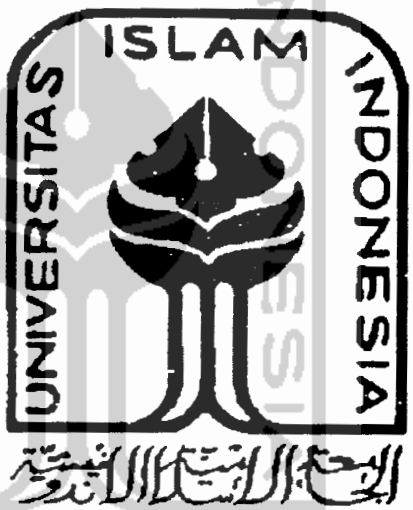
IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE DALAM MESIN PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MESIN

(Study Kasus pada PT. COLORINDO ANEKA CHEMICALS)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Strata-1 Jurusan Teknik Industri



Disusun Oleh :

Nama	**: DHANI KURNIAWAN**
No. Mahasiswa	**: 01 522 040**

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE DALAM MESIN PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MESIN

(Study Kasus pada PT. COLORINDO ANEKA CHEMICALS)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **DHANI KURNIAWAN**

No. Mahasiswa : **01 522 040**

Jogjakarta, Agustus 2007

Dosen Pembimbing,

IR. Hudaya, MM.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

IMPLEMENTASI PERAWATAN PREVENTIVE DALAM MESIN PRODUKSI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MESIN

Tugas Akhir

Disusun Oleh

Nama : DHANI KURNIAWAN
No.Mhs : 01 522 040

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Agustus 2007

Tim Penguji	Tanda Tangan
Ir. Hudaya, MM	.....
Ir. R. Chairul Saleh, MSc.Ph.D	.....
Dra. Eskarmurti, MM	.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan Jurusan Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia

(**Ir. R. Chairul Saleh, MSc.Ph.D**)

Kupersembahkan Karya ini untuk :

Orang Tuaku, Papah Achmad Hidayat/Mamah Sri Hartuti tercinta

Calon Istriku Oche Prima Lestari Terkasih

Adikku Dini & Deni tersayang

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain"

(Q.S. Al Insyirah 6 - 7)

"Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah"

(Q.S. Ali 'Imron 139)

"Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan"

(Q.S. Ar Rahmaan 33)

"Ingatlah, hanya dengan mengingati Allah-lah hati menjadi tenteram"

(Q.S. AR Ra'ad 28)

"Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar"

(Q.S. Al Baqarah 183)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur Penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, karunia serta hidayah-Nya kepada hamba-Nya sehingga masih dalam keadaan beriman dan islam.

Atas petunjuk dan ridho-Nya jualah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini wajib ditempuh oleh mahasiswa Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata 1.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya Penulis haturkan kepada:

1. Kedua Orang Tuaku, terima kasih atas do'a dan kasih sayangnya.
2. Bapak. Dr. Ir. R Chairul Saleh, M.Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Hudaya, MR, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Agustus 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

HALAMAN MOTTO v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR PERSAMAAN xiv

ABSTRAKSI xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Manfaat Penelitian 3

1.6. Sistematika Penulisan 4

BAB II KAJIAN PUSTAKA 6

2.1. Kajian Induktif Dan Deduktif 6

2.2. Manajemen Perawatan Sebagai Bagian Dari Manajemen Produksi Dan Operasi 6

2.3. Manajemen Perawatan Mesin 7

2.3.1 Definisi Perawatan 7
2.3.2 Tujuan Perawatan 8
2.3.3 Jenis-jenis Perawatan 10
2.4. Konsep Keandalan (Reliability) 11
2.5. Konsep Ketersediaan (Availability) 12
2.6. Fungsi Kerusakan 12
2.6.1 Fungsi Kepadatan Probabilitas 13
2.6.2 Fungsi Distribusi Kumulatif 13
2.6.3 Fungsi Keandalan 14
2.6.4 Fungsi Laju Kerusakan 15
2.7. Kurva Laju Kerusakan 16
2.8. Distribusi-distribusi Kerusakan 18
2.8.1 Distribusi Weibull 19
2.8.2 Distribusi Eksponensial 20
2.8.3 Distribusi Normal 21
2.8.4 Distribusi Lognormal 22
2.9. Identifikasi Distribusi 23
2.9.1. Identifikasi Awal Dengan Metode Least Square Curve Fitting 24
2.9.2. Uji Kecocokan Distribusi 26
2.9.2.1. Mann's Test Untuk Distribusi Weibull 27
2.9.2.2. Bartlett's Test Untuk Distribusi Eksponensial .. 28
2.9.2.3. Kolmogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 28
2.10. Mean Time To Failure 30
2.11. Mean Time To Repair 31
2.12. Model Penentuan Penggantian Pencegahan Dengan Kriteria Minimasi Downtime 32
2.13. Frekuensi Pemeriksaan Dan Interval Pemeriksaan Optimal 35
2.14. Perhitungan Keandalan (Reliability) Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan 36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 39

3.1. Obyek Penelitian 39
3.2. Sumber Data Dan Alat Penelitian 39
3.2.1. Sumber Data 39
3.2.2. Alat Penelitian 40
3.3. Pengumpulan Data 40
3.4. Pengolahan Data 41
3.5. Tahap Pembahasan/Analisis 41
3.6. Tahap Kesimpulan Dan Saran 42
3.7. Bagan Alir 43

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 44
4.1. Pengumpulan Data 44
4.1.1. Data Umum Perusahaan 44
4.1.2. Tata Letak Pabrik 45
4.1.3. Lokasi 47
4.1.4. Luas Area 47
4.1.5. Misi dan Tujuan perusahaan 47
4.1.6. Struktur Organisasi Perusahaan 48
4.1.6.1 Dewan Komisaris 48
4.1.6.2 Direktur Utama 48
4.1.6.3 Direktur Produksi 49
4.1.6.4 Direktur Utama dan Adm 49
4.1.6.5 Direktur Keuangan 49
4.1.6.6 Divisi Keuangan dan Adm 50
4.1.6.7 Divisi Umum dan Personalia 50
4.1.6.8 Divisi Produksi 51
4.1.6.9 Divisi Penjualan dan Pemasaran 52
4.1.7. Waktu Dan Pembagian Kerja 53
4.2. Pengolahan Data 54
4.2.1 Penentuan Mesin Kritis 54
4.2.2 Penentuan Komponen Kritis 56
4.2.3 Perhitungan TTF dan TTR Komponen Kritis 58

4.2.4 Identifikasi Distribusi 60
4.2.4.1 Identifikasi Distribusi untuk TTF 60
4.2.4.1.1 Distribusi Weibull 61
4.2.4.1.2 Distribusi Eksponensial 64
4.2.4.1.3 Distribusi Normal 66
4.2.4.1.4 Distribusi Lognormal 69
4.2.4.1.5 Nilai Index Of Fit Tiap Distribusi 71
4.2.4.2 Identifikasi Distribusi untuk TTR 72
4.2.4.2.1 Distribusi Weibull 73
4.2.4.2.2 Distribusi Eksponensial 75
4.2.4.2.3 Distribusi Normal 77
4.2.4.2.4 Distribusi Lognormal 80
4.2.4.2.5 Nilai Index Of Fit Tiap Distribusi 83
4.2.5 Uji Kecocokan Distribusi 84
4.2.5.1 Uji Kecocokan Distribusi TTF 84
4.2.5.2 Uji Kecocokan Distribusi TTR 87
4.2.6 Perhitungan MTTF dan MTTR 90
4.2.6.1 Perhitungan MTTF 90
4.2.6.2 Perhitungan MTTR 90
4.2.7 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime 91
4.2.8 Perhitungan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Dengan Kriteria Downtim 94
4.2.9 Perhitungan Reliability Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan 96

BAB V ANALISA HASIL 99
5.1. Analisa Penentuan Mesin Kritis 99
5.2. Analisa Penentuan Komponen Kritis 99
5.3. Analisa Perhitungan Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Kritis 100
5.4. Analisa Identifikasi Distribusi Data TTF Dan TTR 102

5.5. Analisa Uji Kecocokan Distribusi (Goodness Of Fit) 103
5.6. Analisa Perhitungan MTTF Dan MTTR 103
5.7. Analisa Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan... 104
5.8. Analisa Penentuan Frekuensi Dan Interval Waktu Pemeriksaan 105
5.9. Analisa Perhitungan Reliability (Keandalan) Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan 105

BAB VI PENUTUP 107
6.1. Kesimpulan 107
6.2. Saran 108

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
Surat Keterangan Perusahaan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Jumlah Downtime Kerusakan Mesin-mesin	55
Tabel 4.2	Data Jumlah Downtime Kerusakan Tiap-tiap Komponen Pada Mesin Trafo	56
Tabel 4.3	Perhitungan TTF Dan TTR	58
Tabel 4.4	Perhitungan Index Of Fit TTF Dengan Distribusi Weibull	61
Tabel 4.5	Perhitungan Index Of Fit TTF Dengan Distribusi Eksponensial	64
Tabel 4.6	Perhitungan Index Of Fit TTF Dengan Distribusi Normal	66
Tabel 4.7	Perhitungan Index Of Fit TTF Dengan Distribusi Lognormal	69
Tabel 4.8	Perbandingan Nilai Index Of Fit Waktu Antar Kerusakan (TTF)	72
Tabel 4.9	Perhitungan Index Of Fit TTR Dengan Distribusi Weibull	73
Tabel 4.10	Perhitungan Index Of Fit TTR Dengan Distribusi Eksponensial	75
Tabel 4.11	Perhitungan Index Of Fit TTR Dengan Distribusi Normal	77
Tabel 4.12	Perhitungan Index Of Fit TTR Dengan Distribusi Lognormal	80
Tabel 4.13	Perbandingan Nilai Index Of Fit Waktu Perbaikan (TTR)	83
Tabel 4.14	Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data TTF Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal	85
Tabel 4.15	Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data TTR Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull	88
Tabel 4.16	Interval Penggantian Komponen kritis	92
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Keandalan Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan	96
Tabel 5.1	Nilai TTF Dan TTR Komponen Kritis	101
Tabel 5.2	Nilai Index Of Fit Masing-masing Distribusi Untuk Data TTF	102
Tabel 5.3	Nilai Index Of Fit Masing-masing Distribusi Untuk Data TTR	103
Tabel 5.4	Hasil Perhitungan Keandalan Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Laju Kerusakan 17
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian 43
Gambar 4.1 Diagram Pareto Penentuan Mesin Kritis 55
Gambar 4.2 Diagram Paareto Penentuan Komponen Kritis 57
Gambar 4.3 Grafik perbandingan Reliability Kondisi Sekarang Dan Usulan 98

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2-1	Fungsi Kepadatan Probabilitas	13
Persamaan 2-2	Fungsi Distribusi Kumulatif	13
Persamaan 2-3	Fungsi Keandalan	14
Persamaan 2-4	Fungsi Laju Kerusakan	15
Persamaan 2-5	Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Weibull	20
Persamaan 2-6	Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Weibull	20
Persamaan 2-7	Fungsi Keandalan Distribusi Weibull	20
Persamaan 2-8	Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Weibull	20
Persamaan 2-9	Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Eksponensial	21
Persamaan 2-10	Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Eksponensial	21
Persamaan 2-11	Fungsi Keandalan Distribusi Eksponensial	21
Persamaan 2-12	Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Eksponensial	21
Persamaan 2-13	Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Normal	22
Persamaan 2-14	Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Normal	22
Persamaan 2-15	Fungsi Keandalan Distribusi Normal	22
Persamaan 2-16	Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Normal	22
Persamaan 2-17	Fungsi Kepadatan Probabilitas Distribusi Lognormal	23
Persamaan 2-18	Fungsi Distribusi Kumulatif Distribusi Lognormal	23
Persamaan 2-19	Fungsi Keandalan Distribusi Lognormal	23
Persamaan 2-20	Fungsi Laju Kerusakan Distribusi Lognormal	23
Persamaan 2-21	Plotting Positions	24
Persamaan 2-22	Index Of Fit	24
Persamaan 2-23	Gradien Untuk Distribusi Weibull, Normal, Lognormal	25
Persamaan 2-24	Gradien Untuk Distribusi Eksponensial	25
Persamaan 2-25	Intersep	25
Persamaan 2-26	Peubah x_i Untuk Distribusi Weibull	25
Persamaan 2-27	Peubah y_i Untuk Distribusi Weibull	25
Persamaan 2-28	Parameter Distribusi Weibull	25
Persamaan 2-29	Peubah x_i Untuk Distribusi Eksponensial	25

Persamaan 2-30 Peubah y_i Untuk Distribusi Eksponensial 25
Persamaan 2-31 Parameter Distribusi Eksponensial 25
Persamaan 2-32 Peubah x_i Untuk Distribusi Normal 25
Persamaan 2-33 Peubah y_i Untuk Distribusi Normal 26
Persamaan 2-34 Parameter Distribusi Normal 26
Persamaan 2-35 Peubah x_i Untuk Distribusi Lognormal 26
Persamaan 2-36 Peubah y_i Untuk Distribusi Lognormal 26
Persamaan 2-37 Parameter Distribusi Lognormal 26
Persamaan 2-38 Nilai Mann's Test Untuk Distribusi Weibull 27
Persamaan 2-39 Nilai k_1 Dan k_2 Dari Mann's Test Untuk Distribusi Weibull ... 27
Persamaan 2-40 Nilai M_i Dari Mann's Test Untuk Distribusi Weibull 27
Persamaan 2-41 Nilai Z_i Dari Mann's Test Untuk Distribusi Weibull 27
Persamaan 2-42 Nilai Bertlett's Test Untuk Distribusi Eksponensial 28
Persamaan 2-43 Nilai D_1 max Dari Kolomogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 29
Persamaan 2-44 Nilai D_2 max Dari Kolomogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 29
Persamaan 2-45 Nilai Rata-rata Dari Kolomogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 29
Persamaan 2-46 Nilai Standar Deviasi Dari Kolomogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 29
Persamaan 2-47 Nilai Z_i Dari Kolomogorov-Smirnov Test Untuk Distribusi Normal Dan Lognormal 29
Persamaan 2-48 Perhitungan MTTF Secara Umum 30
Persamaan 2-49 Perhitungan MTTF Untuk Distribusi Weibull 30
Persamaan 2-50 Perhitungan MTTF Untuk Distribusi Eksponensial 30
Persamaan 2-51 Perhitungan MTTF Untuk Distribusi Normal 30
Persamaan 2-52 Perhitungan MTTF Untuk Distribusi Lognormal 30
Persamaan 2-53 Perhitungan MTTR Secara Umum 31
Persamaan 2-54 Perhitungan MTTR Untuk Distribusi Weibull 31
Persamaan 2-55 Perhitungan MTTR Untuk Distribusi Eksponensial 31
Persamaan 2-56 Perhitungan MTTR Untuk Distribusi Normal 31

Persamaan 2-57 Perhitungan MTTR Untuk Distribusi Lognormal 31
Persamaan 2-58 Nilai Tengan Dari Suatu Distribusi Kerusakan 34
Persamaan 2-59 Total Downtime Per Unit Waktu 34
Persamaan 2-60 Laju Kerusakan Yang Terjadi 35
Persamaan 2-61 Nilai Konstan Dari Jumlah Kerusakan Per Satuan Waktu..... 35
Persamaan 2-62 Waktu Rata-rata Untuk Melakukan Penggantian 35
Persamaan 2-63 Waktu Rata-rata Untuk Melakukan Pemeriksaan..... 36
Persamaan 2-54 Downtime Yang Terjadi Karena Perbaikan Dan Pemeriksaan. 36
Persamaan 2-65 Frekuensi Pemeriksaan 36
Persamaan 2-67 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Weibull..... 37
Persamaan 2-68 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Eksponensial 37
Persamaan 2-69 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Normal 38
Persamaan 2-70 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Lognormal..... 38
Persamaan 2-71 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Weibull..... 38
Persamaan 2-72 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Eksponensial 38
Persamaan 2-73 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Normal 38
Persamaan 2-74 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Lognormal..... 38

Persamaan 2-57 Perhitungan MTTR Untuk Distribusi Lognormal 31
Persamaan 2-58 Nilai Tengan Dari Suatu Distribusi Kerusakan 34
Persamaan 2-59 Total Downtime Per Unit Waktu 34
Persamaan 2-60 Laju Kerusakan Yang Terjadi 35
Persamaan 2-61 Nilai Konstan Dari Jumlah Kerusakan Per Satuan Waktu..... 35
Persamaan 2-62 Waktu Rata-rata Untuk Melakukan Penggantian 35
Persamaan 2-63 Waktu Rata-rata Untuk Melakukan Pemeriksaan 36
Persamaan 2-54 Downtime Yang Terjadi Karena Perbaikan Dan Pemeriksaan. 36
Persamaan 2-65 Frekuensi Pemeriksaan 36
Persamaan 2-67 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Weibull 37
Persamaan 2-68 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Eksponensial 37
Persamaan 2-69 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Normal 38
Persamaan 2-70 Reliability Sebelum Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Lognormal 38
Persamaan 2-71 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Weibull 38
Persamaan 2-72 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Eksponensial 38
Persamaan 2-73 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Normal 38
Persamaan 2-74 Reliability Setelah Tindakan Perawatan Untuk Distribusi Lognormal 38

ABSTRAKSI

PT.COLORINDO ANEKA CHEMICALS yang berlokasi di Jalan Raya Citeras Rangkasbitung Km. 1.8 Serang, merupakan adalah industri yang menerapkan teknologi tinggi dan merupakan industri penghasil zat warna tekstil yang memproduksi beberapa jenis zat warna. Untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas perlu didukung dengan peralatan penunjang proses produksi dan pendistribusian yang dalam kondisi baik dan prima. Permasalahan yang dihadapi perusahaan ini adalah sering terjadinya kerusakan secara tiba-tiba pada mesin produksi yang digunakan. Kerusakan yang terjadi itu dapat menghambat kelancaran proses produksi, sehingga misi perusahaan terkadang tidak terpenuhi.

Tahap yang dilakukan adalah menentukan mesin kritis, selanjutnya ditentukan komponen kritis.Kemudian dilakukan penentuan distribusi dari data interval waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan yang selanjutnya diuji dengan uji-uji khusus untuk masing-masing distribusi terpilih, dan dilakukan juga penentuan parameter, MTTF serta MTTR dengan metode Least Square Curve Fitting. Selanjutnya penentuan interval waktu penggantian pencegahan dilakukan dengan metode minimasi downtime, kemudian akan dihitung interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaannya. Lalu dihitung nilai availability mesin serta reliability sebelum dilakukan tindakan perawatan pencegahan dan setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan.

Dari hasil penelitian di dapat bahwa mesin reaktor adalah mesin kritis dan bearing adalah komponen kritis. Interval waktu penggantian sebesar 285 jam, sedangkan interval waktu pemeriksaan optimal yaitu 224 jam dan frekuensi pemeriksaan optimal sebanyak 3 pemeriksaan/bulan. Setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan nilai keandalan mesin tetap dalam kondisi yang baik dimana nilai probabilitas keandalannya mendekati nilai 1.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebuah perusahaan manufaktur memiliki mesin- mesin produksi yang dibutuhkan perusahaan untuk menjalankan proses produksinya. Agar kelangsungan proses produksi dapat berjalan dengan baik maka perlu adanya penanganan yang lebih serius terhadap mesin- mesin produksi. Penanganan tersebut diantaranya adalah perawatan atau pemeliharaan.

Perawatan mesin yang mempunyai tingkat kekritisan tinggi memerlukan perhatian khusus karena mesin sangat berpengaruh terhadap kelancaran produksi. Salah satu strategi perawatan adalah *preventive maintenance* yaitu melakukan perawatan pada jadwal yang telah ditetapkan sebelum mesin mengalami kerusakan. Perawatan preventif adalah suatu alternatif kebijaksanaan perawatan yang lebih baik daripada perawatan korektif, karena pada umumnya reparasi mesin setelah mesin rusak sering lebih mahal jika dibandingkan dengan perawatan pencegahannya.

PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah industri yang menerapkan teknologi tinggi dan merupakan industri penghasil zat warna tekstil yang memproduksi beberapa jenis zat warna. Industri ini memakai beberapa jenis bahan kimia sebagai bahan baku dan bahan baku penolong.

Dalam melaksanakan proses produksinya PT. Colorindo Aneka Chemicals akan mengalami beberapa tahapan proses yang akan melewati mesin-mesin produksi. Oleh karena itulah salah satu keberhasilan proses produksi sangat

ditunjang dari tingkat kinerja mesin yang baik. Apabila mesin tersebut rusak maka dapat menggangu kelancaran produksi yang berakibat antara lain target produksi yang tidak tercapai. Oleh sebab itu salah satu indikator kelancaran produksi dapat dilihat dari downtime mesin kritis pada area produksi.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun masalah yang teridentifikasi untuk diangkat dari penelitian ini adalah:

1. Mesin apa di PT. Colorindo Aneka Chemicals yang dominan mengalami kerusakan?
2. Komponen yang dominan mengalami kerusakan dari mesin tersebut?
3. Berapakah interval waktu pergantian pencegahan dan frekuensi pemeriksaan pada komponen kritis di mesin kritis?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memecahkan masalah yang dihadapi, akan dibuat beberapa batasan masalah agar apa yang dikemukakan tidak terlalu luas dan mudah diterima. Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT. Colorindo Aneka Chemicals
2. Penelitian difokuskan pada mesin dan komponen kritis, dimana pemilihan mesin dan komponen ditentukan berdasarkan jumlah *downtime* terbesar.
3. Diasumsikan komponen pengganti selalu tersedia di gudang.

4. Data yang digunakan adalah data kerusakan mesin tahun 2006 dan dianggap cukup untuk mendukung penelitian.
5. Penelitian ini tidak membahas biaya dan material handling.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui mesin dan komponen yang dominan mengalami kerusakan dari mesin tersebut.
2. Memberikan usulan interval waktu pergantian pencegahan pada komponen kritis di mesin kritis.
3. Mengetahui interval waktu dan frekuensi pemeriksaan komponen kritis di mesin kritis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai masukan bagi perusahaan untuk dapat menentukan kebijakan yang berkaitan dengan perawatan mesin yang ada di perusahaan.
2. Memberikan tambahan pengetahuan dan wawasan kepada mahasiswa, khususnya Jurusan Teknik Industri, yang nantinya juga akan terjun ke dunia kerja.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih mempermudah pemahaman dan penyusunan dalam tugas akhir ini akan disajikan sistematika penulisan.

BAB I PENDAHULUAN

Memuat kajian singkat tentang latar belakang dilakukan, rumusan masalah, batasan-batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian. Juga dapat diulas penelitian atau publikasi bidang sejenis sebelumnya.

BAB.III. METODOLOGI PENELITIAN

Uraian tentang bahan dan alat-alat penelitian, prosedur pelaksanaan, dan cara pengolahan serta analisis data.

BAB.IV. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Berisi uraian pengolahan data dan hasil penelitian.

BAB.V. ANALISIS

Pembahasan hasil penelitian berupa tabel yang sudah diolah, grafik, persamaan atau model, pengujian hipotesis yang menyangkut penjelasan teoritis, baik secara kualitatif, kuantitatif, maupun statistik dari hasil penelitian, dan kajian untuk menjawab tujuan penelitian.

BAB.VI. PENUTUP

Berisi kesimpulan, dan saran.

Daftar pustaka

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

Lampiran

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

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Kajian Induktif Dan Deduktif

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai kajian literature untuk mengetahui tentang dasar teori serta kajian-kajian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Kajian Literatur ini terdiri dari kajian deduktif dan kajian induktif. Kajian deduktif merupakan kajian dari teori-teori pengukuran kerja dan hasil-hasil penemuan yang telah dibukukan dan telah dipiblikasi. Sedangkan kajian induktif merupakan hasil penelitian sebelumnya yang telah dipublikasikan dalam bentuk jurnal atau dalam bentuk makalah. Hal ini dianggap berguna untuk mengetahui sejauh mana perkembangan penelitian mengenai manajemen perawatan.

2.2 Manajemen Perawatan Sebagai Bagian Dari Manajemen Produksi Dan Operasi

Sejak dahulu kala manusia selalu melakukan aktivitas produksi untuk menghasilkan berbagai produk yang diperlukan dalam hidupnya. Dahulu kala peralatan yang digunakan untuk pembuatan produk tesebut masihlah sederhana. Seiring dengan berkembangnya jaman, maka semakin canggih dan rumitlah peralatan yang dipakai. Kegiatan produksi juga menjadi semakin berkembang, pabrik-pabrik didirikan untuk melakukan produksi dalam jumlah besar untuk mencapai target tertentu.

Dalam kegiatan produksi oleh perusahaan saat ini, diinginkan adanya proses yang lancar dan terpenuhinya tujuan produksi, yang biasanya berupa tercapainya target produksi. Dalam usahanya itu dikenalkan sistem manajemen produksi dan operasi, yaitu kegiatan untuk mengatur dan mengoordinasikan penggunaan sumber-sumber daya yang berupa sumber daya manusia, sumber daya alat, sumber daya dana serata bahan, secara efektif dan efisien, untuk menciptakan dan menambah kegunaan/utility (Sofjan Assauri, 1993).

Manajemen produksi dan operasi ini amat diperlukan karena bertalian langsung dengan proses pembuatan barang itu sendiri. Selanjutnya dalam manajemen produksi dan operasi akan direncanakan, diarahkan, dan diawasi segala sesuatu yang berkaitan dengan penyiapan sistem produksi dan operasi serta pengoperasian sistem produksi dan operasi.

Manajemen perawatan masuk sebagai bagian dari pengoperasian sistem produksi dan operasi ini. Peranan sistem perawatan disini untuk menjamin mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi selalu dalam keadaan siap untuk dipakai. Dengan demikian peralatan dan mesin mampu mendukung kelancaran dan keberhasilan proses produksi. Selanjutnya dengan koordinasi yang baik dengan bagian-bagian lain diharapkan tujuan perusahaan akan keuntungan besar dengan biaya minimum bisa tercapai.

2.3 Manajemen Perawatan Mesin

2.3.1 Definisi Perawatan

Ada beberapa definisi perawatan yang dikemukakan para ahli, yaitu :

1. Menurut Sofjan Assauri (1993) perawatan atau maintenance adalah kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan produksi dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau pergantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.
2. Menurut T.Hani Handoko (1984) perawatan merupakan kegiatan untuk menjaga segala sesuatu dapat beroperasi yaitu fasilitas-fasilitas produktif dapat beroperasi secara efektif.
3. Menurut Anthony Corder (1988) perawatan merupakan suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Dari beberpa definisi tersebut terlihat bahwa kegiatan perawatan merupakan kegiatan yang mencegah dan memperbaiki dalam rangka menunjang kelancaran dan keberhasilan produksi. Dalam kenyataan sehari-hari pihak perusahaan cenderung hanya melaksanakan perawatan korektif/perbaikan, sedangkan perawatan pencegahan kurang mendapat perhatian.

2.3.2 Tujuan Perawatan

Menurut Sofjan Assauri (1993) tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah sebagai berikut :

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.

2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin.
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka mencapai tujuan utama perusahaan.

Menurut Anthony Corder (1988) tujuan dilakukannya perawatan adalah :

1. Memperpanjang kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi yang semaksimal mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamat dan lain-lain.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.3.3 Jenis-jenis Perawatan

Menurut Anthony Corder (1988) perawatan terbagi dua yaitu :

1. Perawatan tak terencana

   Hanya ada satu kegiatan perawatan tak terencana yaitu pemeliharaan darurat yang didefinisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan serius untuk mencegah akibat yang serius, misalnya terhambatnya produksi atau karena alasan keselamatan kerja.

2. Perawatan terencana

   Terbagi menjadi dua bagian yaitu :

   a. Perawatan pencegahan

      Perawatan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentukan sebelumnya, atau terhadap kriteria lain yang diuraikan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan bagian-bagian lain tidak bisa memenuhi kondisi yang diterima. Perawatan pencegahan ini sangat penting karena kegunaannya sangat efektif dalam menghadapi fasilitas produksi yang termasuk golongan *critical unit.* Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam gilongan *critical unit* apabila :

      a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja.
      b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
      c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh produksi.

d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini cukup besar dan mahal.

b. Perawatan korektif

Perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima. Jadi perbaikan dilakukan setelah perawatan tidak berfungsi. Akibat sering kali diperlukan biaya ekstra karena fasilitas dipakai sampai gagal beroperasi dengan hasil produk cacat dan terjadi keterlambatan pemenuhan target produksi.

2.4 Konsep Keandalan (Reliability)

Yang dimaksud dengan keandalan (*reliability*) adalah probabilitas sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan. Untuk menentukan keandalan dalam kaitan operasional, diperlukan definisi yang lebih spesifik, yaitu deskripsi tentang kegagalan yang tidak membingungkan dan dapat diamati, identifikasi unit waktu, serta sistem yang diamati harus berada dalam kondisi lingkungan dan operasi yang normal (Ebeling, 1997).

Nilai keandalan berada pada rentang antara 0 sampai 1, dimana nilai 1 merupakan nilai tertinggi atau keandalan sangat baik. Dengan demikian keandalan komponen yang semakin tinggi berarti semakin baik dan semakin mampu memberi hasil yang diinginkan pada saat digunakan

2.5 Konsep Ketersediaan (Availability)

Ketersediaan (*availability*) adalah probabilitas suatu komponen atau sistem beroperasi sesuai fungsi yang ditetapkan pada waktu tertentu ketika digunakan pada kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997).

Availability juga dapat diinterpretasikan sebagai persentase waktu operasi dari sebuah komponen atau sistem selama interval waktu tertentu atau persentase komponen yang beroperasi pada waktu tertentu. Perbedaannya dengan *reliability* adalah bahwa *availability* adalah probabilitas bahwa komponen saat ini dapat beroperasi meskipun sebelumnya komponen tersebut pernah rusak/gagal dan telah dipulihkan atau dikembalikan pada kondisi operasinya yang normal. Karena itu, *availability* sistem tidak pernah lebih kecil daripada nilai *reliability*. *Availability* merupakan pengukuran yang lebih sering digunakan untuk sistem atau komponen yang dapat diperbaiki karena memperhitungkan baik kegagalan/kerusakan maupun perbaikan (Ebeling, 1997).

2.6 Fungsi Kerusakan

Setiap peralatan atau mesin mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda-beda. Sejumlah peralatan yang sama akan mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda jika dioperasikan pada kondisi lingkungan yang beda. Bahkan jika sejumlah peralatan yang sama dioperasikan pada kondisi lingkungan yang sama pun dapat mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda.

Keputusan yang berkaitan dengan masalah probabilitas, seperti menentukan kapan melaksanakan perawatan pencegahan untuk suatu peralatan membutuhkan informasi mengenai saat atau waktu peralatan tersebut akan

mencapai kondisi gagal/rusak. Transisi suatu peralatan dari kondisi baik ke gagal tidak dapat diketahui secara pasti waktunya, tetapi dapat diketahui informasi mengenai probabilitas terjadinya transisi tersebut pada waktu tertentu berdasarkan fungsi kerusakannya. Fungsi-fungsi probabilitas antara lain : fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif, fungsi kepadatan probabilitas, dan fungsi laju kerusakan. Setiap fungsi ini dapat digunakan untuk menghitung *reability*, namun masing-masing memberikan prespektif yang berbeda. Setiap fungsi akan menghasilkan karakteristik proses kegagalan yang berbeda-beda.

2.6.1 Fungsi Kepadatan Probabilitas

Fungsi kepadatan probabilitas adalah probabilitas pada interval nilai variabel acak kontinu (Ebeling, 1997). Didefinisikan sebagai :

$$f(t) \geq 0$$

Sehingga :

$$\int_0^{\infty} f(t)\,dt = 1 \qquad \text{.....(2 – 1)}$$

Seperti yang telah dijelaskan bahwa karakteristik kerusakan dari peralatan yang berbeda adalah tidak sama. Bahkan karakteristik kerusakan dari peralatan yang identik mungkin tidak sama jika dioperasikan dalam kondisi yang berbeda.

2.6.2 Fungsi Distribusi Kumulatif

Menurut Ebeling (1997) Bila mempelajari masalah perawatan mesin sering terjadi kerusakan sebelum waktu tertentu, misalnya t. Probabilitas suatu

sistem atau peralatan mengalami kegagalan dalam beroperasi sebelum waktu t, yang merupakan fungsi dari waktu yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai :

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr\{T < t\}$$

Dimana :

$$F(0) = 0$$

$$\lim_{t \to \infty} F(t) = 1$$

Atau

$$F(t) = \int_0^t f(t)\, dt \text{ , untuk } t \geq 0 \text{ .} \qquad \text{.....(2 – 2)}$$

Dimana :

$F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif.

$f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang.

Jika $t \to \infty$ maka $F(t) = 1$

2.6.3 Fungsi Keandalan

Menurut Ebeling (1997) fungsi keandalan didefinisikan sebagai rumus berikut :

$$R(t) = 1 - F(t) \text{ , dimana } F(t) = \int_0^t f(t)\, dt$$

$$R(t) = 1 - \int_0^{\infty} f(t)\, dt \qquad \text{untuk } t \geq 0$$

$$R(t) = \int_t f(t) \quad dt \qquad \text{.....(2 – 3)}$$

Keterangan :

t = waktu.

F(t) = probabilitas suatu kerusakan sebelum waktu t.

Nilai keandalan berada antara 0 – 1, dimana nilai 0 berarti keandalan sangat rendah dan komponen tidak dapat dipakai. Sedangkan nilai 1 menunjukkan keandalan yang tinggi.

2.6.4 Fungsi Laju Kerusakan

Menurut Ebeling (1997) laju kerusakan didefinisikan sebagai berikut :

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{.....(2 – 4)}$$

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

$f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang.

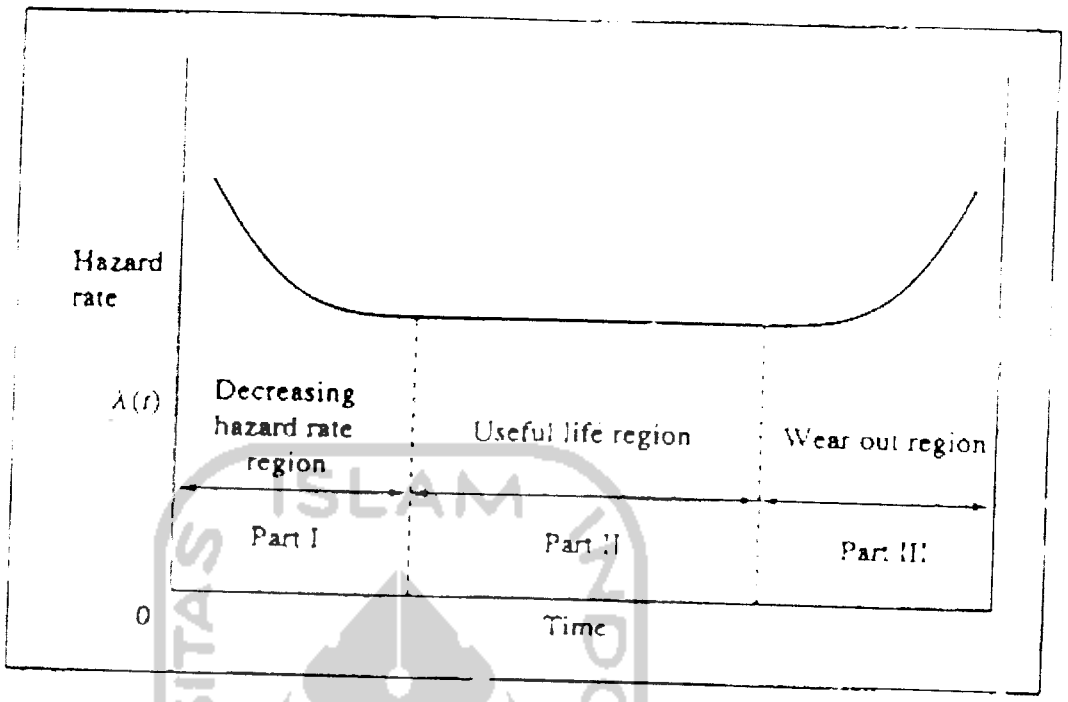
$R(t)$ adalah fungsi keandalan.

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

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

2.7 Kurva Laju Kerusakan

Bagian ini menjelaskan mengenai kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk yang dikenal dengan istilah kurva bak mandi (*bathub curve*) karena bentuknya (Ebeling, 1997). Sistem yang memiliki fungsi laju kerusakan ini pada awal siklus penggunaannya mengalami penurunan laju kerusakan (kerusakan dini), diikuti dengan laju kerusakan yang mendekati konstan (usia pakai), kemudian mengalami peningkatan laju kerusakan (melewati masa pakai). Bentuk kurvanya dapat dilihat berikut ini :



Gambar 2.1 Kurva Laju Kerusakan (*Bathub Curve*)

Setiap periode waktu mempunyai karakteristik tertentu, yang ditentukan oleh laju kerusakannya :

1. *Early Failure* / Kerusakan Awal

   Daerah ini sering disebut juga dengan *Burn-in period*. Pada periode ini laju kerusakan menurun seiring dengan peningkatan waktu. Kerusakan yang terjadi pada waktu ini dapat disebabkan oleh berbagai penyebab seperti :

   a. Pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat.
   b. Peformansi material dan tenaga kerja yang dibawah standar.
   c. Metode *manufacturing* yang tidak tepat.
   d. Kesalahan pemasangan dan *set up*.
   e. Kesalahan manusia.

Jika terjadi kerusakan ini, kemudian diganti dengan produk baru, maka *reliability* akan meningkat kembali.

2. *Useful Region* / Pengoperasian Normal

   Periode waktu ini ditandai dengan laju kerusakan yang konstan. Kerusakan yang terjadi pada fase ini diasumsikan terjadi secara acak dan penyebab kerusakaınya adalah faktor keselamatan yang rendah, kerusakan tak terdeteksi, kesalahan manusia dan kerusakan alamiah atau kerusakan yang tidak jelas penyebabnya. Hal ini berarti bahwa laju kerusakan sesaat tidak akan bertambah walaupun umur peralatan terus bertambah.

3. *Wear Out Failure* / Periode *Wear Out*

   Periode waktu ini ditandai dengan laju kerusakan yang meningkat tajam, karena memburuknya kondisi peralatan. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa umur pemakaian berguna dari produk mulai akan dipertanyakan sejalan dengan semakin memburuknya kondisi produk. Bila suatu alat telah memasuki periode ini, sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih fatal. Fase ini disebabkan oleh produk atau peralatan yang digunakan sudah melebihi umur produk, perawatan yang tidak memadai, kelelahan karena friksi atau aus karena pemakaian.

2.8 Distribusi-distribusi Kerusakan

Data yang digunakan dalam perhitungan dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu data diskret dan data kontinyu.

Data diskret adalah data yang berupa atribut (seperti baik atau buruk, tolak atau terima) atau kejadian (seperti kecelakaan, kelahiran). Jumlah data diskret dapat disajikan dalam angka maupun proporsi. Dalam prakteknya, data diskret berupa hasil cacahan, misalnya banyaknya produk cacat, frekuensi kerusakan mesin dalam satu tahun di suatu perusahaan (Walpole, 1992).

Data kontinyu adalah data yang merupakan hasil perhitungan kuantitas. Pengukuran variabel ini hanya dapat dicatat bila pengukuran dilakukan dengan akurat. Dalam prakteknya, data kontinyu berupa hasil pengukuran, misalnya tinggi, bobot, suhu, jarak, umur, dan lain-lain.

Karena data waktu kerusakan merupakan hasil pengukuran, maka data yang digunakan adalah data kontinyu. Sehingga distribusi yang digunakan dalam perhitungan waktu kerusakan adalah distribusi yang sesuai untuk data kontinyu, yaitu : Eksponensial, Weibuil, Normal, dan Lognormal.

2.8.1 Distribusi Weibull

Distribusi Wibull banyak digunakan dalam analisa keandalan terutama untuk menghitung umur komponen karena kemampuannya untuk mencakup ketiga fase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan mesin. Distribusi Weibull banyak digunakan dalam dua bentuk parameter, sebagai berikut :

θ = parameter skala (*sale*).

β = parameter bentuk (*shape*).

Fungsi-fungsi distribusi Weibull menurut Ebeling (1997) yaitu :

1. Fungsi kepadatan probabilitas :

$$f(t)=\frac{\beta}{\theta}\left\{\frac{t}{\theta}\right\}^{\beta-1}\left(\exp-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right) \quad \text{.....(2 – 5)}$$

2. Fungsi distribusi kumulatif :

$$F(t)=1-\left(\exp-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right) \quad \text{.....(2 – 6)}$$

3. Fungsi keandalan :

$$R(t)=\left(\exp-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}\right) \quad \text{.....(2 – 7)}$$

4. Fungsi laju kerusakan :

$$\lambda(t)=\frac{\beta}{\theta}\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad \text{untuk } \theta>0,\ \beta>0, \textit{dan } t\geq 0 \text{ .....(2 – 8)}$$

2.8.2 Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, atau dengan kata lain bahwa probabilitas terjadinya kerusakan tidak bergantung pada umur alat. Kerusakan yang terjadi secara acak biasanya akan mengikuti distribusi ini.

Distribusi ini dikenal luas dan banyak dipakai dalam perhitungan keandalan mesin, karena sesuai untuk menerangkan kerusakan peralatan yang disebabkan oleh komponen kritis. Parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah parameter λ yaitu rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

Menurut Ebeling (1997) fungsi-fungsi kerusakan distribusi Eksponensial adalah sebagai berikut :

1. Fungsi kepadatan probabilitas :

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad \text{..... (2 - 9)}$$

dimana $t > 0, \quad \lambda > 0$

2. Fungsi distribusi kumulatif :

$$F(t) = 1 - (\exp(-\lambda t)) \quad \text{.....(2 – 10)}$$

3. Fungsi keandalan :

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad \text{.....(2 – 11)}$$

4. Fungsi laju kerusakan :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \quad \text{.....(2 – 12)}$$

2.8.3 Distribusi Normal

Distribusi Nnormal ini mempunyai tempat yang istimewa diantara semua distribusi kontinu karena banyak masalah yang kompleks dapat dibuat model dengan distribusi ini. Bentuk distribusi Normal menyerupai lonceng sehingga memiliki nilai simetris terhadap nilai rataan dengan dua parameter pembentuk yaitu : μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi).

Distribusi ini juga cocok digunakan untuk model kelelahan dan fenomena *wear out* mesin. Karena hubungannya dengan distribusi Lognormal, distribusi ini juga digunakan untuk menganalisa probabilitas Lognormal.

Fungsi-fungsi kerusakan distribusi Normal menurut Ebeling (1997) adalah sebagai berikut :

1. Fungsi kepadatan probabilitas :

$$f(t)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad \text{.....(2 – 13)}$$

dimana $-\infty < t < \infty$

2. Fungsi distribusi kumulatif :

$$F(t)=\int_{\infty}^{t}\frac{1}{\sigma\sqrt{2\mu}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]dt=\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{.....(2 – 14)}$$

3. Fungsi keandalan :

$$R(t)=\int_{\infty}^{t}\frac{1}{\sigma\sqrt{2\mu}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]dt=1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{.....(2 – 15)}$$

4. Fungsi laju kerusakan :

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

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{1-\Phi\left(\frac{(t-\mu)}{\sigma}\right)} \quad \text{.....(2 – 16)}$$

2.8.4 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal memiliki parameter bentuk (*shape parameter* = s), dan parameter lokasi (*location parameter* = t_{med}) yang merupakan nilai tengah dari waktu kerusakan. Distribusi ini dimengerti hanya untuk nilai t positif dan lebih sesuai daripada distribusi Normal dalam hal kerusakan. Seperti halnya distribusi Weibull, Distribusi Lognormal ini dapat mempunyai berbagai bentuk. Sering kali dijumpai bahwa data yang sesuai dengan Distribusi Weibull sesuai juga dengan distribusi Lognormal (Ebeling, 1997).

Fungsi-fungsi kerusakan distribusi dalam distribusi Lognormal menurut Ebeling (1997) adalah sebagai berikut :

1. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi s t}} e \left[-\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}} \right)^2 \right] \quad \text{.....(2 – 17)}$$

2. Fungsi distribusi kumulatifnya adalah :

$$F(t) = \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \quad \text{.....(4 – 18)}$$

3. Fungsi keandalan :

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \quad \text{.....(2 – 19)}$$

4. Laju kerusakannya adalah :

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

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)} \quad \text{.....(2 – 20)}$$

2.9 Identifikasi Distribusi

Pengidentifikasian distribusi dapat dilakukan dengan tiga tahap, yaitu : identifikasi awal, estimasi parameter, dan uji *goodness-of-fit*. Perincian mengenai tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

2.9.1 Identifikasi Awal Dengan Metode Least Square Curve Fitting

Identifikasi awal dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *probability plot* dan *least-square curve fitting*. *probability plot* digunakan bila jumlah sampel terlalu kecil atau data yang digunakan tidak lengkap Sedangkan metode yang digunakan disini adalah metode *least-square curve fitting* yang dinilai lebih akurat dibanding *probability plot* karena tingkat subjektivitas untuk menilai kelurusan garis menjadi berkurang. Dengan *least-square curve fitting* distribusi yang terpilih adalah distribusi yang nilai *index of fit*-nya terbesar.

Dalam mengidentifikasi distribusi kerusakan atau perbaikan suatu komponen dengan metode *least-square curve fitting* digunakan *index of fit* (r) yang merupakan ukuran hubungan liniear antara peubah x dan y. Dimana r diperoleh dengan rumus (Walpole, 1992) :

Perhitungan umum pada *least-squares curve fitting* yaitu (Ebeling, 1997) :

- Perhitungan *plotting positions* (F(ti)) :

$$F(t_i) = \frac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4} \qquad \text{.....(2 – 21)}$$

dimana : n = jumlah kerusakan yang terjadi.

i = data waktu ke-t.

- Perhitungan *indeks of fit* (r) :

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2} - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}} \qquad \text{.....(2 – 22)}$$

dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi.

➢ Gradien :

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i\right)}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}$$ untuk distribusi Weibull, Normal, Lognormal .....(2 – 23)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}$$ untuk distribusi Eksponensial .....(2 – 24)

dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi.

➢ Intersep : $a = \bar{y} - b\bar{x}$ . .....(2 – 25)

Sedangkan perhitungan khusus untuk tiap distribusi yaitu :

a. Distribusi Weibull

$x_i = \ln t_i$ dimana t_i adalah data ke-i.....(2 – 26)

$$y_i = \ln\ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right)$$ .....(2 – 27)

Parameter : β = b dan $\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$ .....(2 – 28)

b. Distribusi Eksponensial

$x_i = t_i$ dimana t_i adalah data ke-i... .....(2 – 29)

$$y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right)$$ .....(2 – 30)

Parameter : λ = b .....(2 – 31)

c. Distribusi Normal

$x_i = t_i$ dimana t_i adalah data ke-i. .....(2 – 32)

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)] \quad \text{.....(2 – 33)}$$

$$\text{Parameter : } \sigma = \frac{1}{b} \text{ dan } \mu = -\left(\frac{a}{b}\right) \quad \text{.....(2 – 34)}$$

d. Distribusi Lognormal

$x_i = \ln t_i$ dimana t_i adalah data ke-i. .....(2 – 35)

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)] \quad \text{.....(2 – 36)}$$

$$\text{Parameter : } s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa} \quad \text{.....(2 – 37)}$$

2.9.2 Uji Kecocokan Distribusi

Dalam menentukan distribusi data yang telah dikumpulkan, digunakan uji kecocokan statistik (*Goodness of Fit Test*). Dalam uji kecocokan ini, yang akan diuji adalah hipotesis nol (H_0) bahwa data mengikuti distribusi pilihan lawan hipotesis alternatif (H_1) bahwa data tidak mengikuti distribusi pilihan. Pada dasarnya ada dua jenis uji *goodness-of-fit* yaitu uji umum (*general test*) dan uji khusus (*spesific test*). Uji umum dapat digunakan untuk menguji beberapa distribusi sedangkan uji khusus masing-masing hanya dapat menguji satu jenis distribusi. Dibanding dengan uji umum, uji khusus lebih akurat dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai.

Adapun yang merupakan uji *goodness-of-fit* umum ialah *Chi-Square*, sedangkan yang merupakan uji khusus ialah *Mann's Test* untuk distribusi Weibull, *Bartlett's Test* untuk distribusi Eksponensial dan *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk distribusi Normal dan distribusi Lognormal.

2.9.2.1 *MANN'S TEST* Untuk Distribusi Weibull

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

H_0 : *Failure times* berdistribusi Weibull.

H_1 : *Failure times* tidak berdistribusi Weibull.

Test statistik :

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k} \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} \quad \text{.....(2 – 38)}$$

dimana :

$$k_1 = \left| \frac{r}{2} \right| \qquad k_2 = \left| \frac{r-1}{2} \right| \quad \text{.....(2 – 39)}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \quad \text{.....(2 – 40)}$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i - 0{,}5}{n + 0{,}25} \right) \right] \quad \text{.....(2 – 41)}$$

Keterangan :

M = Nilai dari Mann's Test.

r = Banyaknya data.

t_i = Time to failure / time to repair.

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

n = Banyaknya kerusakan.

Jika M > F_{crit} maka H_1 diterima. Nilai dari F_{crit} didapatkan dari tabel berdistribusi F dengan v1 = 2 k1 dan v2 = 2 k2.

2.9.2.2 *BARTLETT'S TEST* Untuk Distribusi Eksponensial

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

H_0 : *Failure times* berdistribusi Eksponensial.

H_1 : *Failure times* tidak berdistribusi Eksponensial.

Test statistik :

$$B = \frac{2r\left[\left(\ln\left(\frac{1}{r}\right)\sum_{i=1}^{r} t_i\right) - \left(\left(\frac{1}{r}\right)\sum_{i=1}^{r}\ln t_i\right)\right]}{1+\frac{r+1}{6r}} \quad \text{.....(2 – 42)}$$

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

r = Jumlah dari failure / repair.

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

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

2.9.2.3 *KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST* Untuk Distribusi Normal Dan Distribusi Lognormal

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

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

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

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

dimana :

$$D_1 = \max_{1 \le i \le n} \left\{ \Phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} \quad \text{.....(2 – 43)}$$

$$D_2 = \max_{1 \le i \le n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad \text{.....(2 – 44)}$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n} \quad \text{.....(2 – 45)}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i}^{n} \left(t_i - \bar{t} \right)^2}{n-1} \quad \text{.....(2 – 46)}$$

$$zi = \frac{\left(t_i - \bar{t} \right)}{s} \quad \text{.....(2 – 47)}$$

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

t = Rata-rata time to failure / time to repair.

s = Standart deviasi.

n = Banyaknya data.

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

2.10 Mean Time To Failure (MTTF)

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

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

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad \text{sehingga,} \quad MTTF = \int_0^\infty -\frac{dR(t)}{dt}\, t\, dt$$

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

$$MTTF = \int_0^\infty R(t)\, dt \qquad \text{.....(2 – 48)}$$

Perhitungan MTTF untuk tiap-tiap distribusinya adalah :

- Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta\, \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \qquad \text{.....(2 – 49)}$$

- Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}. \qquad \text{.....(2 – 50)}$$

- Distribusi Normal

$$MTTF = \mu\ . \qquad \text{.....(2 – 51)}$$

- Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med}\ e^{s^2/2} \qquad \text{.....(2 – 52)}$$

2.11 Mean Time To Repair (MTTR)

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

$$MTTR = \int_0^\infty t\, h(t)\, dt = \int_0^\infty (1 - H(t))\, dt \quad \text{.....(2 – 53)}$$

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

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

Perhitungan MTTR untuk tiap distribusi yaitu :

- Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta\, \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{.....(2 – 54)}$$

- Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad \text{.....(2 – 55)}$$

- Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \quad \text{.....(2 – 56)}$$

- Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med}\, e^{s^2/2} \quad \text{.....(2 – 57)}$$

2.12 Model Penentuan Penggantian Pencegahan Dengan Kriteria Minimasi Downtime

Model penentuan penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan waktu terbaik dilakukannya penggantian pencegahan guna meminimalkan waktu *downtime* per satuan waktu. Kendala utama yang sering terjadi adalah adanya peningkatan *downtime* penggantian pencegahan, namun di sisi lain terjadi penurunan *downtime* penggantian kerusakan. Model ini digunakan untuk menyumbangkan frekuensi penggantian pencegahan yang meminimalisasi total *downtime* persatuan waktu dengan konstruksi model :

1. Tf = *downtime* yang terjadi karena penggantian kerusakan.
2. Tp = *downtime* yang terjadi karena penggantian pencegahan.
3. f(t) = fungsi kepadatan peluang dari waktu kerusakan.

Model penentuan penggantian pencegahan optimal berdasarkan kriteria minimasi *downtime* ini yaitu *Model Age Replacement*. Pada model ini, pelaksanaan penggantian pencegahan tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika dilakukan penggantian kerusakan (Jardine, 1973).

Penerapan model ini bertujuan untuk menentukan umur optimal komponen (tp) untuk melakukan penggantian pencegahan sehingga total *downtime* per unit waktu [D(tp)] dapat diminimasi.

$$D(tp) = \frac{Total\ ekspektasi\ downtime\ per\ siklus}{Ekspektasi\ panjang\ siklus}$$

Keterangan :

tp = interval waktu penggantian pencegahan.

Total ekspektasi *downtime* per siklus (EDS) =

(downtime yang terjadi pada siklus pencegahan (*prevebtive cycle*) x probabilitas terjadinya siklus pencegahan) + (ekspektasi *downtime* yang terjadi pada siklus kerusakan (*faiiure cycle*) x probabilitas terjadinya siklus kerusakan)

Atau :

Total ekspektasi *downtime* per siklus (EDS) = $Tp \,.\, R(tp) + Tf \,.\, [1 - R(tp)]$

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS) =

(panjang siklus pencegahan x probabilitas terjadinya siklus pencegahan) + (ekspektasi panjang siklus kerusakan x probabilitas terjadinya siklus kerusakan)

Atau :

Ekspektasi panjang siklus kerusakan (EPS) =

$(tp + Tp) \,.\, R(tp) + (M(tp)\, Tf) \,.\, [1 - R(tp)]$

Jika f(t) merupakan fungsi *mean time to failure* maka probabilitas terjadinya siklus pencegahan [R(tp)] adalah sama dengan probabilitas munculnya kerusakan setelah waktu tp yang ditunjukkan oleh daerah yang diarsir. Sesuai yang dibahas dalam bagian 2.4.1 mengenai fungsi keandalan, maka :

$$R(tp) = \int_{tp}^{\infty} f(t)\, dt$$

Nilai tengah distribusi waktu kerusakan (*Mean Time To Failure* = MTTF) dari suatu distribusi adalah sebagai berikut :

$$\int_{-\infty}^{\infty} tf\,(t)\,dt$$

dimana pada distribusi normal selang waktu kerusakan ini merupakan rata-rata dari distribusi tersebut. Jika penggantian pencegahan dilakukan pada waktu tp maka nilai tengah dari distribusi kerusakannya [M(tp)] adalah sebagai berikut :

$$M(tp) = \frac{\int_{-\infty}^{tp} tf\,(t)\,dt}{1 - R(tp)} = \frac{MTTF}{1 - R(tp)} \quad \text{.....(2 – 58)}$$

Jadi total *downtime* per unit waktu adalah :

$$D(tp) = \frac{Tp\,.\,R(tp) + Tf\,.\,(F(tp))}{(tp + Tp)\,.\,R(tp) + [M(tp) + Tf]\,.\,(F(tp))} \quad \text{.....(2 – 59)}$$

dimana :

T_f = adalah waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan komponen.

T_p = adalah waktu untuk melakukan penggantian *preventive*.

tp = adalah panjang interval waktu antara tindakan perawatan *preventive*.

$f(t)$ = adalah fungsi kepadatan peluang dari waktu kegagalan komponen.

2.13 Frekuensi Pemeriksaan Dan Interval Pemeriksaan Optimal

Dalam melaksanakan tindakan perawatan, selain melakukan penggantian pencegahan, juga diperlukan tindakan pemeriksaan yang dilakukan secara berkala, model pemeriksaan ini mengikuti model yang dikemukakan Jardine. Melalui model pemeriksaan ini diharapkan dapat diperoleh suatu pemecahan yang dapat mengidentifikasi level yang paling optimum untuk melakukan kegiatan pemeriksaan dan selanjutnya diharapkan bahwa efek dilaksanakannya kegiatan pemeriksaan menurut level tersebut akan dapat mengurangi laju kerusakan mesin, meminimalkan *downtime* yang akan meningkatkan tingkat ketersediaan operasi mesin, yang akan membawa dampak bagi terjaminnya layanan pemakaian mesin.

Total *downtime* setiap satuan waktu dapat dijabarkan dalam bentuk suatu fungsi dari frekuensi pemeriksaan (n) yaitu : (Jardine, 1973).

D(n) = *downtime* yang terjadi karena perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu.

$$D(n) = \lambda(n).T_f + n.T_i$$

Dimana :

- $\lambda(n)$ adalah laju kerusakan yang terjadi.

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga : } \lambda'(n) = -\frac{k}{n^2} \quad \text{.....(2 – 60)}$$

- k adalah nilai konstan dari jumlah kerusakan (*breakdown*) per satuan waktu.

$$K = \frac{Frekuensi\ jumlah\ \text{ker}usakan}{Periode\ terjadinya\ \text{ker}usakan} \quad \text{.....(2 – 61)}$$

- T_f adalah waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $(1/\mu)$. .....(2 – 62)

- T_i adalah waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1 / i).....(2 – 63)
- n adalah jumlah pemeriksaan (frekuensi) yang dilakukan per satuan waktu

Sehingga :

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n \circ \mu} + \frac{n}{i} \quad \text{.....(2 – 64)}$$

Jika persamaan D(n) diatas dideferensialkan akan menjadi :

$$D'(n) = -\frac{k}{n^2 \mu} + \frac{1}{i} = 0$$

Sehingga frekuensi pemeriksaan : $n = \sqrt{\frac{k \,.\, i}{\mu}}$ .....(2 – 65)

2.14 Perhitungan Keandalan (*Reliability*) Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

Peningkatan keandalan dapat ditempuh dengan cara perawatan pencegahan. Perawatan pencegahan dapat mengurangi pengaruh *wear-out* dan menunjukkan hasil yang signifikan terhadap umur mesin. Model keandalan berikut ini mengasumsikan sistem kembali ke kondisi baru setelah menjalani perawatan pencegahan. Menurut Ebeling (1997) keandalan pada saat t dinyatakan sebagai berikut :

$$R_m(t) = R(t) \qquad \text{untuk} \quad 0 \le t < T$$

$$R_m(t) = R(t) \,.\, R(t - T) \qquad \text{untuk} \quad T \le t < 2T$$

dimana :

T = interval waktu penggantian pencegahan kerusakan.

$R_m(t)$ = keandalan (*reliability*) dari sistem dengan perawatan pencegahan.

$R(t)$ = keandalan sistem tanpa perawatan pencegahan.

$R(T)$ = peluang dari keandalan hingga perawatan pencegahan pertama.

$R(t-T)$= peluang dari keandalan antara waktu t – T setelah sistem dikembalikan pada kondisi awal pada saat T.

Secara umum persamaannya adalah sebagai berikut :

$$R_m(t) = R(t)^n . R(t-T)$$

untuk $nT \le t < (n+1)T$ dan n = 0,1,2,...

dimana :

n = jumlah perawatan pencegahan yang telah dilakukan sampai saat ini.

T = interval waktu perawatan pencegahan.

$R(t)^n$ = probabilitas keandalan hingga n selang waktu perawatan.

$R(t-nT)$ = probabilitas keandalan untuk waktu t – nT dari perawatan *preventive* yang terakhir.

Perhitungan keandalan untuk masing-masing distribusi sebelum adanya tindakan perawatan adalah sebagai berikut :

- Distribusi Weibull :

$$R(t) = \left(\exp - \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta} \right) \quad \text{.....(2 – 67)}$$

- Distribusi Eksponensial :

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad \text{.....(2 – 68)}$$

- Distribusi Normal :

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{.....(2 – 69)}$$

- Distribusi Lognormal :

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t}{t_{med}}\right) \quad \text{.....(2 – 70)}$$

Perhitungan keandalah untuk masing-masing distribusi sesudah adanya tindakan perawatan adalah sebagai berikut :

- Distribusi Weibull :

$$R(t-nT) = \left(\exp-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^{\beta}\right) \quad \text{.....(2 – 71)}$$

- Distribusi Eksponensial :

$$R(t-nT) = \exp(-\lambda(t-nT)) \quad \text{.....(2 – 72)}$$

- Distribusi Normal :

$$R(t-nT) = 1 - \Phi\left(\frac{(t-nT)-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{.....(2 – 73)}$$

- Distribusi Lognormal :

$$R(t-nT) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t-nT}{t_{med}}\right) \quad \text{.....(2 – 74)}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini yang dijadikan obyek penelitian adalah PT. COLORINDO ANEKA CHEMICALS, sebuah perusahaan yang menerapkan teknologi tinggi dan merupakan perusahaan penghasil zat warna tekstil yang memproduksi beberapa jenis zat warna. Penelitian yang dilaksanakan adalah perawatan *preventive* terhadap mesin produksi untuk mengetahui komponen-komponen mesin yang mana yang mempunyai resiko terhadap *breakdown.*

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

3.2 Sumber Data Dan Alat Penelitian

3.2.1 Sumber Data

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

a. Sumber data primer, melalui *interview* (wawancara langsung) yaitu mengadakan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dalam hal ini adalah pihak perusahaan dari bagian maintenance sebagai pembimbing dalam penelitian tersebut.

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

3.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain

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

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan dilakukan dengan cara wawancara langsung dengan pihak perusahaan, serta melakukan pengamatan langsung dengan mengamati jalannya proses produksi.

Data-data yang dikumpulkan antara lain :

1. Data umum perusahaan.
2. Data mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi.
3. Data jumlah kerusakan mesin (*Frekuensi*).
4. Data waktu kerusakan mesin kritis dan komponen kritis (*Downtime*).
5. Data waktu perbaikan komponen kritis (TTR).

3.4 Pengolahan Data

Langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Penentuan mesin kritis.
2. Penentuan komponen Kritis.
3. Menghitung *Index Of Fit* untuk menentukan distribusi yang cocok (identifikasi distribusi).
4. Pengujian kecocokan distribusi
5. Menentukan nilai MTTF dan MTTR.
6. Menentukan interval waktu penggantian pencegahan.
7. Menentukan tingkat frekuensi dan interval waktu pemeriksaan optimal.
8. Menentukan nilai keandalan sebelum dan sesudah dilakukan tindakan perawatan pencegahan.
9. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian.

3.5 Tahap Pembahasan/Tahap Analisis

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

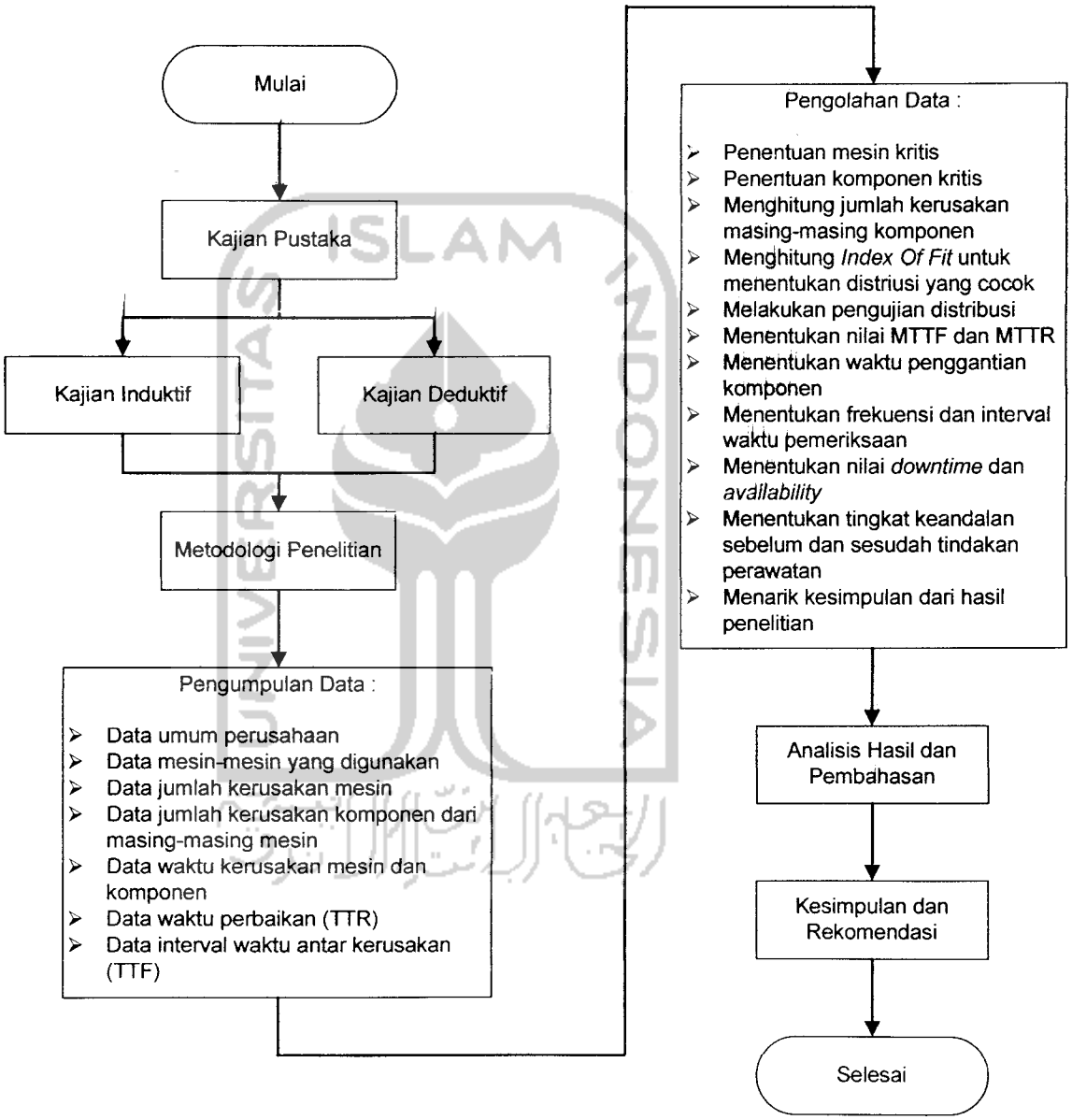
Analisa perbandingan metode kebijakan perusahaan dengan metode hasil pengolahan data yang telah dihasilkan, sehingga mampu untuk menghasilkan perbandingan perawatan minimal dalam perawatan *preventive* tersebut.

3.6 Tahap Kesimpulan Dan Saran

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

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

3.7 Bagan Alir (Flowchart)



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan yaitu sebagai berikut :

1. Data umum perusahaan yang terdiri dari sejarah perusahaan, lokasi perusahaan.
2. Data jumlah kerusakan mesin (*Frekuensi*) selama tahun 2006
3. Data waktu kerusakan mesin kritis dan komponen kritis (*Downtime*).
4. Data waktu perbaikan komponen kritis (TTR).

4.1.1 Data Umum Perusahaan

PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah industri yang menerapkan teknologi tinggi dan merupakan industri penghasil zat warna tekstil yang memproduksi beberapa jenis zat warna. Industri ini memakai beberapa jenis bahan kimia sebagai bahan baku dan bahan baku penolong.

Pada tanggal 25 Januari 1989 pabrik zat warna ini didirikan dengan nama PT. Colorindo Chemicals. Pabrik ini didirikan tanpa bantuan modal luar negeri atau dengan kata lain pabrik ini berstatus PMDN (Penanaman Modal Dalam Negeri). PT. Colorindo Chemicals berubah nama menjadi PT. Colorindo Aneka Chemicals. Perubahan nama tersebut disetujui oleh pemerintah pada tanggal 16 Juni 1989 dengan nomor BKPM no 378/I/PMDN/1989 dan Surat Direktur Perdata Departemen Kehakiman no C2-HT 01.08-A5697 pada tanggal 2 Agustus 1989.

PT. Colorindo Aneka Chemicals merupakan industri yang diprioritaskan pembangunannya, karena industri ini selain sebagian besar produksinya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan ekspor juga dapat menyerap banyak tenaga kerja lokal. Jadi dapat dikatakan bahwa industri ini berdampak positif bagi perekonomian nasional dan menambah pemasukan devisa bagi negara Republik Indonesia.

PT. Colorindo Aneka Chemicals didirikan untuk mengantisipasi permintaan zat warna baik untuk memenuhi kebutuhan lokal maupun internasional. Hal ini terjadi karena banyak industri penghasil zat warna di negara-negara maju yang tidak dapat bertahan (seperti di Polandia, Meksiko, Jepang, dan lain-lain). Jadi dengan adanya PT. Colorindo Aneka Chemicals pemerintah Indonesia berharap dapat mengisi kekosongan market dalam penjualan zat warna ke beberapa negara.

4.1.2 Tata Letak Pabrik

Pemilihan lokasi

Pemilihan lokasi ini didasarkan oleh :

4.1.2.1 Kemudahan Mencari Lahan

Serang merupakan kota yang telah membuka diri menjadi kawasan Industri atau zona industri. Hal ini menyebabkan masih banyak terdapat lahan kosong yang luas untuk dijadikan lokasi pabrik.

4.1.2.2 Kemudahan Sarana Transportasi

Pabrik terletak di daerah yang strategis, dimana di depan lokasi pabrik merupakan jalan raya yang dilalui oleh angkutan umum. Lokasinya juga dekat dengan pelabuhan Tanjung Priok sehingga transportasi produk ke berbagai daerah di pulau Jawa dan di luar pulau Jawa maupun ke luar negeri dapat berlangsung dengan lancar. Selain itu juga memperlancar jalannya ekspor produk ke luar negeri dan impor bahan baku atau suku cadang ke dalam pabrik.

4.1.2.3 Kemudahan Sumber Tenaga

Serang merupakan kawasan industri yang padat penduduknya sehingga PT Colorindo Aneka Chemicals dapat dengan mudah memperoleh tenaga kerja baik tenaga kerja ahli maupun tenaga kerja operator.

4.1.2.4 Kemudahan Mendapatkan Air

Air sangat diperlukan oleh pabrik untuk proses produksi seperti pemanasan, pencucian, pembersihan alat dan ruangan, dan lain-lain. Sumber air diperoleh dari sumur dalam yang terdapat dalam kompleks PT. Colorindo Aneka Chemicals.

4.1.2.4 Kemudahan Pemasaran Produk

Serang terletak cukup dekat dengan Jakarta yang merupakan pusat atau sentral pembangunan di pulau Jawa dan Indonesia, juga sebagai ibukota negara Republik Indonesia dan sebagai pusat perekonomian di negara Indonesia. Dengan demikian PT. Colorindo Aneka Chemicals lebih mudah untuk memasarkan produknya.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa letak perusahaan merupakan sarana yang efektif untuk meningkatkan efisiensi. Selain itu letak pabrik merupakan wahana untuk memberikan kenyamanan dan keamanan kerja bagi personel sehingga dapat meningkatkan produktivitas usaha.

4.1.3 Lokasi

Unsur lingkungan di sekitar PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah :

a. Sebelah utara = industri cat PT Inti Selulosa

b. Sebelah selatan = jalan raya Kopo Cikande

c. Sebelah barat = jalan raya Rangkasbitung Cikande dan Perkampungan (1 km).

d. Sebelah timur = sungai Cidurian

4.1.4 Luas area

Luas area PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah :

a. Luas tanah = 48.767 m2

b. Luas tanah bangunan = 19.506 m2

c. Luas tanah untuk penghijauan = 29.260 m2

4.1.5 Misi dan Tujuan Perusahaan

Setiap perusahaan yang telah didirikan pasti mempunyai misi dan tujuan perusahaan. Demikian juga dengan PT. Colorindo Aneka Chemicals, mempunyai misi dan tujuan sebagai berikut :

a. Misi

Membangun Negara Indonesia dengan mendukung pertekstilan.

b. Tujuan secara khusus

1. Memenuhi permintaan pasar tekstil dalam hal penyediaan bahan baku berupa zat warna tekstil untuk produksinya.
2. Membuka lapangan pekerjaan bagi penduduk sekitar.

4.1.6 Struktur Organisasi Perusahaan Dan Job Description

4.1.6.1 Dewan komisaris

Dewan komisaris memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

a. Menetapkan arah dan strategi serta kebijakan perusahaan.
b. Mengawasi seluruh kegiatan perusahaan secara umum bertanggung jawab kepada pemegang saham atas hasil yang dicapai perusahaan.
c. Bertanggung jawab atas tindakan hukum, baik di dalam ataupun di luar perusahaan.

4.1.6.2 Direktur Utama

Direktur utama memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

a. Memberikan pengarahan umum serta menetapkan tugas, tanggung jawab dan wewenang manajer dan pejabat-pejabat lain di bawahnya, serta menerima dan mengevaluasi laporan-laporan dan para direksi tentang kegiatan masing-masing.
b. Bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas semua kegiatan perusahaan.
c. Bertanggung jawab kepada para pemegang saham atas semua hasil perusahaan bersama dengan dewan komisaris.

4.1.6.3 Direktur Produksi

Tugas dan wewenag direktur produksi :

a. Bertanggung jawab kepada direktur utama atas semua kegiatan produksi pabrik secara keseluruhan.
b. Menyiapkan rencana produksi yang akan dilakukan secara sentral dan terpadu.
c. Menyelenggarakan kegiatan proses produksi.
d. Mengontrol semua kegiatan proses produksi.
e. Bertanggung jawab atas pengawasan dari mutu bahan baku sampai dengan barang jadi serta meningkatkan mutu produksi dan teknis proses.

4.1.6.4 Direktur umum dan Administrasi

Tugas dan wewenang dari direktur umum dan administrasi :

a. Bertanggung jawab kepada direktur utama mengenai masalah-masalah eksternal pabrik yang berkaitan dengan instansi pemerintah, misalnya BULOG, Dept Perindustrian, Dirjen POM, dan lain-lain mengenai hal perizinan fasilitas perusahaan dan kemudahan ekspor impor.
b. Bertugas mengatur pendayagunaan SDM melalui rekruitmen, seleksi, dan lain-lain termasuk keamanan, pelayanan kesehatan, taman, dan kebersihan.

4.1.6.5 Direktur Keuangan

Direktur keuangan mempunyai tugas dan wewenag sebagai berikut :

a. Menyiapkan rencana anggaran pendapatan dan belanja perusahaan.
b. Bertanggung jawab terhadap Direktur Utama mengenai seluruh kegiatan yang berhubungan dengan masalah keuangan pabrik.
c. Mengamankan kekayaan perusahaan.

4.1.6.6 Divisi Keuangan dan Administrasi

Tugas dan wewenang divisi keuangan dan administrasi adalah :

a. Mencatat transaksi-transaksi yang berhubungan dengan keuangan dan bank.
b. Memeriksa hutang-hutang untuk mengetahui apakah sudah jatuh tempo sehingga dapat segera dilaporkan.
c. Menyusun rencana kerja dan laporan berkala di bidang keuangan serta laporan keuangan.

4.1.6.7 Divisi umum dan personalia

Tugas dan wewenang divisi umum dan personalia adalah :

a. Melakukan seleksi penerimaan tenaga kerja dan melaporkannya kepada manager personalia untuk penentuan akhir.
b. Mengawasi pelaksanaan system absensi setiap hari dan membuat system pelaporan absensi setiap bulan.
c. Menandatangani izin lembur bersama-sama dengan Kepala Bagian unit kerja masing-masing yang membutuhkan lembur.
d. Melakukan program penegakan disiplin pekerja sesuai dengan K.K.B atau peraturan perusahaan yang ada.

e. Menandatangani surat-surat yang berhubungan dengan Jamsostek kecuali hal-hal khusus.

f. Menerima tamu yang berhubungan dengan hal-hal yang umum.

g. Menampung keluh kesah pekerja dan memberi pelayanan serta melaporkannya kepada Manager Personalia.

h. Bersama dengan kabag menandatangani izin tukar shift.

i. Memberi izin tidak masuk kerja bagi pekerja yang membutuhkan setelah mendapat rekomendasi dari kabag/factory manager.

j. Membuat system kearsipan surat menyurat yang berhubungan dengan kepersonaliaan dan umum.

k. Mengawasi kebenaran surat keterangan sakit dari dokter.

l. Bekerja sama dengan H.R.D dan para kabag dalam pengembangan SDM, berhubungan dengan keterampilan kepemimpinan, efisiensi dan kesejahteraan pekerja.

m. Penggalangan dengan linkungan sekitar dan instansi terkait.

n. Bekerja sama dengan P.U.K yang berhubungan dengan pelaksanaan isi K.K.B dan hal-hal lain yang perlu didiskusikan.

o. Mengawasi pembayaran upah pekerja.

p. Menjadwalkan rapat rutin internal (direktur produksi, manager pabrik, para kepala bagian dan bagian kepegawaian/umum).

q. Bekerja sama dengan ketua K3 yang berhubungan dengan tugas K3.

4.1.6.8 Divisi Produksi

Tugas dan wewenang divisi produksi adalah :

a. Bertanggung jawab atas seluruh operasi atau kegiatan produksi yang telah ditentukan, mencatat semua kegiatan dan menjaga secara ketat parameter teknis proses produksi meliputi temperatur, waktu, pH, volume serta menendatangani dokumen atau kartu operasi.
b. Mengontrol penggunaan material secara tepat sesuai resep yang diberikan.
c. Memberdayakan para pekerja untuk bekerja secara efisien.
d. Menjaga kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.
e. Menjaga ketertiban dan kebersihan lingkungan kerja.
f. Berhak memberikan perintah kepada para karyawan bawahannya.
g. Berhak memberikan hukuman /sanksi pada karyawan yang tidak disiplin dalam bekerja mulai dari teguran, menahan kartu absensi sampai memulangkan karyawan.
h. Berhak memberikan penilaian baik atau buruk terhadap setiap karyawan tentang kemampuan, dedikasi, disiplin dan kerja sama.

4.1.6.9 Divisi Penjualan dan Pemasaran

Tugas dan wewenang divisi penjualan dan pemasaran adalah :

a. Merencanakan dan mengkoordinir semua kegiatan pemasaran dan penjualan semua produksi.
b. Menyelenggarakan administrasi pemasaran dan penjualan yang telah ditetapkan.
c. Menyelenggarakan dan melakukan semua kegiatan penelitian dan mengembangkan pemasaran.

d. Menetapkan semua kebijakan pemasaran dan penjualan yang dilakukan oleh perusahaan.

4.1.7 Waktu Dan Pembagian Kerja

Pada prinsipnya jam kerja dalam satu minggu di PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah 40 jam kerja. Pembagian kerja di PT. Colorindo Aneka Chemicals adalah :

a. Bagi Pekerja Non Shift
   1. Untuk hari Senin sampai Jumat dari jam 08.00 hingga 16.00 termasuk isti-rahat satu jam 30 menit yaitu dari jam 11.30 sampai 13.00 untuk hari Jumat.
   2. Untuk hari Sabtu dari jam 08.00 - 13.00 tanpa istirahat.

b. Bagi Pekerja Shift

Bagi pekerja shift karyawan dibagi menjadi tiga shift dengan jadwal kerja disesuaikan dengan kebutuhan dan sifat di masing-masing bagian

c. Bagi Petugas Keamanan

Bagi petugas keamanan di pabrik dibagi menjadi tiga shift yaitu :

1. Shift pagi : mulai pukul 07.00 sampai dengan 15.00 termasuk istirahat satu jam.
2. Shift sore : mulai pukul 15.00 sampai dengan 23.00 termasuk istirahat satu jam.
3. Shift malam : mulai pukul 23.00 sampai dengan 07.00 termasuk istirahat satu jam.

Namun selain pembagian tersebut itu berdasarkan kebutuhan perusahaan, tanpa menyimpang dari peraturan pemerintah, perusahaan dapat memperkerjakan karyawan pada jam-jam kerja lainnya termasuk untuk bekerja pada hari libur.

4.2 Pengolahan data

Data-data waktu terjadinya kerusakan mesin (*downtime*) diambil dari data historis dokumentasi bagian pemeliharaan jaringan selama 12 bulan dari bulan Januari 2006 sampai bulan Desember 2006. Selama periode tersebut kerusakan yang terjadi dicatat dan dikelompokkan, sehingga dapat diketahui mesin yang paling lama waktu kerusakannya.

Data kerusakan mesin (*downtime*) periode 01 Januari 2006 sampai dengan 31 Desember 2006 diperoleh dengan menghitung total kerusakan dari setiap mesin pada periode tersebut. Data selengkapnya ada di halaman LAMPIRAN 1.

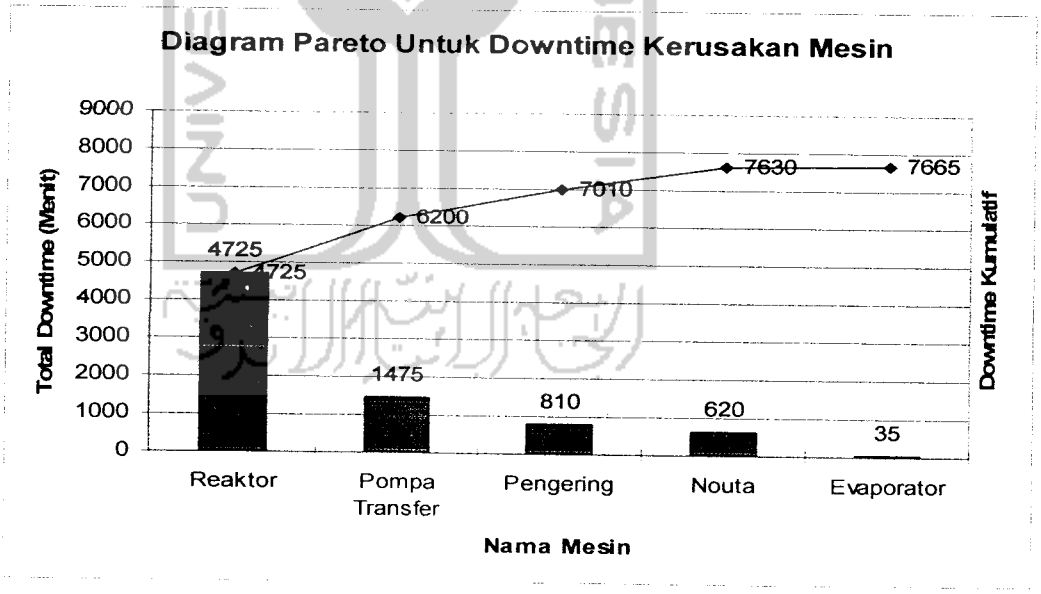
4.2.1 Penentuan Mesin Kritis

Penentuan mesin kritis ditentukan berdasarkan data *downtime* dari kerusakan mesin yang memiliki total waktu *downtime* terbesar serta frekuensi kerusakan mesin terbanyak, dan data jumlah *downtime* kerusakan setiap mesin dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 4.1 Data Jumlah Downtime Kerusakan Mesin-mesin

No	Nama Mesin	Frekuensi	Downtime (menit)	Downtime Kumulatif
1	Reaktor	60	4725	4725
2	Pompa transfer	23	1475	6200
3	Pengering	14	810	7010
4	Nouta	9	620	7630
5	Evaporator	2	35	7665
		108	7665	

Selanjutnya akan ditentukan mesin kritis dengan menggunakan diagram Pareto berikut ini :



Gambar 4.1 Diagram Pareto Penentuan Mesin Kritis

Dari tabel data jumlah *downtime* kerusakan mesin-mesin dan diagram Pareto, dapat dilihat bahwa data *downtime* terbesar dan frekuensi kerusakan

terbanyak terdapat pada mesin Reaktor, sehingga mesin kritis adalah mesin Reaktor.

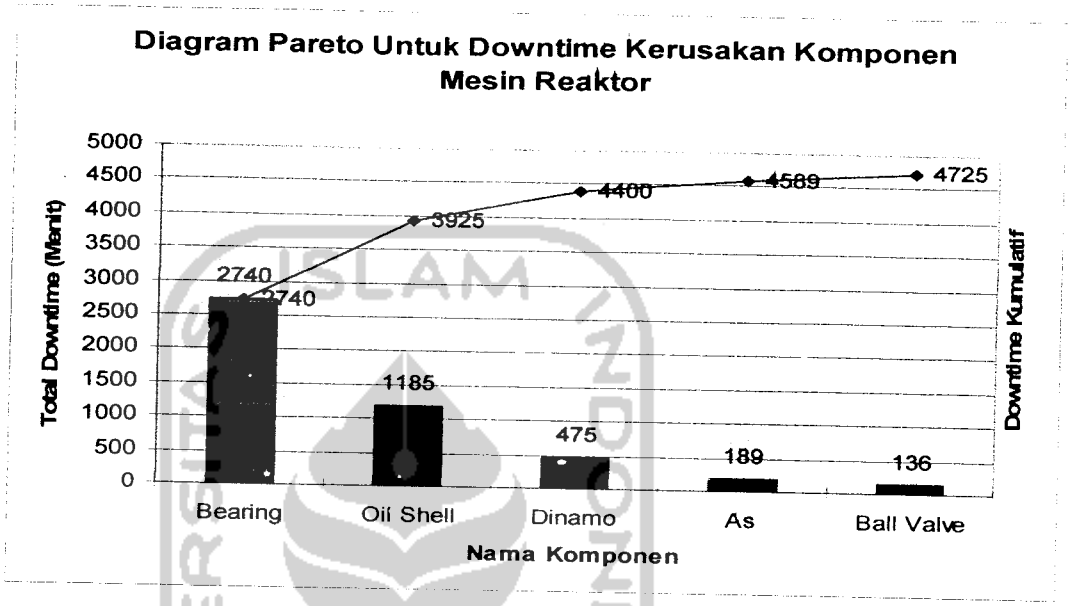
4.2.2 Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan data *downtime* mesin yang terbesar didapat bahwa mesin kritis adalah mesin Reaktor. Setelah mesin kritis tersebut ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah pengumpulan data waktu terjadinya kerusakan komponen-komponen dari mesin Reaktor. Data-data *downtime* kerusakan komponen dari mesin Reaktor didapat dari data-data perusahaan selama periode 01 Januari 2006 sampai dengan 31 Desember 2006. Data selengkapnya ada di halaman LAMPIRAN 2, dan data-data komponen dari mesin Reaktor yang mengalami kerusakan selama periode diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Data Jumlah Downtime Kerusakan Tiap-tiap Komponen Pada Mesin Reaktor

MESIN REAKTOR				
No	Komponen Kritis	Frekuensi	Downtime (Menit)	Downtime Kumulatif (Menit)
1	Bearing	22	2740	2740
2	Oil Shell	17	1185	3925
3	Dinamo	10	475	4400
4	As	7	189	4589
5	Ball Valve	4	136	4725
		60	4725	

Selanjutnya akan ditentukan komponen kritis dengan menggunakan diagram Pareto berikut ini :



Gambar 4.2 Diagram Pareto Penentuan Komponen Kritis

Dari perhitungan *downtime* kerusakan dari komponen-komponen Reaktor dan diagram Pareto diatas maka dapat ditentukan komponen kritis dari mesin Reaktor adalah komponen yang memiliki data *downtime* dan frekuensi kerusakan terbesar, dan data *downtime* serta frekuensi kerusakan terbesar ada pada komponen Bearing, sehingga dapat ditentukan bahwa komponen kritis adalah Bearing.

4.2.3 Perhitungan Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR) Komponen kritis

Setelah diketahui komponen kritis, maka langkah selanjutnya adalah menghitung waktu antar kerusakan atau TTF (*Time To Failure*) dan waktu perbaikan dalam satuan jam atau TTR (*Time To Repair*), perhitungannya adalah sebagai berikut

Tabel 4.3 Perhitungan TTR dan TTF

MESIN REAKTOR								
KOMPONEN BEARING								
No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	TTR (jam)	TTF (Jam)
1	4	Januari	2006	21.00	24.00	180	3	–
2	26	Januari	2006	10.00	12.00	120	2	514
3	11	Februari	2006	17.00	19.00	120	2	389
4	25	Februari	2006	6.30	7.30	60	1	323.5
5	9	Maret	2006	15.30	18.30	180	3	296
6	20	Maret	2006	6.30	9.30	180	3	252
7	1	April	2006	15.30	17.00	90	1.5	294
8	22	April	2006	22.00	23.30	90	1.5	509
9	14	Mei	2006	8.00	10.00	120	2	512.5
10	3	Juni	2006	8.30	11.30	180	3	478.5
11	23	Juni	2006	15.00	18.00	180	3	483.5
12	10	Juli	2006	20.30	23.30	180	3	410.5
13	30	Juli	2006	2.00	5.00	180	3	458.5
14	8	Agustus	2006	16.00	17.00	60	1	227

15	24	Agustus	2006	1.30	3.30	120	2	368.5
16	4	September	2006	22.30	24.00	90	1.5	283
17	20	September	2006	6.00	7.30	90	1.5	366
18	7	Oktober	2006	9.00	12.00	180	3	409.5
19	1	November	2006	22.00	24.00	120	2	610
20	15	November	2006	15.30	16.30	60	1	327.5
21	31	November	2006	17.00	18.00	60	1	360.5
22	14	Desember	2006	21.00	22.40	100	1.67	339
Total						2740	45.67	8212

Keterangan :

- TTR (*Time To Repair*) adalah waktu perbaikan.
- TTF (*Time To Failure*) adalah waktu antar kerusakan.

Langkah-langkah perhitungan TTR pada tabel 4.5 adalah sebagai berikut :

- Contoh data yang dihitung adalah TTR pada tanggal 04 Januari 2006.
- Total downtime 180 menit, dan 60 menit = 1 jam, maka 180/60 = 3 jam.

Langkah-langkah perhitungan TTF pada tabel 4.5 adalah sebagai berikut :

- Contoh data yang dihitung adalah TTF pada tanggal 04 Januari 2006 sampai tanggal 26 Januari 2006.
- Waktu bekerja mesin Reaktor adalah 24 jam sehari, dan 7 hari dalam seminggu, pada hari libur nasional dan perayaan hari-hari besar lainnya mesin tetap beroperasi.

- Pada periode tanggal 05 Januari 2006 pukul 00.00 sampai tanggal 25 Januari 2006 pukul 24.00 terdapat 21 hari kerja, maka (21 hari kerja x 24 jam) = 504 jam.
- Tanggal 04 Januari 2006 pukul 24.00 sampai tanggal 05 Januari 2006 pukul 00.00 terdapat 0 jam.
- Tanggal 25 Januari 2006 pukul 24.00 atau tanggal 26 Januari 2006 pukul 00.00 sampai tanggal 26 Januari pukul 10.00 terdapat 10 jam.
- Sehingga waktu diantara kerusakan pada tanggal 04 Januari 2006 pukul 24.00 samapai tanggal 26 Januari pukul 10.00 adalah = 504 + 0 + 10 = 514 jam

4.6 Identifikasi Distribusi

4.6.1 Identifikasi Distribusi Untuk Data Waktu Antar Kerusakan (TTF)

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

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

4.2.4.1.1 Identifikasi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Distribusi Weibull

Tabel 4.4 Perhitungan *Index Of Fit* TTF dengan Distribusi Weibull

i	Ti (jam)	xi = ln(ti)	F(ti)	yi	Xi . Yi	Xi^2	Yi^2
1	227	5.424950017	0.03271028	-3.40348334	-18.463727	29.43008269	11.58369884
2	252	5.529429088	0.079439252	-2.49166198	-13.77746823	30.57458603	6.208379424
3	283	5.645446898	0.126168224	-2.003463219	-11.31044521	31.87107067	4.01386487
4	294	5.683579767	0.172897196	-1.661645928	-9.444097177	32.30307897	2.76106719
5	296	5.690359454	0.219626168	-1.394398299	-7.934627544	32.38019072	1.944346616
6	323.5	5.779199114	0.26635514	-1.172053652	-6.773531426	33.3991424	1.373709763
7	327.5	5.791488055	0.313084112	-0.97938116	-5.67207429	33.54133389	0.959187457
8	339	5.826000107	0.359813084	-0.807447338	-4.704188277	33.94227725	0.651971203
9	360.5	5.887491957	0.406542056	-0.650492124	-3.82976715	34.66256154	0.423140004
10	366	5.902633333	0.453271028	-0.504508816	-2.977930557	34.84108027	0.254529146
11	368.5	5.909440712	0.5	-0.366512921	-2.165886374	34.92148952	0.134331721
12	389	5.963579344	0.546728972	-0.234122302	-1.396206925	35.56427859	0.054813252
13	409.5	6.014936903	0.593457944	-0.105285078	-0.633283102	36.17946595	0.011084948
14	410.5	6.017375929	0.640186916	0.021928399	0.131951419	36.20881307	0.000480855
15	458.5	6.127960292	0.686915888	0.149525769	0.916287976	37.55189734	0.022357956
16	478.5	6.170656211	0.73364486	0.279845003	1.726827306	38.07699807	0.078313226
17	483.5	6.181051315	0.780373832	0.415962097	2.571083067	38.20539536	0.173024466
18	509	6.232448017	0.827102804	0.562501963	3.505764244	38.84340828	0.316408459
19	512.5	6.239300711	0.873831776	0.727615827	4.539813945	38.92887336	0.529424791
20	514	6.242223265	0.920560748	0.929310672	5.800964696	38.9653513	0.863618325
21	610	6.413458957	0.96728972	1.22965981	7.886372722	41.1324558	1.512063248
Total	8212	124.6730094	10.5	-11.45810662	-62.00416789	741.5238311	33.86981576

$\left(\sum x_i\right)^2 = 15543{,}35928$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 131{,}2882073$

Index Of Fit distribusi Weibull = 0,980947989

θ = 428,5533818

a = -26,75215271

β = b = 4,414244131

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-26), (2-27), (2-28) :

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

  $x_i = \ln t_i$ $\quad x_i = \ln 227 = 5{,}424950017$
- $F(t_i) = \dfrac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$ $\quad F(t_i) = \dfrac{1-0{,}3}{21+0{,}4} = 0{,}03271028$
- $y_i = \ln\ln\left(\dfrac{1}{1-F(t_i)}\right)$ $\quad y_i = \ln\ln\left(\dfrac{1}{1-0{,}03271028}\right) = -3{,}40348334$

Perhitungan parameter :

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

$$\beta = b = \frac{21*(-62{,}00416789) - ,(124.6730094 * -11{,}45810662)}{(21*741.5238311) - 15543{,}35928} =$$

4,414244131

- $\bar{x} = \dfrac{\sum_{n=1}^{i} x_i}{n} = \dfrac{124{,}6730094}{21} = 5{,}936809974$

- $\bar{y} = \dfrac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \dfrac{-11{,}45810662}{21} = -0{,}545624125$

- $a = \bar{y} - b\bar{x}$ $= -0{,}545624125 - (4{,}414244131 * 5{,}936809974) =$

-26,75215271

- $\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$ $= e^{-(-26{,}75215271/4{,}14244131)} = 428{,}553818$

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

$$r = \frac{21*-62{,}00416789 - (124{,}6730094 * -11{,}45810662)}{\sqrt{[(21*741{,}5238311) - 15543{,}35928\ ][(21*33{,}86981576) - 131{,}2882073]}}$$

$= 0{,}980947989$

4.2.4.1.2 Identifikasi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Distribusi Eksponensial

Tabel 4.5 Perhitungan *Index Of Fit* TTF dengan Distribusi Eksponensial

i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	Xi . Yi	xi^2	yi^2
1	227	227	0.03271028	0.033257222	7.549389339	51529	0.001106043
2	252	252	0.079439252	0.082772286	20.85861614	63504	0.006851251
3	283	283	0.126168224	0.134867398	38.16747368	80089	0.018189215
4	294	294	0.172897196	0.189826282	55.80892704	86436	0.036034018
5	296	296	0.219626168	0.247982203	73.40273197	87616	0.061495173
6	323.5	323.5	0.26635514	0.30973021	100.1977228	104652.25	0.095932803
7	327.5	327.5	0.313084112	0.375543428	122.9904727	107256.25	0.141032866
8	339	339	0.359813084	0.445995089	151.1923352	114921	0.19891162
9	360.5	360.5	0.406542056	0.521788929	188.1049087	129960.25	0.272263686
10	366	366	0.453271028	0.60380208	220.9915614	133956	0.364576952
11	368.5	368.5	0.5	0.693147181	255.424736	135792.25	0.480453014
12	389	389	0.546728972	0.791265037	307.8020992	151321	0.626100358
13	409.5	409.5	0.593457944	0.900067896	368.5778036	167690.25	0.810122218
14	410.5	410.5	0.640186916	1.022170593	419.6010285	168510.25	1.044832722
15	458.5	458.5	0.686915888	1.161283396	532.4484369	210222.25	1.348579125
16	478.5	478.5	0.73364486	1.322924747	633.0194915	228962.25	1.750129887
17	483.5	483.5	0.780373832	1.515828413	732.9030378	233772.25	2.297735779
18	509	509	0.827102804	1.755058102	893.3245741	259081	3.080228943
19	512.5	512.5	0.873831776	2.070139149	1060.946314	262656.25	4.285476096
20	514	514	0.920560748	2.532762671	1301.840013	264196	6.414886747
21	610	610	0.96728972	3.420065866	2086.240178	372100	11.69685053
Total	8212	8212	10.5	20.13027818	9571.391852	3414223.5	35.03178904

$\left(\sum x_i\right)^2 = 67436944$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 405{,}2280995$

Index Of Fit distribusi Eksponensial = 0.,951040781

$\lambda = b$ = 0,002803388

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-24), (2-29), (2-30), (2-31) :

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

  $x_i = t_i$ $x_i = 227$
- $F(t_i) = \frac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$ $F(t_i) = \frac{1-0{,}3}{21+0{,}4} = 0{,}03271028$
- $y_i = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)$ $y_i = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}03271028}\right) = 0{,}033257222$

Perhitungan parameter :

- $\lambda = b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}$ $\lambda = b = \frac{9571{,}391852}{3414223{,}5} = 0{,}002803388$
- *Index of Fit* = $r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}}$

$$r = \frac{(21*9571{,}391852) - (8212*20{,}13027818)}{\sqrt{[(21*3414223{,}5) - 67436944][(21*35{,}03178904) - 405{,}2280995]}}$$

$$= 0{,}951040781$$

4.2.4.1.3 Identifikasi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Distribusi Normal

Tabel 4.6 Perhitungan *Index Of Fit* TTF dengan Distribusi Normal

i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi = zi	xi . yi	xi^2	yi^2
1	227	227	0.03271028	-1.842357217	-418.2150883	51529	3.394280115
2	252	252	0.079439252	-1.408864078	-355.0337477	63504	1.984897991
3	283	283	0.126168224	-1.144694569	-323.9485629	80089	1.310325655
4	294	294	0.172897196	-0.942795309	-277.1818208	86436	0.888862994
5	296	296	0.219626168	-0.773470616	-228.9473024	87616	0.598256794
6	323.5	323.5	0.26635514	-0.623886768	-201.8273694	104652.25	0.389234699
7	327.5	327.5	0.313084112	-0.487135276	-159.536803	107256.25	0.237300778
8	339	339	0.359813084	-0.358951776	-121.684652	114921	0.128846377
9	360.5	360.5	0.406542056	-0.236463773	-85.24519017	129960.25	0.055915116
10	366	366	0.453271028	-0.117396394	-42.96708015	133956	0.013781913
11	368.5	368.5	0.5	0	0	135792.25	0
12	389	389	0.546728972	0.117396394	45.66719721	151321	0.013781913
13	409.5	409.5	0.593457944	0.236463773	96.83191504	167690.25	0.055915116
14	410.5	410.5	0.640186916	0.358951776	147.3497039	168510.25	0.128846377
15	458.5	458.5	0.686915888	0.487135276	223.3515242	210222.25	0.237300778
16	478.5	478.5	0.73364486	0.623886768	298.5298184	228962.25	0.389234699
17	483.5	483.5	0.780373832	0.773470616	373.9730429	233772.25	0.598256794
18	509	509	0.827102804	0.942795309	479.8828122	259081	0.888862994
19	512.5	512.5	0.873831776	1.144694569	586.6559664	262656.25	1.310325655

20	514	514	0.920560748	1.408864078	724.1561362	264196	1.984897991
21	610	610	0.96728972	1.842357217	1123.837902	372100	3.394280115
Total	8212	8212	10.5	1.9984E-15	1885.648402	3414223.5	18.00340487

$\left(\sum x_i\right)^2 = 67436944$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 3{,}99361\text{E-}30$

Index Of Fit distribusi Normal = 0,986504524

σ = 107,6236971

a = -3,633471343

b = 0,009291634

μ = 391,047619

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-32), (2-33), (2-34) :

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

  $x_i = t_i$ $x_i = 227$

- $F(t_i) = \frac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4}$ $F(t_i) = \frac{1 - 0{,}3}{21 + 0{,}4} = 0{,}03271028$
- $y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$ $y_i = z_i = \phi^{-1}[0{,}03271028] = -1{,}842357217$

  dimana nilai y_i didapat dari tabel standardized normal probabilities.

Perhitungan parameter :

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

$$= \frac{(21 * 1885{,}648402) - (8212 * 1{,}9984\text{E-}15)}{(21 * 3414223{,}5) - 67436944} = 0{,}009291634$$

- $$\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^{i} x_i}{n} = \frac{8212}{21} = 391{,}047619$$

- $$\bar{y} = \frac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \frac{1{,}9984\text{E-}15}{21} = 9{,}5162\text{E-}17$$

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

$$9{,}5162\text{E-}17 - (0{,}009291634 * 391{,}047619) = -3{,}633471343$$

- $$\sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{0{,}009291634} = 107{,}6236971$$

- $$\mu = -\left(\frac{a}{b}\right) = -\frac{-3{,}633471343}{0{,}009291634} = 391{,}047619$$

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

$$r = \frac{(21 * 1885{,}648402) - (8212 * 1{,}9984\text{E-}15)}{\sqrt{[(21 * 3414223{,}5) - 67436944][(21 * 18{,}00340487) - 3{,}99361\text{E-}30]}}$$

$$= 0.986504524$$

4.2.4.14 Identifikasi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Distribusi Lognormal

Tabel 4.7 Perhitungan *Index Of Fit* TTF dengan Distribusi Lognormal

i	ti (jam)	xi = ln(ti)	F(ti)	yi = zi	xi . yi	xi^2	yi^2
1	227	5.424950017	0.03271028	-1.842357217	-9.994695817	29.43008269	3.394280115
2	252	5.529429088	0.079439252	-1.408864078	-7.790214015	30.57458603	1.984897991
3	283	5.645446898	0.126168224	-1.144694569	-6.462312401	31.87107067	1.310325655
4	294	5.683579767	0.172897196	-0.942795309	-5.358452342	32.30307897	0.888862994
5	296	5.690359454	0.219626168	-0.773470616	-4.401325833	32.38019072	0.598256794
6	323.5	5.779199114	0.26635514	-0.623886768	-3.605565855	33.3991424	0.389234699
7	327.5	5.791488055	0.313084112	-0.487135276	-2.821238135	33.54133389	0.237300778
8	339	5.826000107	0.359813084	-0.358951776	-2.091253084	33.94227725	0.128846377
9	360.5	5.887491957	0.406542056	-0.236463773	-1.392178562	34.66256154	0.055915116
10	366	5.902633333	0.453271028	-0.117396394	-0.692947868	34.84108027	0.013781913
11	368.5	5.909440712	0.5	0	0	34.92148952	0
12	389	5.963579344	0.546728972	0.117396394	0.700102709	35.56427859	0.013781913
13	409.5	6.014936903	0.593457944	0.236463773	1.422314675	36.17946595	0.055915116
14	410.5	6.017375929	0.640186916	0.358951776	2.159947775	36.20881307	0.128846377
15	458.5	6.127960292	0.686915888	0.487135276	2.985145631	37.55189734	0.237300778
16	478.5	6.170656211	0.73364486	0.623886768	3.849790758	38.07699807	0.389234699
17	483.5	6.181051315	0.780373832	0.773470616	4.780861569	38.20539536	0.598256794
18	509	6.232448017	0.827102804	0.942795309	5.875922752	38.84340828	0.888862994
19	512.5	6.239300711	0.873831776	1.144694569	7.142093636	38.92887336	1.310325655
20	514	6.242223265	0.920560748	1.408864078	8.794444127	38.9653513	1.984897991
21	610	6.413458957	0.96728972	1.842357217	11.8158824	41.1324558	3.394280115
Total	8212	124.6730094	10.5	1.9984E-15	4.916322117	741.5238311	18.00340487

$\left(\sum x_i\right)^2 = 15543{,}35928$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 3{,}99361\text{E}-30$

Index of Fit distribusi Lognormal = 0,992149891

s = 0,277415743

a = -21,40040757

b = 3,60469809

t_{med} = 378,7248582

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-35), (2-36), (2-37):

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

  $x_i = \ln t_i$ $\quad x_i = \ln 227 = 5{,}424950017$
- $F(t_i) = \dfrac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$ $\quad F(t_i) = \dfrac{1-0{,}3}{21+0{,}4} = 0{,}03271028$
- $y_i = z_i = \phi^{-1}\left[F(t_i)\right]$ $\quad y_i = z_i = \phi^{-1}\left[0{,}03271028\right] = -1{,}842357217$

  dimana nilai y_i didapat dari tabel standardized normal probabilities.

Perhitungan parameter :

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

$$= \frac{(21 * 4{,}916322117) - (124{,}6730094 * 1{,}9984\text{E}-15)}{(21 * 741{,}5238311) - 15543{,}35928} = 3{,}60469809$$

- $\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^{i} x_i}{n} = \frac{124{,}6730094}{21} = 5{,}936809974$

- $\bar{y} = \frac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \frac{1{,}9984\text{E-}15}{21} = 9{,}5162\text{E-}17$

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

  9,5162E-17 - (3,60469809 * 5,936809974) = -21,40040757

- $s = \frac{1}{b} = \frac{1}{3{,}60469809} = 0{,}277415743$

- $t_{med} = e^{-sa} = e^{-0{,}277415743*-21{,}40040757} = 378{,}7248582$

- $e^{s^2/2} = e^{-(0{,}277415743)/2} = 1{,}039229681$

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

  $r = \frac{(21*4{,}916322117) - (124{,}6730094*1{,}9984\text{E-}15)}{\sqrt{[(21*741{,}5238311) - 15543{,}35928][(21*18{,}00340487) - 3{,}99361\text{E-}30]}}$

  = 0,992149891

4.2.4.1.5 Nilai Index Of Fit Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Tiap Distribusi

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

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai *Index Of Fit* Waktu Antar Waktu Kerusakan (TTF)

Distribusi	Index Of Fit
Weibull	0,980947989
Eksponensial	0,951040781
Normal	0,986504524
Lognormal	**0,992149891**

Pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar. Pada data waktu antar kerusakan diperoleh nilai *index of fit* terbesar terdapat pada distribusi Lognormal sebesar 0.992149891.

4.2.4.2 Identifikasi Distribusi untuk Data Waktu Perbaikan (TTR)

Langkah-langkah perhitungan untuk mencari nilai *index of fit* pada setiap distribusi untuk data waktu perbaikan sama dengan langkah-langkah perhitungan untuk mencari nilai index of fit pada data waktu antar kerusakan, yaitu melakukan identifikasi jenis distribusi dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting.* Dari perhitungan ini kita memperoleh nilai *index of fit* dan nilai parameter dari masing-masing distribusi. Sehingga parameter-parameter dari masing-masing distribusi dapat kita gunakan untuk perhitungan selanjutnya.

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

4.2.4.2.1 Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) Dengan Distribusi Weibull

Tabel 4.9 Perhitungan *Index Of Fit* TTR dengan Distribusi Weibull

i	ti (jam)	xi = ln(ti)	F(ti)	yi	Xi . Yi	Xi²	Yi²
1	1	0	0.03125	-3.449903552	0	0	11.90183452
2	1	0	0.075892857	-2.539228628	0	0	6.447682025
3	1	0	0.120535714	-2.052275323	0	0	4.211834
4	1	0	0.165178571	-1.711817127	0	0	2.930317875
5	1.5	0.405465108	0.209821429	-1.446059995	-0.586326872	0.164401954	2.091089509
6	1.5	0.405465108	0.254464286	-1.225359071	-0.496840348	0.164401954	1.501504852
7	1.5	0.405465108	0.299107143	-1.03451067	-0.419457981	0.164401954	1.070212326
8	1.5	0.405465108	0.34375	-0.864615531	-0.35057143	0.164401954	0.747560016
9	1.67	0.512823626	0.388392857	-0.709957432	-0.364082945	0.262988072	0.504039556
10	2	0.693147181	0.433035714	-0.56658684	-0.392728071	0.480453014	0.321020647
11	2	0.693147181	0.477678571	-0.431595374	-0.299159116	0.480453014	0.186274567
12	2	0.693147181	0.522321429	-0.302704726	-0.209818928	0.480453014	0.091630151
13	2	0.693147181	0.566964286	-0.178008782	-0.123386285	0.480453014	0.031687127
14	2	0.693147181	0.611607143	-0.055789775	-0.038670525	0.480453014	0.003112499
15	3	1.098612289	0.65625	0.065638507	0.07211127	1.206948961	0.004308414
16	3	1.098612289	0.700892857	0.18809936	0.206648269	1.206948961	0.035381369
17	3	1.098612289	0.745535714	0.313784508	0.344727517	1.206948961	0.098460718
18	3	1.098612289	0.790178571	0.445645905	0.489592068	1.206948961	0.198600273
19	3	1.098612289	0.834821429	0.588191105	0.646193976	1.206948961	0.345968776
20	3	1.098612289	0.879464286	0.749437333	0.823341064	1.206948961	0.561656316
21	3	1.098612289	0.924107143	0.947181737	1.040585496	1.206948961	0.897153242
22	3	1.098612289	0.96875	1.242924992	1.36549267	1.206948961	1.544862535
Total	45.67	14.38931827	11	-12.02750938	1.707649828	12.97845264	35.72619132

$$\left(\sum x_i\right)^2 = 207{,}0524803$$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 144{,}6609818$

Index Of Fit distribusi Weibull = 0,938934471

θ = 2,357820298

a = -2,302311337

β = b = 2,684167472

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-26), (2-27), (2-28) :

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

  $x_i = \ln t_i$ $\qquad x_i = \ln 1 = 0$

- $F(t_i) = \dfrac{i - 0{,}3}{n + 0{,}4}$ $\qquad F(t_i) = \dfrac{1 - 0{,}3}{22 + 0{,}4} = 0{,}03125$

- $y_i = \ln\ln\left(\dfrac{1}{1 - F(t_i)}\right)$ $\qquad y_i = \ln\ln\left(\dfrac{1}{1 - 0{,}03125}\right) = -3{,}449903552$

Perhitungan parameter :

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

$$\beta = b = \frac{22 * (1{,}707649828) - (14{,}38931827 * -12{,}02750938)}{(22 * 12{,}97845264) - 207{,}0524803} = 2{,}684167472$$

- $\bar{x} = \dfrac{\sum_{i=1}^{i} x_i}{n} = \dfrac{14{,}38931827}{22} = 0{,}654059921$

- $\bar{y} = \frac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \frac{-12{,}02750938}{22} = -0{,}546704972$
- $a = \bar{y} - b\bar{x}$ = -0,546704972 - (2,684167472 * 0,654059921) = -2,302311337
- $\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$ = $e^{-(-2{,}302311337/2{,}684167472)}$ = 2,357820298
- *Index of Fit* = $r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}}$

$$r = \frac{22 * 1{,}707649828 - (14{,}38931827 * -12{,}02750938)}{\sqrt{[(22 * 12{,}97845264) - 207{,}0524803][(22 * 35{,}72619132) - 144{,}6609818]}}$$

$$= 0{,}938934471$$

4.2.4.2.2 Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) Dengan Distribusi Eksponensial

Tabel 4.10 Perhitungan *Index Of Fit* TTR dengan Distribusi Eksponensial

i	Ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	Xi . Yi	xi^2	yi^2
1	1	1	0.03125	0.031748698	0.031748698	1	0.00100798
2	1	1	0.075892857	0.078927259	0.078927259	1	0.006229512
3	1	1	0.120535714	0.128442323	0.128442323	1	0.01649743
4	1	1	0.165178571	0.180537435	0.180537435	1	0.032593765
5	1.5	1.5	0.209821429	0.235496319	0.353244479	2.25	0.055458516

6	1.5	1.5	0.254464286	0.293652239	0.440478359	2.25	0.086231638
7	1.5	1.5	0.299107143	0.355400247	0.53310037	2.25	0.126309335
8	1.5	1.5	0.34375	0.421213465	0.631820198	2.25	0.177420783
9	1.67	1.67	0.388392857	0.491665126	0.82108076	2.7889	0.241734596
10	2	2	0.433035714	0.567458965	1.134917931	4	0.322009677
11	2	2	0.477678571	0.649472117	1.298944234	4	0.421814031
12	2	2	0.522321429	0.738817217	1.477634435	4	0.545850881
13	2	2	0.566964286	0.836935073	1.673870147	4	0.700460317
14	2	2	0.611607143	0.945737933	1.891475866	4	0.894420238
15	3	3	0.65625	1.06784063	3.20352189	9	1.140283611
16	3	3	0.700892857	1.206953432	3.620860297	9	1.456736588
17	3	3	0.745535714	1.368594784	4.105784352	9	1.873051683
18	3	3	0.790178571	1.56149845	4.68449535	9	2.43827741
19	3	3	0.834821429	1.800728139	5.402184418	9	3.242621831
20	3	3	0.879464286	2.115809186	6.347427558	9	4.476648511
21	3	3	0.924107143	2.578432708	7.735298123	9	6.648315229
22	3	3	0.96875	3.465735903	10.39720771	9	12.01132535
Total	45.67	45.67	11	21.12109765	56.17300219	107.7889	36.91529891

$\left(\sum x_i\right)^2 = 2085{,}7489$

$\left(\sum y_i\right)^2 = 446{,}1007659$

Index Of Fit distribusi Eksponensial $= 0{,}838788344$

$\lambda = b$ $= 0{,}521139024$

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-24), (2-29), (2-30), (2-31) :

- Urutkan data TTR (t_i) dari yang terkecil sampai yang terbesar

- Banyaknya data interval kerusakan = n = 22

  $x_i = t_i$ $\qquad$ $x_i = 1$

- $F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$ $\qquad$ $F(t_i) = \frac{1-0,3}{22+0,4} = 0,03125$

- $y_i = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)$ $\qquad$ $y_i = \ln\left(\frac{1}{1-0,03125}\right) = 0,031748698$

Perhitungan parameter :

- $\lambda = b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}$ $\quad$ $\lambda = b = \frac{56,17300219}{107,7889} = 0,521139024$

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

$$r = \frac{(22 * 56,17300219) - (45.67 * 21,12109765)}{\sqrt{[(22 * 107,7889) - 2085,7489][(22 * 36,91529891) - 446,1007659]}}$$

$$= 0,838788344$$

4.2.4.2.3 Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) Dengan Distribusi Normal

Tabel 4.11 Perhitungan *Index Of Fit* TTR dengan Distribusi Normal

i	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi = zi	xi . yi	xi^2	yi^2
1	1	1	0.03125	-1.862714286	-1.862714286	1	3.46970451
2	1	1	0.075892857	-1.433266733	-1.433266733	1	2.054253529

3	1	1	0.120535714	-1.172321429	-1.172321429	1	1.374337532
4	1	1	0.165178571	-0.973392857	-0.973392857	1	0.947493654
5	1.5	1.5	0.209821429	-0.80705388	-1.210580821	2.25	0.651335966
6	1.5	1.5	0.254464286	-0.660517857	-0.990776786	2.25	0.43628384
7	1.5	1.5	0.299107143	-0.526982297	-0.790473446	2.25	0.277710342
8	1.5	1.5	0.34375	-0.402255435	-0.603383152	2.25	0.161809435
9	1.67	1.67	0.388392857	-0.283517344	-0.473473965	2.7889	0.080382085
10	2	2	0.433035714	-0.168662305	-0.337324609	4	0.028446973
11	2	2	0.477678571	-0.055983489	-0.111966978	4	0.003134151
12	2	2	0.522321429	0.055983489	0.111966978	4	0.003134151
13	2	2	0.566964286	0.168662305	0.337324609	4	0.028446973
14	2	2	0.611607143	0.283517344	0.567034689	4	0.080382085
15	3	3	0.65625	0.402255435	1.206766304	9	0.161809435
16	3	3	0.700892857	0.526982297	1.580946892	9	0.277710342
17	3	3	0.745535714	0.660517857	1.981553571	9	0.43628384
18	3	3	0.790178571	0.80705388	2.421161641	9	0.651335966
19	3	3	0.834821429	0.973392857	2.920178571	9	0.947493654
20	3	3	0.879464286	1.172321429	3.516964286	9	1.374337532
21	3	3	0.924107143	1.433266733	4.2998002	9	2.054253529
22	3	3	0.96875	1.862714286	5.588142857	9	3.46970451
Total	45.67	45.67	11	0	14.57216554	107.7889	18.96978403

$\left(\sum x_i\right)^2 = 2085{,}7489$

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

Index Of Fit distribusi Normal = 0,928581219

σ = 0,890885557

a = -2,330163592

b = 1,12247863

μ = 2,075909091

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-32), (2-32), (2-34) :

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

  $x_i = t_i$ $x_i = 1$

- $F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$ $F(t_i) = \frac{1 - 0,3}{22 + 0,4} = 0,03125$
- $y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$ $y_i = z_i = \phi^{-1}[0,03125] = -1,862714286$ dimana nilai y_i didapat dari tabel standardized normal probabilities.

Perhitungan parameter :

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

  $$= \frac{(22 * 14,57216554) - (45,67 * 0)}{(22 * 107,7889) - 2085,7489} = 1,12247863$$

- $\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^{i} x_i}{n} = \frac{45,67}{22} = 2,075909091$
- $\bar{y} = \frac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \frac{0}{22} = 0$
- $a = \bar{y} - b\bar{x}$ = 0 - (1,12247863 * 2,075909091) = -2,330163592

- $\sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{1,12247863} = 0,89088555745.67$
- $\mu = -\left(\frac{a}{b}\right) = -\frac{-2,330163592}{1,12247863} = 2,075909091$
- *Index of Fit* = $r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}}$

$$r = \frac{(22*14,57216554) - (45,67*0)}{\sqrt{[(22*107,7889) - 2085,7489][(22*18,96978403) - 0]}} = 0,928581219$$

4.2.4.2.4 Identifikasi Data Waktu Perbaikan (TTR) Dengan Distribusi Lognormal

Tabel 4.12 Perhitungan *Index Of Fit* TTR dengan Distribusi Lognormal

i	ti (jam)	xi = ln(ti)	F(ti)	yi = zi	xi . yi	xi^2	yi^2
1	1	0	0.03125	-1.862714286	0	0	3.46970451
2	1	0	0.075892857	-1.433266733	0	0	2.054253529
3	1	0	0.120535714	-1.172321429	0	0	1.374337532
4	1	0	0.165178571	-0.973392857	0	0	0.947493654
5	1.5	0.405465108	0.209821429	-0.80705388	-0.327232189	0.164401954	0.651335966
6	1.5	0.405465108	0.254464286	-0.660517857	-0.267816944	0.164401954	0.43628384
7	1.5	0.405465108	0.299107143	-0.526982297	-0.213672934	0.164401954	0.277710342
8	1.5	0.405465108	0.34375	-0.402255435	-0.163100543	0.164401954	0.161809435
9	1.67	0.512823626	0.388392857	-0.283517344	-0.145394393	0.262988072	0.080382085
10	2	0.693147181	0.433035714	-0.168662305	-0.116907801	0.480453014	0.028446973
11	2	0.693147181	0.477678571	-0.055983489	-0.038804797	0.480453014	0.003134151
12	2	0.693147181	0.522321429	0.055983489	0.038804797	0.480453014	0.003134151

13	2	0.693147181	0.566964286	0.168662305	0.116907801	0.480453014	0.028446973
14	2	0.693147181	0.611607143	0.283517344	0.196519248	0.480453014	0.080382085
15	3	1.098612289	0.65625	0.402255435	0.441922764	1.206948961	0.161809435
16	3	1.098612289	0.700892857	0.526982297	0.578949228	1.206948961	0.277710342
17	3	1.098612289	0.745535714	0.660517857	0.725653035	1.206948961	0.43628384
18	3	1.098612289	0.790178571	0.80705388	0.886639311	1.206948961	0.651335966
19	3	1.098612289	0.834821429	0.973392857	1.069381355	1.206948961	0.947493654
20	3	1.098612289	0.879464286	1.172321429	1.287926728	1.206948961	1.374337532
21	3	1.098612289	0.924107143	1.433266733	1.574604446	1.206948961	2.054253529
22	3	1.098612289	0.96875	1.862714286	2.046400805	1.206948961	3.46970451
Total	45.67	14.38931827	11	0	7.690779914	12.97845264	18.96978403

$\left(\sum x_i\right)^2 = 207{,}0524803$

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

Index of Fit distribusi Lognormal = 0,934951495

s = 0,46379903

a = -1,410222702

b = 2,156106276

t_{med} = 1,389416031

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-21), (2-22), (2-23), (2-35), (2-36), (2-37):

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

$x_i = \ln t_i$ $\quad x_i = \ln 227 = 5{,}424950017$

- $F(t_i) = \dfrac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$ $\quad F(t_i) = \dfrac{1-0{,}3}{22+0{,}4} = 0{,}03125$
- $y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)]$ $\quad y_i = z_i = \phi^{-1}[0{,}03125] = -1{,}862714286$ dimana nilai y_i didapat dari tabel standardized normal probabilities.

Perhitungan parameter :

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

$= \dfrac{(22 * 7{,}690779914) - (14{,}38931827 * 0)}{(22 * 12{,}97845264) - 207{,}0524803} = 2{,}156106276$

- $\bar{x} = \dfrac{\sum_{n=1}^{i} x_i}{n} = \dfrac{14{,}38931827}{22} = 0{,}654059921$
- $\bar{y} = \dfrac{\sum_{n=1}^{i} y_i}{n} = \dfrac{0}{22} = 0$
- $a = \bar{y} - b\bar{x}$ $\quad = 0 - (2{,}156106276 * 0{,}654059921) = -1{,}410222702$
- $s = \dfrac{1}{b}$ $\quad = \dfrac{1}{2{,}156106276} = 0{,}46379903$
- $t_{med} = e^{-sa}$ $\quad = e^{-0{,}46379903 * -1{,}410222702} = 1{,}389416031$
- $e^{s^2/2} = e^{0{,}46379903/2} = 1{,}113551849$

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

$$r = \frac{(22 * 7{,}690779914) - (14{,}38931827 * 0)}{\sqrt{[(22 * 12{,}97845264) - 207{,}0524803][(22 * 18{,}96978403) - 0]}}$$

$$= 0{,}934951495$$

4.2.4.2.5 Nilai Index Of Fit Data Waktu Perbaikan (TTR) Tiap Distribusi

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

Tabel 4.13 Perbandingan Nilai *Index Of Fit* Waktu Perbaikan (TTR)

Distribusi	Index Of Fit
Weibull	**0,938934471**
Eksponensial	0,838788344
Normal	0,928581219
Lognormal	0,934951495

Pemilihan jenis distribusi dipilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar. Pada data waktu perbaikan diperoleh nilai *index of fit* terbesar terdapat pada distribusi Weibull sebesar 0.938934471

4.2.5 Uji Kecocokan Distribusi (Uji Goodness Of Fit)

4.2.5.1 Perhitungan Uji Goodness Of Fit atau Uji Kecocokan Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Berdasarkan hasil pemilihan nilai *index of fit* terbesar untuk data waktu antar kerusakan, maka dilakukan pengujian kesesuaian distribusi untuk menentukan apakah data waktu antar kerusakan (TTF) pada komponen kritis benar-benar mendekati distribusi yang sesuai dengan *index of fit* terbesar. Jika hasil pengujian menyatakan data tersebut tidak mendekati distribusi yang terpilih, maka pilih kembali distribusi yang memiliki nilai *index of fit* terbesar ke dua, dan diikuti kembali dengan uji kesesuaian distribusi sampai data tersebut mendekati distribusi tertentu.

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

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

Distribusi yang akan diuji pada data waktu antar kerusakan pada komponen kritis adalah distribusi Lognormal, maka pengujian yang akan dilakukan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov Test*. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. H_o : Data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal.

2. H_1 : Data waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Lognormal.
3. Taraf nyata (α) = 0,05.
4. Wilayah kritik : Terima Ho jika Dhitung < Dtabel (21, 0,05) = 0,188.
5. Hasil perhitungan berdasarkan persamaan

   (2-43), (2-44), (2-45), (2-46), (2-47) :

Tabel 4.14 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal

Uji Goodness Of Fit Data TTF Dengan Kolmogorov-Smirnov Untuk Distribusi Lognormal									
i	(i - 1)/n	i/n	ti' (jam)	ti = ln ti'	(ti - M)^2	Zi = (ti - t)/s	Φ(Zi)	D1(i)	D2(i)
1	0	0.047619048	227	5.424950017	0.262000615	-1.960109963	0.024993622	0.024993622	0.022625425
2	0.047619048	0.095238095	252	5.529429088	0.165959186	-1.56001915	0.059377759	0.011758712	0.035860336
3	0.095238095	0.142857143	283	5.645446898	0.084892442	-1.115742033	0.132271205	0.03703311	0.010585938
4	0.142857143	0.19047619	294	5.683579767	0.064125537	-0.96971651	0.166091156	0.023234013	0.024385034
5	0.19047619	0.238095238	296	5.690359454	0.060737858	-0.943754463	0.172652612	-0.017823579	0.065442626
6	0.238095238	0.285714286	323.5	5.779199114	0.024841183	-0.603553008	0.273070401	0.034975163	0.012643884
7	0.285714286	0.333333333	327.5	5.791488055	0.02111846	-0.556493894	0.288939088	0.003224802	0.044394245
8	0.333333333	0.380952381	339	5.826000107	0.012278826	-0.424333883	0.335662467	0.002329133	0.045289914
9	0.380952381	0.428571429	360.5	5.887491957	0.002432267	-0.188857782	0.425098891	0.044146511	0.003472537
10	0.428571429	0.476190476	366	5.902633333	0.001168043	-0.130875588	0.447934143	0.019362714	0.028256334
11	0.476190476	0.523809524	368.5	5.909440712	0.000749077	-0.104807501	0.458261422	-0.017929054	0.065548102
12	0.523809524	0.571428571	389	5.963579344	0.000716599	0.102510283	0.540152508	0.016342984	0.031276064
13	0.571428571	0.619047619	409.5	6.014936903	0.006103817	0.299178264	0.617596097	0.046167526	0.001451522
14	0.619047619	0.666666667	410.5	6.017375929	0.006490873	0.308518238	0.621155449	0.00210783	0.045511218
15	0.666666667	0.714285714	458.5	6.127960292	0.036538444	0.731988581	0.767914529	**0.101247862**	-0.053628814
16	0.714285714	0.761904762	478.5	6.170656211	0.054684063	0.895487787	0.814735239	0.100449525	-0.052830477
17	0.761904762	0.80952381	483.5	6.181051315	0.059653833	0.935294665	0.825176024	0.063271262	-0.015652214
18	0.80952381	0.857142857	509	6.232448017	0.087401852	1.132112537	0.871203633	0.061679823	-0.014060776
19	0.857142857	0.904761905	512.5	6.239300711	0.091500646	1.158354157	0.876642602	0.019499745	0.028119303

20	0.904761905	0.952380952	514	6.242223265	0.093277279	1.16954575	0.878908241	-0.025853663	**0.073472711**
21	0.952380952	1	610	6.413458957	0.227194254	1.825273515	0.966020787	0.013639835	0.033979213
				124.6730094	1.363865155				

- $n = 21$
- $M = \bar{t} = \frac{\sum_{i=i}^{n} t_i}{n} = \frac{124{,}6730094}{21} = 5{,}936809974$
- $s = \sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}(t_i - \mathrm{M})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1{,}363865155}{21-1}} = 0{,}261138388$
- Contoh Perhitungan

  $zi = \frac{(t_i - \bar{t})}{s} = \frac{(5{,}424950017 - 5{,}936809974)}{0{,}261138388} = -1{,}960109963$
- Contoh Perhitungan

  $\Phi(zi) \rightarrow \Phi(-1{,}960109963) = 0{,}024993622$ (didapat dari tabel standardized normal probabilities).
- $D_1 = \max_{1 \le i \le n}\left\{\Phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\} = (0{,}966020787 - 1) = 0{,}101247862$
- $D_2 = \max_{1 \le i \le n}\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{t_i - \bar{t}}{s}\right)\right\} = (0{,}952380952 - 0{,}878908241) = 0{,}073472711$
- $Dn = \max(\textit{antara } D_1 \textit{ dengan } D_2) = 0{,}101247862$

6. Kesimpulan : $D_{hitung}(0{,}101247862) < \mathrm{D}_{\mathrm{tabel}}(0{,}188)$, maka terima Ho dan data waktu antar kerusakan berdistribusi Lognormal.

4.2.5.2 Perhitungan Uji Goodness Of Fit atau Uji Kecocokan Distribusi Data Waktu Perbaikan (TTR)

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

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

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

1. H_o : Data waktu perbaikan berdistribusi Weibull.
2. H_1 : Data waktu perbaikan tidak berdistribusi Weibull.
3. Taraf nyata (α) = 0.05.
4. Wilayah kritik : Terima Ho jika $M < F_{tabel}$ (0,05 ,21, 21) = 2,0975
5. Hasil perhitungan berdasarkan persamaan (2-38), (2-39), (2-40), (2-41) :

Tabel 4.15 Perhitungan Uji Goodness Of Fit Data Waktu Perbaikan (TTR)

Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull

Uji Goodness Of Fit Data TTR Dengan Mann's Test Untuk Distribusi Weibull								
i	ti (jam)	ln ti	1 - [(i - 0,5)/(n + 0,25)]	- ln [1 - ((i - 0,5)/(n + 0,25))]	Zi	Mi	$\ln t_{i+1} - \ln t_i$	$(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / Mi$
1	1	0	0.97752809	0.022728251	-3.784146587	1.121964599	0	0
2	1	0	0.93258427	0.069795762	-2.662181988	0.535133128	0	0
3	1	0	0.887640449	0.119188517	-2.127048861	0.361823758	0	0
4	1	0	0.842696629	0.171148256	-1.765225103	0.277812294	0.405465108	1.459493033
5	1.5	0.405465108	0.797752809	0.225956493	-1.487412808	0.228433686	0	0
6	1.5	0.405465108	0.752808989	0.28394375	-1.258979123	0.196221243	0	0
7	1.5	0.405465108	0.707865169	0.345501643	-1.062757879	0.173836481	0	0
8	1.5	0.405465108	0.662921348	0.411098926	-0.888921398	0.157663512	0.107358518	0.68093446
9	1.67	0.512823626	0.617977528	0.481303184	-0.731257886	0.145728	0.180323554	1.23739813
10	2	0.693147181	0.573033708	0.556810737	-0.585529887	0.136878692	0	0
11	2	0.693147181	0.528089888	0.638488768	-0.448651195	0.130422288	0	0
12	2	0.693147181	0.483146067	0.727436254	-0.318228907	0.125947584	0	0
13	2	0.693147181	0.438202247	0.825074724	-0.192281323	0.123240209	0	0
14	2	0.693147181	0.393258427	0.933288308	-0.069041114	0.122249281	0.405465108	3.316707517
15	3	1.098612289	0.348314607	1.054649165	0.053208167	0.123094902	0	0
16	3	1.098612289	0.303370787	1.192799504	0.176303068	0.126126341	0	0
17	3	1.098612289	0.258426966	1.353142154	0.302429409	0.132074878	0	0
18	3	1.098612289	0.213483146	1.544197391	0.434504287	0.142438331	0	0
19	3	1.098612289	0.168539326	1.780586169	0.576942618	0.160575977	0	0
20	3	1.098612289	0.123595506	2.090741097	0.737518595	0.195718226	0	0
21	3	1.098612289	0.078651685	2.542726221	0.933236821	0.287600204	0	0
22	3	1.098612289	0.033707865	3.390024081	1.220837025			
Total	45.67	14.38931827	11.12359551	20.76062935	-12.94668407	5.004983612	1.098612289	6.694533141

- $n = 22$ $r = 22$

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

  $Z_1 = \ln\left[-\ln\left(1-\frac{1-0,5}{22+0,25}\right)\right] = -3,784146587$

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

  $M_1 = -2,662181988 - (-3,784146587) = 1,121964599$

- $k_1 = \left|\frac{r}{2}\right| = \frac{22}{2} = 11$

- $k_2 = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \frac{22-1}{2} = 10,5 \approx 10$

- $M = \frac{k_1 \sum_{i=k+1}^{r-1}\left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}\right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k}\left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}\right]}$ $\qquad M = \frac{k_1 \sum_{11}^{21} 3,316707517}{k_2 \sum_{1}^{10} 3,377825624}$

  $M = \frac{11*[3,316707517]}{10*[3.377825624]}$ $\qquad M = \frac{36,48378269}{33,77825624} = 1,080096688$

6. Kesimpulan : *Nilai* M (1,080096688) < F_{tabel} (2,0975) , maka terima Ho dan data waktu perbaikan berdistribusi Weibull.

4.2.6 Perhitungan Nilai Rata-rata Waktu Antar Kerusakan (MTTF) dan Nilai Rata-rata Waktu Perbaikan (MTTR)

4.2.6.1 Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) Data Waktu Antar Kerusakan

Setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi Lognormal selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter-parameter dari distribusi Lognormal yang telah dihitung sebelumnya pada sub-bab **4.2.4.1.4** (tentang identifikasi waktu antar kerusakan (TTF) dengan distribusi Lognormal). Dari perhitungan berdasarkan persamaan (2-37), (2-52) didapat nilai :

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-0,277415743*-21,40040757} = 378,7248582$$

$$e^{s^2/2} = e^{-(0,277415743)/2} = 1,039229681$$

$$MTTF = t_{med}\ e^{s^2/2} = (378,7248582 * 1,039229681) = 393,5821136$$

$$s = 0,277415743$$

4.2.6.2 Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR) Data Waktu Perbaikan

Setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data untuk data waktu perbaikan adalah distribusi Weibull, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTR, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah nilai parameter-parameter dari distribusi Weibull yang telah dihitung sebelumnya pada sub-bab **4.2.4.2.1** (tentang identifikasi data waktu

perbaikan (TTR) dengan distribusi Weibull). Dari perhitungan berdasarkan persamaan (2-28), (2-54) didapat nilai :

$$\beta = 2{,}684167472$$

$$\theta = 2{,}357820298$$

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

$$MTTR = 2{,}357820298\ \ \Gamma\left(1+\frac{1}{2{,}684167472}\right)$$

$$MTTR = 2{,}357820298\ \ \Gamma\left(1{,}372554995\right)$$

$\Gamma\left(1.372554995\right) = 0{,}889113265$ didapat dari tabel Gamma Fuction, sehingga :

$$MTTR = 2{,}357820298 * 0{,}889113265 \qquad = 2{.}096369303$$

4.2.7 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data Time To Failure dan Time To Repair serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria *minimasi downtime*. Perhitungan dilakukan secara *trial and error*, yang dimulai dengan kondisi t_p = 125 jam dan seterusnya.

- Data interval waktu antar kerusakan atau Time To Failure (TTF) berdistribusi Lognormal, dengan nilai :

- $MTTF = 393{,}5821136$
- $t_{med} = 378{,}7248582$
- $s = 0{,}277415743$

➢ Data waktu perbaikan atau Time To Repair (TTR) berdistribusi Weibull, dengan nilai :

- $MTTR = T_f = T_p = 2{,}096369303$

Tabel 4.16 Interval Penggantian Komponen Kritis

tp (jam)	(1/s * ln tp/t_{med})	F(tp)=Φ(1/s * ln tp/t_{med})	R(tp)=1 - F(tp)	Tp * R(tp)	M(tp)	D(tp)
125	-3.995794265	0.00003	0.99997	2.096306412	13119403.79	0.004026255
130	-3.854415436	0.00006	0.99994	2.096243521	6559701.893	0.00398799
140	-3.58727857	0.000162721	0.999837279	2.096028179	2418747.879	0.003913651
150	-3.338580098	0.00042142	0.99957858	2.095485851	933942.8719	0.003842212
200	-2.301573081	0.010675954	0.989324046	2.073988562	36866.22511	0.003531957
250	-1.497207948	0.067172967	0.932827033	1.955549958	5859.233743	0.003333469
260	-1.355829118	0.087577341	0.912422659	1.912774854	4494.108962	0.003312279
270	-1.21978663	0.111270754	0.888729246	1.863104711	3537.156894	0.003298069
280	-1.088692252	0.138149012	0.861850988	1.806757955	2848.967989	0.00329102
281	-1.075841265	0.141001557	0.858998443	1.800777968	2791.331692	0.003290709
282	-1.06303593	0.14388388	0.85611612	1.794735554	2735.414933	0.00329047
283	-1.050275923	0.146796814	0.853203186	1.788628969	2681.135265	0.003290306
284	-1.037560926	0.149738304	0.850261696	1.782462519	2628.466479	0.003290214
285	-1.024890621	0.152705814	0.847294186	1.776241523	2577.387884	0.003290191
286	-1.012264695	0.155708738	0.844291262	1.769946285	2527.681612	0.003290251
287	-0.999682839	0.15873707	0.84126293	1.763597782	2479.459355	0.003290379
288	-0.987144746	0.161789537	0.838210463	1.757198684	2432.679642	0.003290574
289	-0.974650113	0.164866772	0.835133228	1.750747663	2387.273728	0.003290838
290	-0.962198639	0.167978142	0.832021858	1.744225083	2343.055529	0.003291185
300	-0.83999378	0.200451754	0.799548246	1.676148399	1963.475529	0.003298549

350	-0.284327119	0.388082713	0.611917287	1.282804616	1014.170691	0.003437519
400	0.197013237	0.578092176	0.421907824	0.884474612	680.8293387	0.003714059
450	0.62158552	0.732890051	0.267109949	0.559961098	537.0275026	0.004063692
500	1.00137837	0.841672187	0.158327813	0.331913567	467.619246	0.004414874
600	1.658592537	0.951397846	0.048602154	0.101888063	413.6882537	0.004934494
700	2.214259198	0.986594813	0.013405187	0.028102223	398.9298428	0.005175427

Diketahui :

Tf = Waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan komponen.

Tp = Waktu untuk melakukan penggantian preventif.

tp = Panjang interval waktu antara tindakan perawatan pencegahan.

R (tp) = Probabilitas terjadinya siklus pencegahan.

F (tp) = Probabilitas terjadinya siklus kerusakan.

D (tp) = Total downtime per unit waktu.

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-20), (2-58), (2-59) :

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

  $F(125) = \Phi\left(\frac{1}{0{,}277415743}\ln\frac{125}{378{,}7248582}\right)$

  $F(125) = \Phi(-3{,}995794265) = 0{,}00003$, dimana nilai 0,00003 didapat dari tabel standardized normal probabilities.

- $R(tp) = 1 - F(tp)$ $\qquad R(125) = 1 - 0{,}00003 = 0{,}99997$

- $M(tp) = \frac{MTTF}{1 - R(tp)}$

$$M(125) = \frac{393,5821136}{1 - 0,99997} = 13119403,79$$

- $$D(tp) = \frac{Tp \,.\, R(tp) + Tf \,.\, (F(tp))}{(tp + Tp) \,.\, R(tp) + [M(tp) + Tf] \,.\, (F(tp))}$$

$$D(125) = \frac{2,096369303 * 0,99997 + 2,096369303 * 0,00003}{(125 + 2,096369303) * 0,99997 + (13119403,79 + 2,096369303) * 0,00003}$$

$$= 0,004026255$$

Dari tabel perhitungan dihasilkan :

- Min D (tp) = 0,003290191
- Age Replacement = 285 jam

4.2.8 Penentuan Frekuensi dan Interval Waktu Pemeriksaan Dengan Kriteria Minimasi Downtime

Langkah perhitungan berdasarkan persamaan (2-61), (2-62), (2-63),(2-65) :

1. **Perkiraan jumlah kerusakan (k)**
   - Frekuensi kerusakan komponen = 22 kali
   - Periode penelitian = 12 bulan
   - $K = \frac{Frekuensi\ jumlah\ kerusakan}{Periode\ terjadinya\ kerusakan} = \frac{22}{12} = 1,833$
2. **Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian** $(1/\mu)$
   - MTTR = 2,096369303 jam
   - Jam kerja per bulan (1 minggu = 7 hari kerja, 1 bulan = 4 minggu kerja, dan 1 hari = 24 jam kerja) , sehingga jam kerja per bulan = 7 x 4 x 24 = 672 jam / bulan

- Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian $1/\mu$

$$= \frac{MTTR}{\text{Jam kerja per bulan}} = \frac{2{,}096369303}{672} = 0{,}003119597177$$

- $\mu = \frac{1}{0{,}003119597177} = 320{,}5542072$

3. Waku rata-rata untuk melakukan pemeriksaan (1 / i)

- Waktu untuk melakukan pemeriksaan = 25 menit atau 0,4166 jam
- Jam kerja per bulan = 672 jam / bulan
- Rata-rata waktu pemeriksaan $= \frac{0{,}4166}{672} = 0{,}0006199404762$
- $i = \frac{1}{0{,}0006199404762} = 1613$ jam

4. Perhitungan frekuensi (n) dan interval pemeriksaan (1/n)

- $n = \sqrt{\frac{k\,i}{\mu}}$
- $n = \sqrt{\frac{1{,}833 \;x\, 1613}{320{,}5542072}} = 3{,}027591331 \approx 3$ pemeriksaan / bulan
- Interval waktu pemeriksaan $= \frac{1}{n} \times$ jam kerja per bulan

$$= \frac{1}{3} \times 672 = 224 \text{ jam}$$

4.2.9 Perhitungan Reliability (Keandalan) Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

Perhitungan keandalan (reliability) komponen kritis sebelum dan sesudah adanya tindakan perawatan adalah sebagai berikut :

Perhitungan keandalan ini menggunakan distribusi data *time to failure* yang telah dihitung sebelumnya. Distribusi pada *mean time to failure* mengikuti distribusi Lognormal diketahui :

- $MTTF = 393{,}5821136$
- $t_{med} = 378{,}7248582$
- $s = 0{,}277415743$
- Interval waktu penggantian = T = tp =285 jam
- Nilai t dimulai dari waktu 285 jam

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Keandalan Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

t (jam)	n	Sekarang	Usulan
285	1	0.847294187	1
300	1	0.799548246	1
420	1	0.354616018	0.9999
450	1	0.267109949	0.998630063
500	1	0.158327813	0.979373068
570	2	0.070284776	1
600	2	0.048602154	1

700	2	0.013405187	0.99994
750	2	0.006893804	0.996335025
800	2	0.003514004	0.963891878
855	3	0.001663625	1
900	3	0.000899484	1
980	3	0.00030286	0.99997
1050	3	0.00012	0.991642395
1100	3	6E-05	0.941793783
1140	4	4E-05	1

Contoh perhitungan keandalan dengan mengikuti distribusi Lognormal pada nilai t = 450 jam, dan berdasarkan persamaan (2-72), (2-76) :

- Reability kondisi sekarang (sebelum diterapkan tindakan perawatan)

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

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0{,}277415743}\ln\frac{450}{378{,}7248582}\right) = 1 - \Phi(-1{,}024890622)$$

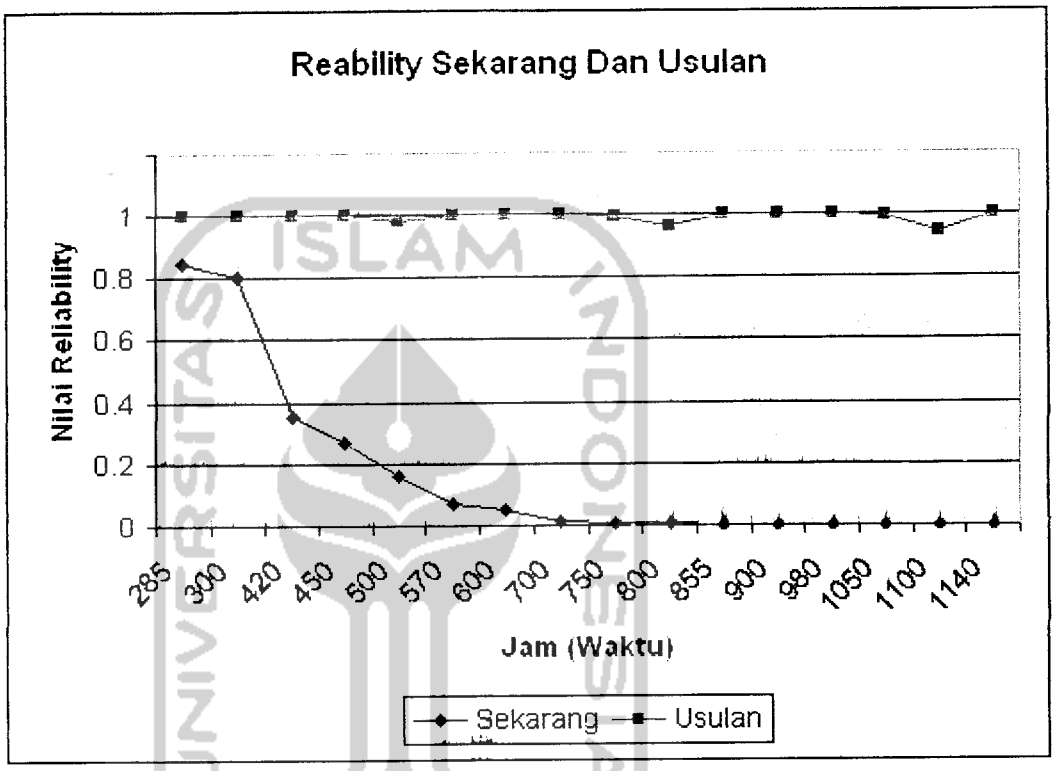
$R(t) = 1 - 0{,}152705813 = 0{,}267109949$ dimana nilai 0,152705813 didapat dari tabel standardized normal probabilities.

- Reability kondisi usulan (setelah diterapkan tindakan perawatan)

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

$$R(t - nT) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0{,}277415743}\ln\frac{450 - (1\times 285)}{378{,}7248582}\right) = 1 - \Phi(-2{,}995015678)$$

$R(t-nT) = 1 - 0{,}001369937 = 0{,}998630063$ dimana nilai 0,001369937 didapat dari tabel standardized normal probabilities.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Reability Kondisi Sekarang Dan Kondisi Usulan

BAB V

ANALISA HASIL

5.1 Analisa Penentuan Mesin Kritis

Penentuan mesin kritis ditentukan dengan menghitung jumlah total *downtime* dan frekuensi kerusakan dari masing-masing mesin, dan yang menjadi kriteria untuk penentuan mesin kritis adalah mesin yang memiliki jumlah total *downtime* terbesar dan frekuensi kerusakan terbanyak. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan data *downtime* dan frekuensi kerusakan yang diperoleh dari perusahaan selama periode Januari 2006 sampai Desember 2006, dan berdasarkan data jumlah *downtime* kerusakan mesin-mesin dapat diketahui bahwa mesin yang memiliki jumlah *downtime* terbesar serta frekuensi kerusakan terbanyak adalah mesin Reaktor, sehingga dapat ditentukan bahwa mesin kritis adalah mesin Reaktor.

5.2 Analisa Penentuan Komponen Kritis

Setelah ditentukan mesin kritis yaitu mesin Reaktor, maka tahap selanjutnya adalah menentukan komponen kritis, dimana cara penentuan komponen kritis sama seperti cara penentuan mesin kritis, yaitu berdasarkan jumlah *downtime* terbesar dan frekuensi kerusakan terbanyak , hanya saja jumlah *downtime* dan frekuensi kerusakan yang dihitung adalah jumlah *downtime* dan frekuensi kerusakan komponen-komponen dari mesin Reaktor. Dan berdasarkan data jumlah *downtime* dan frekuensi kerusakan tiap-tiap komponen pada mesin Reaktor, dapat diketahui bahwa komponen yang memiliki jumlah downtime

terbesar dan frekuensi kerusakan terbanyak adalah komponen Bearing, sehingga dapat ditentukan bahwa komponen kritis adalah komponen Bearing.

5.3 Analisa Perhitungan Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR) Komponen Kritis

Setelah komponen kritis ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR), dan dari hasil perhitungan didapatkan waktu antar kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR) untuk komponen Bearing adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Nilai TTF dan TTR Komponen Kritis

No	TTR (jam)	TTF (Jam)
1	3	—
2	2	514
3	2	389
4	1	323,5
5	3	296
6	3	252
7	1,5	294
8	1,5	509
9	2	512,5
10	3	478.5
11	3	483,5
12	3	410,5
13	3	458,5
14	1	227
15	2	368,5
16	1,5	283
17	1,5	366
18	3	409,5
19	2	610
20	1	327,5
21	1	360,5
22	1,67	339
Total	45,67	8212

5.4 Analisa Identifikasi Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Waktu Perbaikan (TTR)

Setelah perhitungan TTF dan TTR diselesaikan, dilanjutkan dengan mengidentifikasi distribusi dari hasil perhitungan tersebut. Penentuan distribusi dilakukan dengan metode *Least Square Curve Fitting* yang bertujuan untuk menentukan distribusi apa yang mewakili atau mendekati penyebaran data-data TTF dan TTR. Distribusi yang digunakan dalam metode *Least Square Curve Fitting* adalah Distribusi Weibull, Eksponensial, Normal, dan Lognormal. Perhitungan yang dilakukan dalam metode *Least Square Curve Fitting* adalah menentukan nilai *index of fit* (r), dimana *index of fit* merupakan gambaran untuk menunjukkan hubungan antara penyebaran data dan distribusinya.

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

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

Distribusi	Index Of Fit	Distribusi Terpilih
Weibull	0,980947989	Lognormal
Eksponensial	0,951040781	
Normal	0,986504524	
Lognormal	0,992149891	

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

Distribusi	Index Of Fit	Distribusi Terpilih
Weibull	0,938934471	Weibull
Eksponensial	0,838788344	
Normal	0,928581219	
Lognormal	0,934951495	

5.5 Analisa Uji Kecocokan Distribusi

Untuk Data TTF dilakukan uji *Kolmogorov – Smirnov Test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar adalah distribusi Lognormal, dan hasilnya Ho diterima, yang berarti data TTF berdistribusi Lognormal.

Sedangkan untuk data TTR dilakukan uji *Mann's Test* karena distribusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* terbesar adalah distribusi Weibull, dan hasilnya Ho diterima, yang berarti data TTR berdistribusi Weibull.

5.6 Analisa Perhitungan Rata-rata Waktu Antar Kerusakan (MTTF) Dan Rata-rata Waktu Perbaikan (MTTR)

Untuk waktu antar kerusakan (TTF) :

- Distribusi terpilih = Distribusi Lognormal
- MTTF = 393,5821136

Untuk waktu perbaikan (TTR) :

- Distribusi terpilih = Distribusi Weibull

- MTTR = 2,096369303

5.7 Analisa Perhitungan Interval Waktu Penggantian Pencegahan

Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data Time To Failure dan Time To Repair serta nilai MTTF dan MTTR, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*, dimana perhitungan dilakukan secara *trial and error*, dan hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

- Min D (tp) = 0,003290191
- Age Replacement = 285 jam

Perhitungan interval waktu penggantian pencegahan ini menggunakan model Age Replacement yaitu penentuan penggantian pencegahan berdasarkan umur komponen optimal. Jika dalam pelaksanaannya terjadi kerusakan sebelum waktu yang telah ditentukan, maka penggantian komponen berikutnya dilakukan setelah komponen yang baru telah mencapai umur optimal berdasarkan interval waktu penggantian.

Berdasarkan hasil perhitungan interval waktu penggantian pencegahan diperoleh hasil 285 jam yang berarti penggantian komponen Bearing dilakukan kira-kira setiap 285 jam dihitung dari waktu komponen Bearing pertama kali beroperasi. Maka penggantian komponen dalam 1 tahun bertambah dari sebelum adanya perawatan pencegahan yang tadi nya 22 menjadi 28 tetapi keandalan komponen menjadi lebih baik.

5.8 Analisa Penentuan Frekuensi Dan Interval Waktu Pemeriksaan

Dalam pengolahan data didapatkan frekuensi dan interval waktu pemeriksaan berdasarkan waktu produksi yang ada. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

- Frekuensi Pemeriksaan = 3 pemeriksaan / bulan.
- Interval Pemeriksaan = 224 jam

Pada perhitungan interval waktu pemeriksaan dan frekuensi pemeriksaan diperoleh hasil 224 jam dan 3 pemeriksaan / bulan, maksudnya interval waktu pemeriksaan dilakukan setiap 224 jam atau dilakukan rata-rata 3 pemeriksaan / bulan dari waktu komponen Bearing mulai beroperasi.

5.9 Analisa Perhitungan Reliability (Keandalan) Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

Perhitungan tingkat keandalan dilakukan untuk kondisi sebelum dan sesudah adanya tindakan perawatan pencegahan dalam beberapa waktu, dengan demikian bisa didapatkan suatu gambaran yang jelas bagaimana sistem perawatan pencegahan dapat meningkatkan keandalan. Perhitungan ini dilakukan dengan memperhatikan distribusinya, karena perbedaan distribusi menyebabkan adanya perbedaan cara perhitungan tingkat keandalan. Berikut ini merupakan hasil perhitungan tingkat keandalan komponen kritis sebelum dan sesudah adanya tindakan perawatan pencegahan.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Keandalan Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

t (jam)	n	Sekarang	Usulan
285	1	0.847294187	1
300	1	0.799548246	1
420	1	0.354616018	0.9999
450	1	0.267109949	0.998630063
500	1	0.158327813	0.979373068
570	2	0.070284776	1
600	2	0.048602154	1
700	2	0.013405187	0.99994
750	2	0.006893804	0.996335025
800	2	0.003514004	0.963891878
855	3	0.001663625	1
900	3	0.000899484	1
980	3	0.00030286	0.99997
1050	3	0.00012	0.991642395
1100	3	6E-05	0.941793783
1140	4	4E-05	1

Berdasarkan hasil perhitungan keandalan sebelum dilakukan tindakan perawatan pencegahan dan setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan menunjukkan bahwa dengan menerapkan tindakan perawatan pencegahan keandalan dapat terus terjaga pada tingkat yang tinggi.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Mesin kritis adalah mesin yang memiliki total *downtime* dan frekuensi kerusakan terbesar. Dalam perhitungan, yang ditentukan sebagai mesin kritis adalah mesin Reaktor.
2. Komponen kritis adalah komponen yang memiliki total *downtime* dan frekuensi kerusakan terbesar dari mesin kritis. Adapun komponen kritis tersebut adalah Bearing dengan total downtime sebesar 2740 menit dan jumlah frekuensi kerusakan sebanyak 22 kali.
3. Interval waktu penggantian pencegahan komponen kritis berdasarkan kriteria minimasi downtime adalah 285 jam, sedangkan interval waktu pemeriksaan optimal adalah setiap 224 jam, dan frekuensi pemeriksaan optimal sebanyak 3 pemeriksaan / bulan. Penggantian komponen kritis bertambah dalam 1 tahun yaitu dari 22 kali sebelum ada perawatan pencegahan menjadi 28 kali setelah ada perawatan pencegahan.
4. Berdasarkan hasil perhitungan keandalan sebelum dan sesudah dilakukan tindakan perawatan, dapat diketahui bahwa setelah dilakukan tindakan perawatan pencegahan nilai keandalan mesin tetap dalam kondisi yang baik, dimana probabilitas keandalannya mendekati nilai 1, yang artinya

keandalam mesin dalam kondisi yang baik meskipun penggantian komponen kritis bertambah dalam 1 tahun.

6.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan diharapkan dapat menerapkan kegiatan penggantian komponen dan kegiatan pemeriksaan sesuai jadwal waktu penggantian dan pemeriksaan yang telah diusulkan sehingga proses distribusi dapat berjalan dengan lancar dan hambatan-hambatan berupa kerusakan mesin dapat dikurangi.
2. Perusahaan sebaiknya membuat penjadwalan untuk perawatan mesin agar kerusakan mesin dapat ditekan sekecil mungkin.

Daftar Pustaka

Corder, A., S., (1988). *teknik manajemen pemeliharaan*. Erlangga, Jakarta.

Ebeling, Charles., E., (1997). *an introduction to reliability and maintainability engineering*. McGrow-Hill Book Co, Singapura.

Hari Adianto, (2001). Penerapan model preventive maintenance. *Jurnal Teknik Industri*, Petra, vol. 3, no. 1, hlm. 51-60, Juni.

Jardine., A.,K.,S., (1973). *maintenance replacement and reliability*. Pitman Publishing, London.

Sirod Hantoro, (2002). sistem informasi manajemen perawatan mesin industri. *Jurnal Teknologi Industri*, UII, vol. 7,no. 2, hlm. 129-140, Juni.

Sofjan Assauri, (1993). *manajemen produksi dan operasi*. Edisi IV. LPFEUI, Jakarta.

T., Hani Handoko, (1984). *dasar-dasar manajemen produksi dan operasi*. Edisi I. BPFE, Yogyakarta.

Walpole, Ronald., E., (1992). *pengantar statistika*. Edisi Ketiga. PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

LAMPIRAN 1

Nama Mesin dan Data Kerusakan Mesin

Nama Mesin	Fungsi mesin
Mesin Reaktor	Mesin yang digunakan untuk mereaksikan beberapa bahan kimia
Mesin Pengering	Mesin yang digunakan untuk memanaskan cairan warna sampai menjadi bubuk
Pompa Transfer	Mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan warna dari mesin satu ke mesin lain
Mesin Nouta	Mesin yang digunakan untuk mengecek kualitas produk
Evaporator	Mesin yang digunakan untuk menguraikan limbah produksi

Data Kerusakan Mesin Reaktor Sepanjang tahun 2006

PT. Colorindo Aneka Chemicals

o	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Nama Mesin	Jenis Gangguan	Nama Komponen
	2	Januari	2006	10.25	11.25	60	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
	4	Januari	2006	21.00	24.00	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	12	Januari	2006	14.00	14.50	50	Mesin Reaktor	As bengkok	As
	14	Januari	2006	8.20	9.00	40	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	23	Januari	2006	16.30	17.05	35	Mesin Reaktor	Ball Valve bocor	Ball Valve
	26	Januari	2006	10.00	12.00	120	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	3	Februari	2006	21.00	22.40	100	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	11	Februari	2006	17.00	19.00	120	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	25	Februari	2006	6.30	7.30	60	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
0	27	Februari	2006	15.00	16.00	60	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
1	5	Maret	2006	11.10	11.50	40	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
2	9	Maret	2006	15.30	18.30	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
3	12	Maret	2006	14.00	14.50	50	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
4	20	Maret	2006	6.30	9.30	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
5	26	Maret	2006	17.20	17.44	24	Mesin Reaktor	As bengkok	As
6	1	April	2006	15.30	17.00	90	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
7	12	April	2006	3.00	4.00	60	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
8	14	April	2006	6.10	6.30	20	Mesin Reaktor	As bengkok	As
9	19	April	2006	15.20	16.20	60	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
0	22	April	2006	22.00	23.30	90	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
1	30	April	2006	21.30	23.00	90	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
2	8	Mei	2006	14.20	15.00	40	Mesin Reaktor	Ball Valve bocor	Ball Valve
3	14	Mei	2006	8.00	10.00	120	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
4	20	Mei	2006	22.25	23.30	65	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
5	24	Mei	2006	10.20	11.00	40	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
6	3	Juni	2006	8.30	11.30	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
7	23	Juni	2006	15.00	18.00	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
8	26	Juni	2006	15.45	16.00	15	Mesin Reaktor	As bengkok	As
9	30	Juni	2006	14.00	15.40	100	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
0	10	Juli	2006	20.30	23.30	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
1	16	Juli	2006	22.10	23.00	50	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor.	Oil Shell
2	18	Juli	2006	8.30	9.06	36	Mesin Reaktor	Ball Valve bocor	Ball Valve
3	24	Juli	2006	21.10	21.50	40	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
4	27	Juli	2006	1.30	3.00	90	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
5	30	Juli	2006	2.00	5.00	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
6	8	Agustus	2006	16.00	17.00	60	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
7	16	Agustus	2006	8.30	9.15	45	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
8	21	Agustus	2006	20.00	20.50	50	Mesin Reaktor	As bengkok	As
9	24	Agustus	2006	1.30	3.30	120	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
0	29	Agustus	2006	23.15	24.00	45	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	4	September	2006	22.30	24.00	90	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	8	September	2006	2.20	2.40	20	Mesin Reaktor	As bengkok	As
	13	September	2006	18.30	19.00	30	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
	20	September	2006	6.00	7.30	90	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	25	September	2006	5.50	6.30	100	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	7	Oktober	2006	9.00	12.00	180	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	12	Oktober	2006	9.10	10.10	60	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
	18	Oktober	2006	22.25	22.50	25	Mesin Reaktor	Ball Valve bocor	Ball Valve
	26	Oktober	2006	15.00	15.50	50	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	1	November	2006	22.00	24.00	120	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	12	November	2006	18.00	19.00	60	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	15	November	2006	15.30	16.30	60	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	20	November	2006	22.30	23.00	30	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo
	26	November	2006	21.30	22.30	60	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	29	November	2006	21.55	22.05	10	Mesin Reaktor	As bengkok	As
	31	November	2006	17.00	18.00	60	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	6	Desember	2006	8.10	9.40	90	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	14	Desember	2006	21.00	22.40	100	Mesin Reaktor	Bearing rusak /hancur	Bearing
	18	Desember	2006	14.00	15.40	100	Mesin Reaktor	Oil Shell bocor	Oil Shell
	24	Desember	2006	2.00	2.45	45	Mesin Reaktor	Dinamo terbakar	dinamo

Data Kerusakan Pompa Transfer Sepanjang tahun 2006
PT. Colorindo Aneka Chemicals

Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Nama Mesin	Jenis Gangguan	Nama Komponen
8	Januari	2006	20.15	21.00	45	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
20	Januari	2006	6.30	8.00	90	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
25	Januari	2006	14.00	14.50	50	Pompa Transfer	Karet kopling robek	Karet Kopling
5	Februari	2006	19.00	20.00	60	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
22	Februari	2006	10.30	12.00	90	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
3	Maret	2006	9.40	11.00	80	Pompa Transfer	Kopling besi retak	Kopling Besi
10	Maret	2006	17.00	17.40	40	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
27	Maret	2006	21.30	22.30	60	Pompa Transfer	Karet kopling robek	Karet Kopling
13	April	2006	1.45	3.00	75	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
18	April	2006	18.30	21.30	120	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
15	Mei	2006	15.40	16.20	40	Pompa Transfer	Karet kopling robek	Karet Kopling
26	Mei	2006	22.30	23.45	75	Pompa Transfer	Kopling besi retak	Kopling Besi
1	Juni	2006	2.00	3.00	60	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
14	Juni	2006	20.00	21.30	90	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
20	Juli	2006	4.15	5.00	45	Pompa Transfer	Karet kopling robek	Karet Kopling
11	Agustus	2006	10.00	10.50	50	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
7	September	2006	15.45	17.00	75	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
29	September	2006	19.30	21.00	90	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
16	Oktober	2006	3.30	4.00	30	Pompa Transfer	Karet kopling robek	Karet Kopling
30	Oktober	2006	18.00	19.00	60	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing
26	November	2006	13.30	14.30	60	Pompa Transfer	Kopling besi retak	Kopling Besi
2	Desember	2006	21.20	22.00	40	Pompa Transfer	Packing aus	Packing
17	Desember	2006	16.30	17.20	50	Pompa Transfer	Bearing rusak/aus	Bearing

Data Kerusakan Mesin Pengering Sepanjang tahun 2006
PT. Colorindo Aneka Chemicals

anggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Nama Mesin	Jenis Gangguan	Nama Komponen
5	Januari	2006	14.00	14.40	40	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
21	Januari	2006	19.45	20.20	35	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
10	Februari	2006	22.30	23.20	50	Mesin Pengering	Karet kopling sobek	Karet Kopling
25	Maret	2006	1.30	2.30	60	Mesin Pengering	Kopling retak	Kopling
20	April	2006	9.00	10.00	60	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
18	Mei	2006	12.30	13.40	70	Mesin Pengering	Filter Bag bocor	Filter Bag
28	Mei	2006	15.00	15.30	30	Mesin Pengering	Karet kopling sobek	Karet Kopling
19	Juni	2006	2.45	3.30	45	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
24	Agustus	2006	4.00	4.50	50	Mesin Pengering	Filter Bag bocor	Filter Bag
6	September	2006	21.00	23.00	120	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
22	September	2006	2.00	2.45	45	Mesin Pengering	Karet kopling sobek	Karet Kopling
15	Oktober	2006	20.00	21.00	60	Mesin Pengering	Kopling retak	Kopling
1	November	2006	17.30	19.00	90	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell
27	November	2006	21.30	22.25	55	Mesin Pengering	Mechanical shell rusak	Mechanical shell

Data Kerusakan Mesin Nouta Sepanjang tahun 2006
PT. Colorindo Aneka Chemicals

anggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Nama Mesin	Jenis Gangguan	Nama Komponen
10	Januari	2006	20.00	21.30	90	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing
28	Februari	2006	17.30	19.00	90	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing
5	April	2006	22.00	23.40	100	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing
17	Mei	2006	2.00	2.40	40	Mesin Nouta	Panbell putus	Panbell
25	Juni	2006	4.30	5.00	90	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing
16	Juli	2006	10.30	11.00	30	Mesin Nouta	Panbell putus	Panbell
30	September	2006	15.00	15.45	45	Mesin Nouta	Panbell putus	Panbell
8	November	2006	18.45	19.00	75	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing
21	Desember	2006	21.00	22.00	60	Mesin Nouta	Bearing rusak/hancur	Bearing

620

Data Kerusakan Mesin evaporator Sepanjang tahun 2006
PLN UPJ Cibitung

Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Nama Mesin	Jenis Gangguan	Nama Komponen
16	April	2006	17.00	17.15	15	Evaporator	Filter sobek	Filter
4	September	2006	14.00	14.20	20	Evaporator	Filter sobek	Filter

LAMPIRAN 2

Data Kerusakan Komponen Dari Mesin Kritis

Data Kerusakan Komponen Bearing Dari Mesin Reaktor Sepanjang Tahun 2006

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Downtime/TTR (jam)	Time To Failure (Jam)
1	4	Januari	2006	21.00	24.00	180	3	–
2	26	Januari	2006	10.00	12.00	120	2	514
3	11	Februari	2006	17.00	19.00	120	2	389
4	25	Februari	2006	6.30	7.30	60	1	323.5
5	9	Maret	2006	15.30	18.30	180	3	296
6	20	Maret	2006	6.30	9.30	180	3	252
7	1	April	2006	15.30	17.00	90	1.5	294
8	22	April	2006	22.00	23.30	90	1.5	509
9	14	Mei	2006	8.00	10.00	120	2	512.5
10	3	Juni	2006	8.30	11.30	180	3	478.5
11	23	Juni	2006	15.00	18.00	180	3	483.5
12	10	Juli	2006	20.30	23.30	180	3	410.5
13	30	Juli	2006	2.00	5.00	180	3	458.5
14	8	Agustus	2006	16.00	17.00	60	1	227
15	24	Agustus	2006	1.30	3.30	120	2	368.5
16	4	September	2006	22.30	24.00	90	1.5	283
17	20	September	2006	6.00	7.30	90	1.5	366
18	7	Oktober	2006	9.00	12.00	180	3	409.5
19	1	November	2006	22.00	24.00	120	2	610
20	15	November	2006	15.30	16.30	60	1	327.5
21	31	November	2006	17.00	18.00	60	1	360.5
22	14	Desember	2006	21.00	22.40	100	1.67	339
							45.67	8212

Data Kerusakan Komponen Oil shell Dari Mesin Reaktor Sepanjang Tahun 2006

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Downtime/TTR (jam)	Time To Failure (Jam)
1	14	Januari	2006	8.20	9.00	40	0.66	–
2	3	Februari	2006	21.00	22.40	100	1.67	492
3	27	Februari	2006	15.00	16.00	60	1	568.33
4	12	Maret	2006	14.00	14.50	50	0.83	310
5	12	April	2006	3.00	4.00	60	1	732.16
6	30	April	2006	21.30	23.00	90	1.5	449.5
7	24	Mei	2006	10.20	11.00	40	0.66	563.33
8	30	Juni	2006	14.00	15.40	100	1.67	891
9	16	Juli	2006	22.10	23.00	50	0.83	390.49
10	27	Juli	2006	1.30	3.00	90	1.5	242.5
11	29	Agustus	2006	23.15	24.00	45	0.75	812.25
12	25	September	2006	5.50	6.30	100	1.67	629.83
13	26	Oktober	2006	15.00	15.50	50	0.83	755.5
14	12	November	2006	18.00	19.00	60	1	410.16
15	26	November	2006	21.30	22.30	60	1	338.5
16	6	Desember	2006	8.10	9.40	90	1.5	225.66
17	18	Desember	2006	14.00	15.40	100	1.67	292.33
							19.74	8103.54

Data Kerusakan Komponen Dinamo Dari Mesin Reaktor Sepanjang Tahun 2006

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Downtime/TTR (jam)	Time To Failure (Jam)
1	2	Januari	2006	10.25	11.25	60	1	–
2	5	Maret	2006	11.10	11.50	40	0.66	1487.74
3	19	April	2006	15.20	16.20	60	1	1083.49
4	20	Mei	2006	22.25	23.30	65	1.083	750.076
5	24	Juli	2006	21.10	21.50	40	0.66	1557.66
6	16	Agustus	2006	8.30	9.15	45	0.75	490.66
7	13	September	2006	18.30	19.00	30	0.5	681.25
8	12	Oktober	2006	9.10	10.10	60	1	686.16
9	20	November	2006	22.30	23.00	30	0.5	948.33
10	24	Desember	2006	2.00	2.45	45	0.75	795
							7.903	8480.366

Data Kerusakan Komponen As Dari Mesin Reaktor Sepanjang Tahun 2006

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Downtime/TTR (jam)	Time To Failure (Jam)
1	12	Januari	2006	14.00	14.50	50	0.83	–
2	26	Maret	2006	17.20	17.44	24	0.4	1754.49
3	14	April	2006	6.10	6.30	20	0.33	444.42
4	26	Juni	2006	15.45	16.00	15	0.25	1761.25
5	21	Agustus	2006	20.00	20.50	50	0.83	1348
6	8	September	2006	2.20	2.40	20	0.33	413.49
7	29	November	2006	21.55	22.05	10	0.16	1987.25
							3.13	7708.9

Data Kerusakan Komponen Ball Valve Dari Mesin Reaktor Sepanjang Tahun 2006

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam Padam	Jam Nyala	Downtime (Menit)	Downtime/TTR (jam)	Time To Failure (Jam)
1	23	Januari	2006	16.30	17.05	35	0.583	–
2	8	Mei	2006	14.20	15.00	40	0.66	2517.25
3	18	Juli	2006	8.30	9.06	36	0.6	1697.5
4	18	Oktober	2006	22.25	22.50	25	0.416	2221.32
							2.259	6436.07

COLORINDO

Cikande, 6 Agustus 2007

Nomor : 016/CAC/U/VIII/07.
Lampiran : -
Perihal : Penelitian tugas akhir.

Kepada Yth.
Kep.Prodi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km 14,4
YOGYAKARTA.-

Dengan hormat,

Berkenaan dengan surat kami No.012/CAC/U/VII/07 tanggal 12 Juli 2007, kami beritahukan bahwa Sdr. DHANI KURNIAWAN, No. Mahasiswa 01522040 telah melaksanakan penelitian tugas akhir diperusahaan kami terhitung mulai tanggal 17 Juli s/d 24 Juli 2007.

Demikian kami sampaikan agar menjadi maklum hendaknya.

Hormat kami,
PT. COLORINDO ANEKA CHEM.

B. HALOMOAN
MANAGER