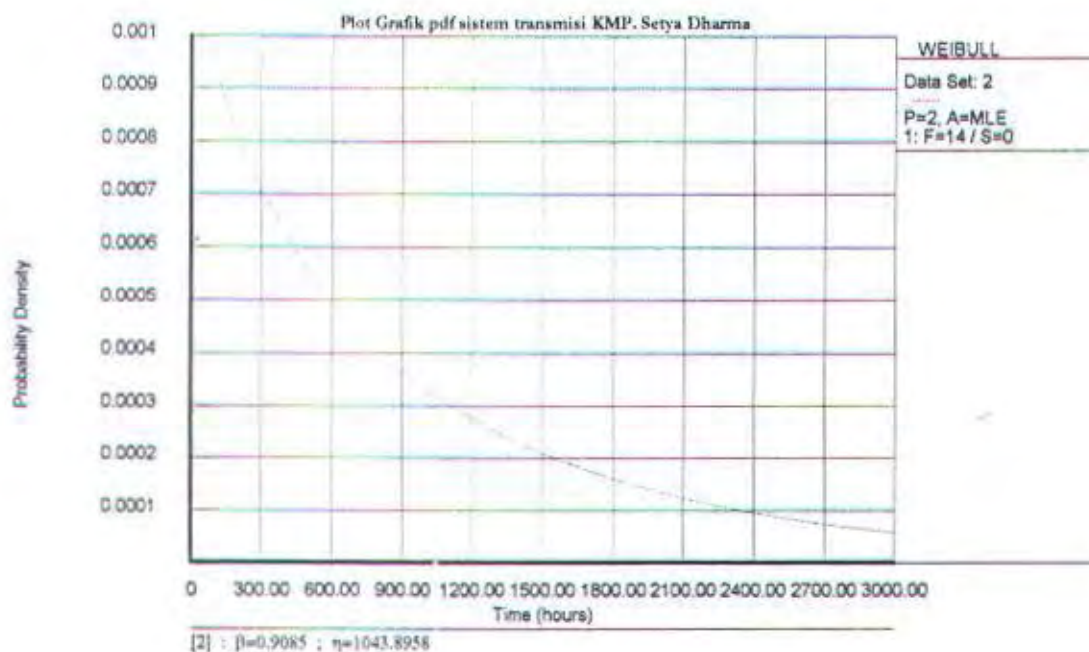
Gambar C.20a. Unreliability function



Gambar C.20b. Reliability function

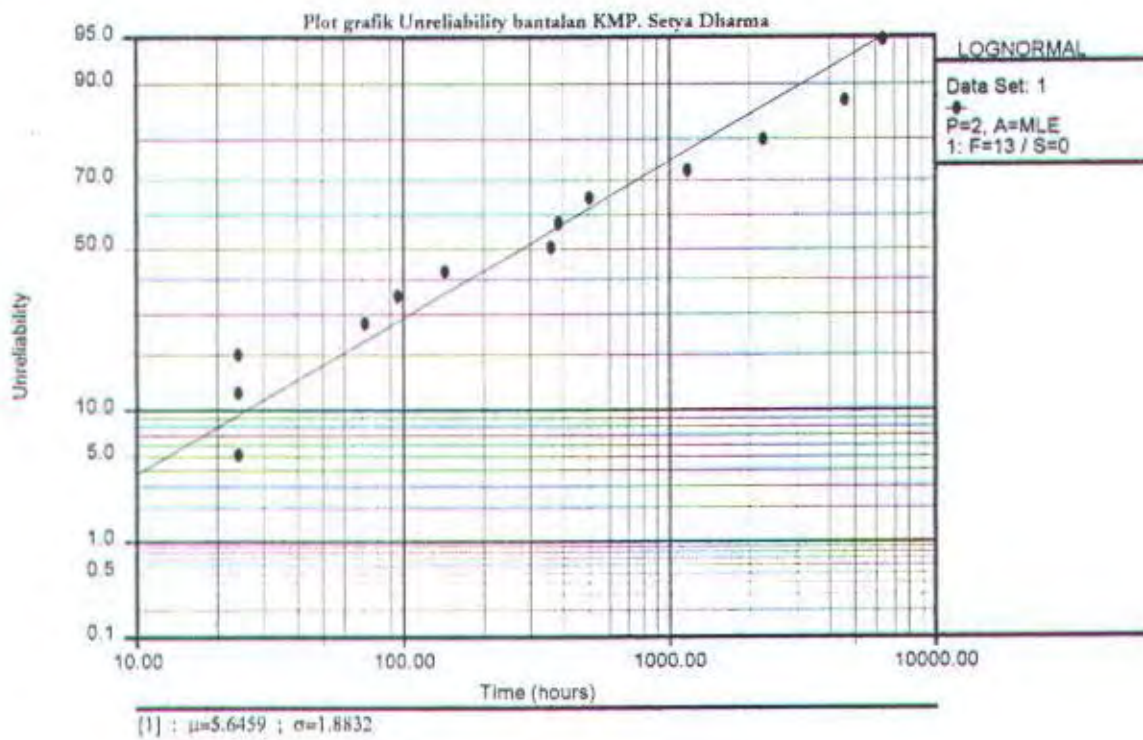


Gambar C.20c. Failure rate function

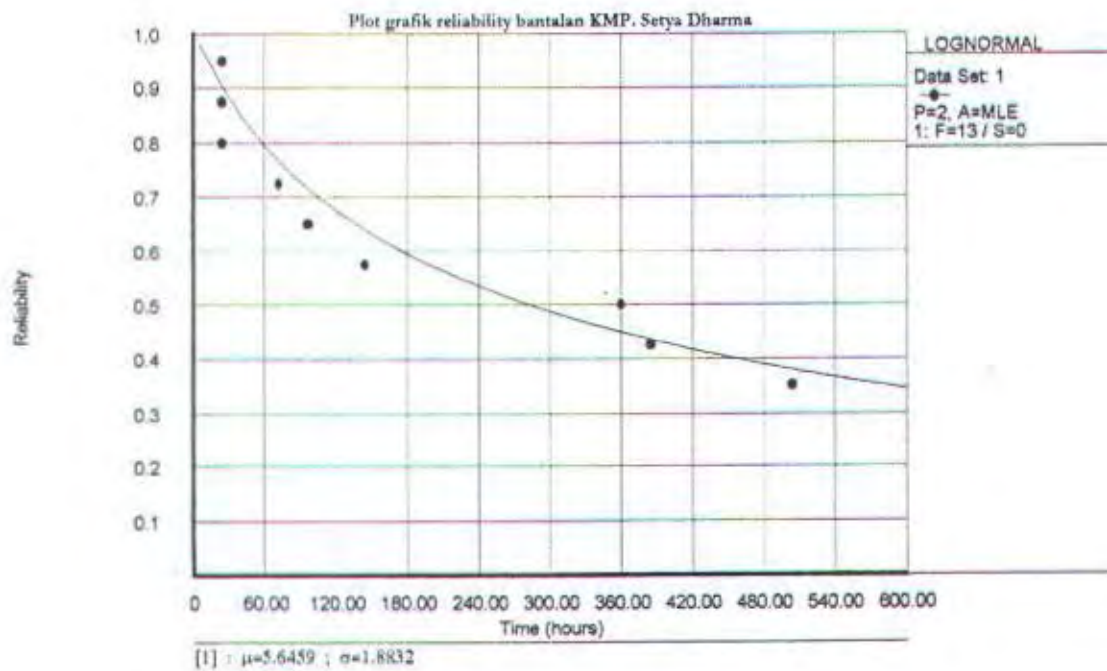


Gambar C.20d. Probability density function

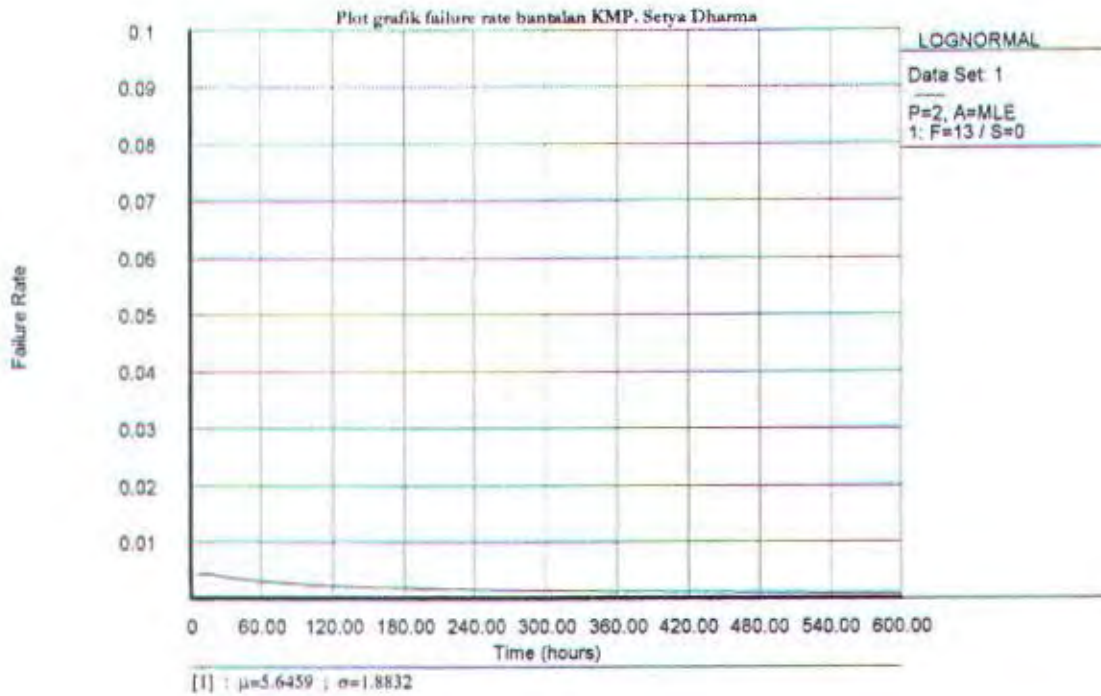
21. Bantalan KMP, Setya Dharma



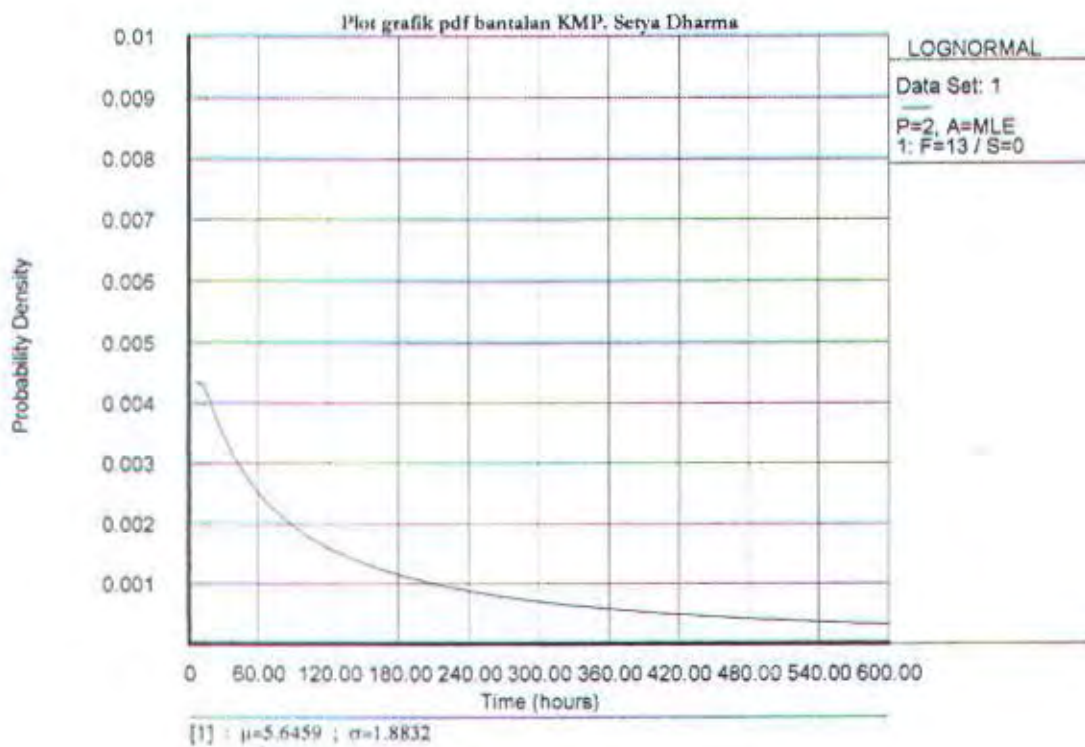
Gambar C.21a. Unreliability function



Gambar C.21b. Reliability function



Gambar C.21c. Failure rate function



Gambar C.21d. Probability density function

1. Injector dan Nozzle FO KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION AvGOF		AvPlot	LKV	
Exponential 1	37.7516	10.6548	-151.0978	
Exponential 2	83.5900	10.7973	-160.0191	
Normal	83.7541	13.3514	-164.3679	
Lognormal	39.2205E-8	2.2350	-148.9342	
Weibull 2	0.3045	4.2896	-149.1936	
Weibull 3	0.2754	4.2611	-149.1589	
DISTRIBUTION R: AvGOF		R: AvPlot	R: LKV	R: DESARR
Exponential 1	6 6	540	4	
Exponential 2	5 4	480	5	
Normal	4 5	480	6	
Lognormal	1 1	100	1	
Weibull 2	3 3	300	3	
Weibull 3	2 2	200	2	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1 4

Exponential 2 5

Normal 6

Lognormal 1

Weibull 2 3

Weibull 3 2

Calculation Results:

Step 1

Intilizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0004

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential

Lambda=0.0002

Gamma=-1839.3654

Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=2665.4118
 Std=3826.7371
 Done. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.9094
 LStd=1.5411
 Done. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.7204
 Eta=2116.0190
 Done. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.7183
 Eta=2110.2309
 Gamma=1.3000
 Done. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.

The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.

The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT)

The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).

The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).

Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1

The first column is the GOF ranking.

The second column is the plot ranking.

The third column is the Likelihood Ranking.

The last column is the average decision weight ranking.

The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.

You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

2. Bosch Pump KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	2.1910	6.6356	-116.1943
Exponential 2	1.0798	6.5532	-115.9671
Normal	0.0794	3.7428	-118.7792
Lognormal	19.1798	8.8213	-119.2761
Weibull 2	1.3666	6.7075	-117.4444
Weibull 3	85.2353E-8	2.2644	-117.4621

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5	4	390	2
Exponential 2	3	3	240	1
Normal	2	2	290	5
Lognormal	6	6	600	6
Weibull 2	4	5	390	3
Weibull 3	1	1	190	4

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	5
Exponential 2	3
Normal	4
Lognormal	6
Weibull 2	2
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0007
 Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0007
 Gamma=24.0000
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1479.4286
 Std=1152.4859
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.6544
 LStd=1.5121
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.0119
 Eta=1485.3554
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.8580
 Eta=2294.3948
 Gamma=-.550.7599
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.

The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit

The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).

The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).

The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).

Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1

The first column is the GOF ranking.

The second column is the plot ranking.

The third column is the Likelihood Ranking.

The last column is the average decision weight ranking.

The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.

You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

3. FO Filter KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.1759	9.6860	-46.2410
Exponential 2	0.0000	5.1720	-45.5776
Normal	1.0222	7.8746	-46.2417
Lognormal	73.4982E-7	6.7949	-45.5687
Weibull 2	0.0088	6.9510	-45.5676
Weibull 3	0.0002	6.7033	-45.3902

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5	6	410	5
Exponential 2	1	1	170	4
Normal	6	5	470	6
Lognormal	2	3	200	3
Weibull 2	4	4	260	2
Weibull 3	3	2	170	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	1
Normal	5
Lognormal	2
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0003

Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Gamma=474.7291
 Done. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=3820.8000
 Std=2513.4956
 Done. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.9996
 LStd=0.7373
 Done. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.5756
 Eta=4274.6629
 Done. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.3453
 Eta=3734.7637
 Gamma=398.5000
 Done. Weibull 3

Comments during Calculations

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

4. Flexible Coupling KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	59.2067	13.6111	-90.4712
Exponential 2	41.1605	7.6317	-94.8604
Normal	28.7068	11.9611	-97.1174
Lognormal	0.1402	5.6242	-88.6561
Weibull 2	0.2223	6.1773	-89.0925
Weibull 3	0.0105	4.6625	-86.8337

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	6	540	4	
Exponential 2	5	480	5	
Normal	4	480	6	
Lognormal	2	200	2	
Weibull 2	3	300	3	
Weibull 3	1	100	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	5
Exponential 2	4
Normal	4
Lognormal	2
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Gamma=-1721.8749
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=3124.8000
 Std=3995.0420
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.9838
 LStd=1.5887
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.6863
 Eta=2401.2437
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.5634
 Eta=1910.1763
 Gamma=111.7000
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

5. Kompresor KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0024	4.0405	-84.3870
Exponential 2	27.0265E-9	3.3716	-83.0859
Normal	0.0146	6.1410	-84.9785
Lognormal	0.0001	4.4264	-82.8038
Weibull 2	0.0002	4.7450	-83.5248
Weibull 3	22.0031E-9	2.2866	-80.4465

DISTRIBUTION	R	AvGOF	R	AvPlot	R	LKV	R	DESARR
Exponential 1	6	6	480	6				
Exponential 2	2	1	150	2				
Normal	5	5	400	5				
Lognormal	3	3	240	3				
Weibull 2	4	4	320	4				
Weibull 3	1	2	90	1				

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	6
Exponential 2	2
Normal	5
Lognormal	3
Weibull 2	4
Weibull 3	1

Calculation Results

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0004
 Gamma=1978.7003
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=4437.0000
 Std=2015.2298
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=8.3036
 LStd=0.4257
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=2.3659
 Eta=5032.4941
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.0964
 Eta=2403.5301
 Gamma=2114.8000
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

6. Manifold Gas Buang KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0015	6.7101	-55.6369
Exponential 2	0.0041	4.1566	-56.3284
Normal	0.0014	9.6888	-57.3289
Lognormal	0.0285	4.5419	-55.1554
Weibull 2	41.8284E-6	4.9602	-55.4696
Weibull 3	0.0009	4.2650	-55.0942

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	4	5	330	4
Exponential 2	5	1	360	5
Normal	3	6	360	6
Lognormal	6	3	330	2
Weibull 2	1	4	170	3
Weibull 3	2	2	130	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	4
Normal	4
Lognormal	3
Weibull 2	2
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
Lambda=0.0003
Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
Lambda=0.0002
Gamma=-478.3521
Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
Mean=3916.0000
Std=3414.8780
Done.. Normal

Calculating! LogNormal
LMean=7.8947
LStd=0.8860
Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
Beta=1.2075
Eta=4191.9588
Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
Beta=1.0601
Eta=3675.6589
Gamma=328.6600
Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
The first three columns show the results.
The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
larger values indicate a bad fit.
The second column is a normalized measure of how well
the plotted values fit (AVPLOT)
The third column is the value of the likelihood function
using the parameters calculated (LKV).
The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
Comments and other results during calculations, can be found
on the next page.

Step 2 is completed!
The columns represent a ranking, based on the values
in step 1
The first column is the GOF ranking.
The second column is the plot ranking.
The third column is the Likelihood Ranking.
The last column is the average decision weight ranking.
The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
Column 1 presents the ranking of my choices.
You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

7. LO Filter KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0909	11.8844	-36.9814
Exponential 2	59.1221E-9	2.7046	-35.9655
Normal	18.7869E-9	7.2266	-36.3524
Lognormal	97.2348E-9	5.0863	-35.9861
Weibull 2	0.0000	5.2938	-35.9910
Weibull 3	0.0000	5.1151	-35.9593

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5 6	440	6	
Exponential 2	3 1	190	2	
Normal	2 5	280	5	
Lognormal	4 2	270	3	
Weibull 2	1 4	200	4	
Weibull 3	1 3	100	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	6
Exponential 2	2
Normal	5
Lognormal	4
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0003

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Gamma=854.5942
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=3810.0000
 Std=2141.3444
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=8.0718
 LStd=0.6101
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.8922
 Eta=4314.4097
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.8056
 Eta=4136.9142
 Gamma=148.6000
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

LAMPIRAN C.2

8. LO Cooler KMP. Adhi Swadarma III

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0005	8.7423	-38.3002
Exponential 2	0.0000	3.4157	-37.6359
Normal	0.0001	8.3426	-38.0077
Lognormal	93.9130E-9	4.7341	-37.3580
Weibull 2	94.4368E-10	6.1536	-37.4982
Weibull 3	0.0000	5.2391	-37.2766

DISTRIBUTION	R	AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5	6	440	6	
Exponential 2	1	1	170	4	
Normal	4	5	360	5	
Lognormal	3	2	200	2	
Weibull 2	2	4	210	3	
Weibull 3	1	3	100	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	6
Exponential 2	2
Normal	5
Lognormal	3
Weibull 2	4
Weibull 3	1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Gamma=810.7294
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=5298.0000
 Std=3238.9943
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=8.3835
 LStd=0.6295
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.7448
 Eta=5987.2765
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.4030
 Eta=4892.0779
 Gamma=857.3800
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT)
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

1. Turbocharge KMP. Tenggiri

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	17.6646	6.4267	-147.6047
Exponential 2	19.7036	7.3471	-147.2353
Normal	5.7917	5.4411	-149.2537
Lognormal	14.0695	6.9588	-149.8431
Weibull 2	1.1095	4.2924	-147.3284
Weibull 3	0.1410	4.3277	-147.4490

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5	4	360	4
Exponential 2	6	6	330	1
Normal	3	3	300	5
Lognormal	4	5	390	6
Weibull 2	2	1	150	2
Weibull 3	1	2	150	3

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	3
Normal	2
Lognormal	5
Weibull 2	1
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0001
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0001
 Gamma=168.0000
 Done. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=6907.2000
 Std=5071.1207
 Done. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=8.3521
 LStd=1.2443
 Done. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.1819
 Eta=7266.2573
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.3265
 Eta=7793.7893
 Gamma=-293.0599
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

2. Pompa Pendingin KMP. Tenggeri

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	58.3443	8.1602	-181.4157
Exponential 2	61.0424	10.4020	-187.5173
Normal	72.7993	9.4229	-193.0789
Lognormal	0.1185	3.3260	-180.4657
Weibull 2	5.3556	3.6743	-180.4519
Weibull 3	2.6062	3.3632	-179.8477

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	4	4	320	4
Exponential 2	5	6	410	5
Normal	6	5	470	6
Lognormal	1	1	140	3
Weibull 2	3	3	210	2
Weibull 3	2	2	130	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	5
Normal	6
Lognormal	2
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0002

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0001
 Gamma=-1953.1030
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=5157.4737
 Std=6267.3743
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.7051
 LStd=1.4537
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.7909
 Eta=4493.4531
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.7568
 Eta=4315.4928
 Gamma=54.5800
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.

The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.

The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).

The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).

The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).

Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1

The first column is the GOF ranking

The second column is the plot ranking.

The third column is the Likelihood Ranking.

The last column is the average decision weight ranking.

The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.

You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

3. LO filter KMP. Tenggeri

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0369	9.9916	-57.8044
Exponential 2	0.1444	9.6035	-57.9508
Normal	0.0080	5.6924	-58.8496
Lognormal	0.4056	9.9896	-58.3522
Weibull 2	0.1849	8.1226	-57.7988
Weibull 3	0.1122	9.7760	-57.1226

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	2	6	230	3
Exponential 2	4	3	310	4
Normal	1	1	230	6
Lognormal	6	5	440	5
Weibull 2	5	2	280	2
Weibull 3	3	4	190	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	2
Exponential 2	4
Normal	2
Lognormal	5
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Done., Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
Lambda=0.0002
Gamma=-138.8276
Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
Mean=5620.0000
Std=4399.9145
Done.. Normal

Calculating! LogNormal
LMean=8.0427
LStd=1.3018
Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
Beta=1.0380
Eta=5695.7363
Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
Beta=0.7654
Eta=4691.5927
Gamma=339.7600
Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
The first three columns show the results.
The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
larger values indicate a bad fit.
The second column is a normalized measure of how well
the plotted values fit (AVPLOT).
The third column is the value of the likelihood function
using the parameters calculated (LKV).
The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
Comments and other results during calculations, can be found
on the next page.

Step 2 is completed!
The columns represent a ranking, based on the values
in step 1
The first column is the GOF ranking.
The second column is the plot ranking.
The third column is the Likelihood Ranking.
The last column is the average decision weight ranking.
The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
Column 1 presents the ranking of my choices.
You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

4. Katup (Exhaust & Intake Valve) KMP, Tenggara

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.9222	10.1065	-53.3164
Exponential 2	1.6526	7.5366	-56.3378
Normal	0.6341	11.5075	-57.2461
Lognormal	74.9416E-10	4.4635	-52.5646
Weibull 2	0.0000	3.7041	-52.2181
Weibull 3	0.0000	3.7888	-52.5103

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	4	5	330	4
Exponential 2	5	4	390	5
Normal	3	6	360	6
Lognormal	2	3	200	3
Weibull 2	1	1	80	1
Weibull 3	1	2	120	2

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	6
Normal	5
Lognormal	3
Weibull 2	1
Weibull 3	2

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0004

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Gamma=-1741.2824
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=2660.0000
 Std=3368.0879
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.6740
 LStd=1.9500
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.6435
 Eta=1974.5088
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.6788
 Eta=2073.1912
 Gamma=-18.3799
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1.
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

5. Kompresor KMP. Tenggeri

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.0380	6.4754	-68.4389
Exponential 2	0.0031	6.6128	-70.6152
Normal	12.4215	9.8831	-71.9223
Lognormal	14.8801	8.0038	-69.2799
Weibull 2	0.0462	5.7324	-67.9118
Weibull 3	79.3178E-7	6.0251	-68.8232

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	3 3	210	2	
Exponential 2	2 4	270	5	
Normal	5 6	440	6	
Lognormal	6 5	410	4	
Weibull 2	4 1	200	1	
Weibull 3	1 2	150	3	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	4
Normal	6
Lognormal	5
Weibull 2	2
Weibull 3	1

Calculation Results

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0001
 Gamma=-2364.1705
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=6483.4286
 Std=7014.2254
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.7652
 LStd=2.0402
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.7418
 Eta=5569.4106
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.9715
 Eta=6763.7402
 Gamma=-370.7599
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV)
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

6. Injector KMP. Tenggara

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	41.9754E-6	7.1609	-40.8536
Exponential 2	12.3727E-6	5.9898	-40.2598
Normal	1.3883	8.8573	-40.9043
Lognormal	0.0004	6.8478	-40.0905
Weibull 2	0.0285	7.7270	-40.1865
Weibull 3	23.9841E-6	6.8940	-39.7631

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	3	4	310	5
Exponential 2	1	1	170	4
Normal	6	6	480	6
Lognormal	4	2	240	2
Weibull 2	5	5	340	3
Weibull 3	2	3	140	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	2
Normal	6
Lognormal	3
Weibull 2	5
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0008
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0009
 Gamma=145.6668
 Done. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1300.8000
 Std=864.3199
 Done. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.9250
 LStd=0.7219
 Done. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.5695
 Eta=1456.4603
 Done. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.1530
 Eta=1115.7921
 Gamma=239.5000
 Done. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV)
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

7. LO Carter KMP. Tenggiri

Current Results Matrix

Matrix Order

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	62.4319	14.9537	-62.8580
Exponential 2	85.1111	17.8729	-67.8348
Normal	71.6038	17.0951	-68.2048
Lognormal	12.4477	10.2673	-61.0477
Weibull 2	30.8744	12.6111	-62.7878
Weibull 3	1.0402	7.3848	-58.5412

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	4 4	320	4	
Exponential 2	6 6	450	5	
Normal	5 5	430	6	
Lognormal	2 2	160	2	
Weibull 2	3 3	240	3	
Weibull 3	1 1	80	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	6
Normal	5
Lognormal	2
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0003

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Gamma=-3026.1748
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=2921.1429
 Std=4124.1852
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.4166
 LStd=0.8919
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.9095
 Eta=2752.9728
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.5869
 Eta=1336.9302
 Gamma=678.7000
 Done.. Weibull 3
 Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

1. Injector FO KMP. Citra Mandala Bahari

Current Results Matrix

Matrix Order:

	DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	1.6520	10.5070	-49.4824	
Exponential 2	1.0803	7.5827	-46.9722	
Normal	0.0028	5.5739	-47.5658	
Lognormal	0.0038	5.1803	-47.4874	
Weibull 2	23.0332E-8	5.5560	-47.2824	
Weibull 3	24.7869E-7	5.4999	-47.3152	

	DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	6	6	480	6	
Exponential 2	5	5	280	1	
Normal	3	4	310	5	
Lognormal	4	1	290	4	
Weibull 2	1	3	130	2	
Weibull 3	2	2	190	3	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	6
Exponential 2	3
Normal	5
Lognormal	4
Weibull 2	1
Weibull 3	2

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda= 0.0007
 Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0011
 Gamma=480.0000
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1404.0000
 Std=670.9635
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.1159
 LStd=0.5378
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=2.2489
 Eta=1590.0772
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=2.3894
 Eta=1677.4519
 Gamma=-.77.8999
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.

The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.

The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT)

The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).

The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).

Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1

The first column is the GOF ranking.

The second column is the plot ranking.

The third column is the Likelihood Ranking.

The last column is the average decision weight ranking.

The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.

You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

2. Sistem Transmisi KMP. Citra Mandala Bahari

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	
Exponential 1	1.1653	7.8982	-50.7835	
Exponential 2	0.8994	8.5523	-52.0617	
Normal	5.4297	11.3099	-52.7052	
Lognormal	2.1655	8.1208	-50.5937	
Weibull 2	3.3909	7.6636	-50.7790	
Weibull 3	0.0300	7.4197	-48.8399	
DISTRIBUTION R	AvGOF	R: AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	3	3	270	4
Exponential 2	2	5	280	5
Normal	6	6	480	6
Lognormal	4	4	260	2
Weibull 2	5	2	310	3
Weibull 3	1	1	80	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	4
Normal	6
Lognormal	2
Weibull 2	5
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0006
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
Lambda=0.0005
Gamma=-414.0639
Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
Mean=1744.0000
Std=1580.1570
Done.. Normal

Calculating! LogNormal
LMean=6.9306
LStd=1.0862
Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
Beta=1.0315
Eta=1766.9033
Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
Beta=0.6431
Eta=1133.6887
Gamma=250.2400
Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
The first three columns show the results.
The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
larger values indicate a bad fit.
The second column is a normalized measure of how well
the plotted values fit (AVPLOT).
The third column is the value of the likelihood function
using the parameters calculated (LKV).
The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
Comments and other results during calculations, can be found
on the next page.

Step 2 is completed!
The columns represent a ranking, based on the values
in step 1.
The first column is the GOF ranking.
The second column is the plot ranking.
The third column is the Likelihood Ranking.
The last column is the average decision weight ranking.
The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
Column 1 presents the ranking of my choices.
You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

3. LO Cooler KMP, Citra Mandala Bahari

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	
Exponential 1	0.0990	9.9226	-36.7812	
Exponential 2	30.9987E-9	6.0732	-35.9298	
Normal	0.1027	9.6245	-36.1666	
Lognormal	0.0069	10.1838	-35.8403	
Weibull 2	0.0434	9.9627	-35.8406	
Weibull 3	0.0210	9.0743	-34.6885	
DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5	4	420	6
Exponential 2	1	1	170	4
Normal	6	3	420	5
Lognormal	2	6	200	2
Weibull 2	4	5	300	3
Weibull 3	3	2	170	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	1
Normal	4
Lognormal	2
Weibull 2	3
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Gamma=694.7941
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=3624.0000
 Std=2044.1605
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=8.0109
 LStd=0.6252
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.8843
 Eta=4105.9283
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.7632
 Eta=1987.3076
 Gamma=1352.3800
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

4. Cylinder Head KMP, Citra Mandala Bahari

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION AvGOF		AvPlot	LKV	
Exponential 1	0.0044	11.1365	-35.7949	
Exponential 2	0.0000	1.9492	-34.8701	
Normal	16.5393E-7	6.3693	-35.2527	
Lognormal	0.0000	6.8647	-34.9250	
Weibull 2	0.0000	6.7436	-34.8978	
Weibull 3	57.1048E-9	6.9434	-34.7395	
DISTRIBUTION R: AvGOF		R: AvPlot	R: LKV	R: DESARR
Exponential 1	4 6	400	6	
Exponential 2	1 1	110	2	
Normal	3 2	290	5	
Lognormal	1 4	200	4	
Weibull 2	1 3	160	3	
Weibull 3	2 5	160	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	5
Exponential 2	1
Normal	4
Lognormal	3
Weibull 2	2
Weibull 3	2

Calculation Results:

Step 1
 Initalazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0004
 Done . Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0004
 Gamma=584.5767
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=2832.0000
 Std=1626.6087
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.7594
 LStd=0.6395
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.8398
 Eta=3202.8125
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.4617
 Eta=2639.7170
 Gamma=444.1000
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

1. Sistem Transmisi KMP. Setya Dharma

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION AvGOF		AvPlot	LKV	
Exponential 1	17.2584	7.0372	-111.8966	
Exponential 2	3.0016	6.2711	-112.6795	
Normal	29.7497	6.5963	-116.3082	
Lognormal	7.2548	6.8527	-112.7041	
Weibull 2	2.5893	6.6054	-111.8000	
Weibull 3	3.1485	6.5965	-110.9712	
DISTRIBUTION R:AvGOF		R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5 6	350	3	
Exponential 2	2 1	210	4	
Normal	6 2	440	6	
Lognormal	4 5	360	5	
Weibull 2	1 4	140	2	
Weibull 3	3 3	180	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	3
Normal	6
Lognormal	5
Weibull 2	1
Weibull 3	2

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
Lambda=0.0009

Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0009
 Gamma=-62.6089
 Done. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1088.5714
 Std=981.2201
 Done. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=6.2844
 LStd=1.4147
 Done. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.9085
 Eta=1043.8958
 Done. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.7995
 Eta=952.3672
 Gamma=29.7400
 Done. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

2. Bearing (Metal jalan & metal duduk) KMP. Setya Dharma

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	
Exponential 1	85.4681	17.7854	-105.5649	
Exponential 2	84.9530	11.1137	-113.9494	
Normal	79.4704	13.9431	-116.9306	
Lognormal	0.1464	4.8041	-100.0711	
Weibull 2	0.0269	5.3373	-100.8211	
Weibull 3	0.6198	3.8487	-96.6148	
DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	6	6	420	4
Exponential 2	5	4	390	5
Normal	4	5	390	6
Lognormal	2	2	160	2
Weibull 2	1	3	160	3
Weibull 3	3	1	160	1

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	2
Normal	2
Lognormal	1
Weibull 2	1
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0008

Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0004
 Gamma=1120.5597
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1236.9231
 Std=1950.2831
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=5.6459
 LStd=1.8832
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.5645
 Eta=734.0363
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.4609
 Eta=562.5262
 Gamma=21.1600
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

END OF RELIASOFT'S DISTRIBUTION WIZARD'S REPORT

1. Daihatsu 6 DLMB – 20L

Current Results Matrix

Matrix Order

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	17.0903	3.5117	-614.9844
Exponential 2	17.8791	1.9640	-620.8024
Normal	97.5678	8.6033	-645.6679
Lognormal	49.5984	4.3670	-620.7527
Weibull 2	0.0011	1.2726	-614.4775
Weibull 3	0.0008	1.3159	-615.2261

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	3 4	220	2	
Exponential 2	4 3	340	5	
Normal	6 6	480	6	
Lognormal	5 5	370	4	
Weibull 2	2 1	120	1	
Weibull 3	1 2	150	3	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	4
Normal	6
Lognormal	5
Weibull 2	1
Weibull 3	2

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0003

Done. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0003
 Gamma=-278.2214
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=3114.7059
 Std=3216.9161
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.3541
 LStd=1.4272
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.9097
 Eta=2981.2935
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.9366
 Eta=3044.7450
 Gamma=-22.4599
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT)
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

2. Yanmar 6 MHT

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	77.7611	6.4928	-618.3401
Exponential 2	91.4043	5.0897	-628.9761
Normal	99.2462	9.0110	-652.3965
Lognormal	12.3574	2.9612	-620.4278
Weibull 2	8.6666	2.7403	-616.1997
Weibull 3	8.6318	2.6293	-615.8633

DISTRIBUTION	R	AvGOF	R	AvPlot	R	LKV	R	DESARR
Exponential 1	4	5	300	3				
Exponential 2	5	4	390	5				
Normal	6	6	480	6				
Lognormal	3	3	270	4				
Weibull 2	2	2	160	2				
Weibull 3	1	1	80	1				

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	5
Normal	6
Lognormal	3
Weibull 2	2
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data.....

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0002
 Gamma=-885.1169
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=4978.7077
 Std=5529.9395
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.7058
 LStd=1.5225
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.8233
 Eta=4491.8004
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.8146
 Eta=4458.1966
 Gamma=7.7800
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT)
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV)
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.
 Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

3. Daihatsu PST 6M-20s/v

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	0.3601	3.7144	-174.2452
Exponential 2	0.0691	3.1918	-171.7319
Normal	60.2773	7.1045	-177.4720
Lognormal	0.3921	3.5789	-173.3873
Weibull 2	2.9295	3.7361	-173.1655
Weibull 3	0.0471	3.0046	-172.2695

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	3 4	310	5	
Exponential 2	2 2	130	1	
Normal	6 6	480	6	
Lognormal	4 3	310	4	
Weibull 2	5 5	340	3	
Weibull 3	1 1	110	2	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	3
Exponential 2	2
Normal	5
Lognormal	3
Weibull 2	4
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1

Initilazing Data.....

Calculating! One parameter Exponential

Lambda=0.0004

Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0005
 Gamma=264.0000
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=2235.6000
 Std=1727.9046
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=7.3680
 LStd=0.8891
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=1.3153
 Eta=2433.4626
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=1.1143
 Eta=2123.8838
 Gamma=192.8200
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!
 The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!
 Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.

4. Hanshin Z 6 E MRS

Current Results Matrix

Matrix Order:

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV
Exponential 1	80.5910	9.8980	-217.5166
Exponential 2	94.7739	5.9943	-227.7760
Normal	78.4169	10.1992	-236.2751
Lognormal	3.7494	4.1135	-213.8148
Weibull 2	1.2783	4.1363	-213.8136
Weibull 3	0.4404	3.1766	-210.1435

DISTRIBUTION	R:AvGOF	R:AvPlot	R:LKV	R:DESARR
Exponential 1	5 5	370	4	
Exponential 2	6 4	430	5	
Normal	4 6	400	6	
Lognormal	3 2	230	3	
Weibull 2	2 3	170	2	
Weibull 3	1 1	80	1	

DISTRIBUTION Ranking

Exponential 1	4
Exponential 2	6
Normal	5
Lognormal	3
Weibull 2	2
Weibull 3	1

Calculation Results:

Step 1
 Initalizing Data

Calculating! One parameter Exponential
 Lambda=0.0009
 Done.. Exponential 1

Calculating! Two parameter Exponential
 Lambda=0.0006
 Gamma=-536.2096
 Done.. Exponential 2

Calculating! Normal
 Mean=1160.0000
 Std=1528.4258
 Done.. Normal

Calculating! LogNormal
 LMean=5.9770
 LStd=1.6873
 Done.. LogNormal

Calculating! Two parameter Weibull
 Beta=0.6852
 Eta=897.9359
 Done.. Weibull 2

Calculating! Three parameter Weibull
 Beta=0.5976
 Eta=787.3828
 Gamma=20.2600
 Done.. Weibull 3

Comments during Calculations:

Step 1 is completed!

The first three columns show the results.
 The first column is the average Goodness of Fit, (AVGOF)
 larger values indicate a bad fit.
 The second column is a normalized measure of how well
 the plotted values fit (AVPLOT).
 The third column is the value of the likelihood function
 using the parameters calculated (LKV).
 The last column is a view of the Decision Array used (DESAR).
 Comments and other results during calculations, can be found
 on the next page.

Step 2 is completed!

The columns represent a ranking, based on the values
 in step 1
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.
 The smallest value is considered the best.

Step 3 is completed!

Column 1 presents the ranking of my choices.
 You may press <Implement Suggestion> to implement the top ranking choice.